



ISSN: 0124-2121

E-ISSN: 2665-2420

<http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/educacion>
Educación y Humanismo 25(45): pp. 1-35. Julio-Diciembre, 2023
<https://doi.org/10.17081/eduhum.25.45.6152>

Enfoque STEAM en la educación superior colombiana frente a la cuarta revolución¹

Status of STEAM approach in Colombian Higher Education in fourth revolution: a critical look


Recibido: 30-12-2022

Aceptado: 20-04-2023

Publicado: 15-07-2023

Pedro Emilio Sanabria-Rangel 

Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia
Autor de correspondencia: pedro.sanabria@unimilitar.edu.co

Milton Ricardo Ospina-Díaz 

Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

Resumen

El presente artículo de revisión presenta un análisis de la oferta académica frente a las demandas sociales de formación de personas con conocimientos y competencias (dominio tecnológico, análisis de datos, manejo de inteligencia artificial [IA] como el Chat GPT, mejora de vacunas como Covid, etc.) planteadas para la era digital y la revolución 4.0 (nueva revolución «industrial»); se exponen algunas barreras al desarrollo formativo frente a la sociedad del conocimiento, particularmente para Colombia. Se efectuó un paneo de la literatura sobre cuarta revolución e innovación, empleo del futuro (trabajos emergentes) y educación desde la perspectiva o modelo STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). La investigación fue interpretativa, cualitativa, descriptiva, teórica y documental, y en su desarrollo se analizaron cifras del Ministerio de Educación. El análisis muestra concentración de graduados en ciencias económicas y afines, poca participación de programas técnicos y tecnológicos, escasa oferta en las áreas del enfoque, particularmente matemáticas y ciencias naturales, e incipiente incorporación de esta perspectiva en la formación actual. Se esboza el reto de evaluar los currículos y la oferta educativa frente a su pertinencia social y económica en este nuevo contexto histórico.

Palabras clave: innovación educacional, innovación científica, plan de estudios universitarios, sociedad de la información, trabajo (Unesco).

Cómo citar este artículo (APA): Sanabria-Rangel, P. & Ospina-Díaz, M. (2023). Enfoque STEAM en la educación superior colombiana frente a la cuarta revolución. *Educación y Humanismo*, 25(45), pp. 1-34.
<https://doi.org/10.17081/eduhum.25.45.6152>

¹ Documento derivado del trabajo de la línea de investigación en Estudios en Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento del Grupo de Estudios Contemporáneos en Gestión y Organizaciones —GECGO— de la Universidad Militar Nueva Granada.



Abstract

This review article presents an analysis of the academic offer in the face of social demands for the training of people with knowledge and skills (technological mastery, data analysis, AI management such as GPT Chat, improvement of vaccines such as Covid, etc.) raised for the digital era and the 4.0 revolution (new “industrial” revolution); some barriers to the formative development are exposed in front of the knowledge society, particularly for Colombia. A panning of the literature on the fourth revolution and innovation, employment of the future (emerging jobs) and education from the perspective or STEAM model (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) was carried out. The research was interpretative, qualitative, descriptive, theoretical and documentary and in its development figures from the Ministry of Education were analyzed. The analysis shows a concentration of graduates in economics and related sciences, little participation in technical and technological programs, scarce offer in the focus areas, particularly mathematics and natural sciences, and incipient incorporation of this perspective in current training. The challenge of evaluating the curricula and the educational offer regarding their social and economic relevance in this new historical context is outlined.

Keywords: Educational innovations, scientific innovations, curriculum, information society, labour (Unesco).

Introducción

La sociedad global está migrando de una economía de labor manual a una de trabajo mental, al punto que son aquellas organizaciones y países que trabajan con el conocimiento las que muestran desarrollo. Esto se aprecia también al pensar sobre cómo ha sido posible que corporaciones como Facebook, Google, Microsoft, Apple, Amazon (o sus pares asiáticos Baidu, Wechat, Alibaba y Tencent) hayan llegado a tener un capital superior que el presupuesto de muchos de los países africanos y latinoamericanos, así como por qué algunos países carentes de materias primas (Singapur, Taiwán, Israel o Suiza) han logrado economías más sólidas que países como Venezuela, Colombia o Bolivia, que cuentan con fuentes primarias de recursos como petróleo, gas, carbón, coltán, oro y litio.

Otro aspecto que inquieta es que empresas como IBM logren producir más patentes anuales que muchas de las naciones en vía de desarrollo juntas: 9.100 en 2018 (IBM, 2019), 9.262 en 2019 (El Tiempo, 2020a) y 9.130 en 2020 (Business Publication Spain, 2021), liderando por 28 años consecutivos el registro de patentes (Computing, 2021). Otro ejemplo es Huawei, con sus 85.000 patentes en 33 años (El Confidencial, 2020). Lo mismo ocurre con empresas como Samsung, LG, Canon, Intel, Sony, Toyota, entre otras (Vita, 2022). Este fenómeno se mantiene en el tiempo, incluso en los dos últimos años (Fernández, 2023).

Asimismo, no parece claro cómo empresarios como Mark Zuckerberg, Bill Gates, Carlos Slim, Jack Ma, Ma Huateng, Elon Musk o Jeff Bezos han logrado tanto reconocimiento a partir de actividades fundamentadas en la ciencia y la tecnología. Para Colombia un ejemplo es David Vélez, quien construyó su fortuna en Brasil al crear la banca digital Nubank (Forbes, 2021). Podría pensarse que esto puede guardar alguna relación con los modelos educativos de sus países originarios, que termina concretándose en su currículo y su oferta académica.

Oppenheimer (2014) mostraba el papel del conocimiento y la educación en el desarrollo de los países afirmando que

Enfoque STEAM en la educación superior colombiana frente a la cuarta revolución

Estamos viviendo en la economía global del conocimiento, en que las naciones que más crecen —y que más reducen la pobreza— son las que producen innovaciones tecnológicas. Hoy en día, la prosperidad de los países depende cada vez menos de sus recursos naturales y cada vez más de sus sistemas educativos, sus científicos y sus innovadores (p. 11).

Todo esto se enmarca en la cuarta revolución industrial, en la que se desarrollan tecnologías combinadas basadas en medios digitales, robótica, biomecánica y biofísica, etc.

Esta revolución, fundamentada en la hiperconectividad, la computación, la automatización y el uso de biotecnología, etc., se aceleró por la pandemia del Sars-CoV-2 (Covid-19) e incidirá significativamente en el trabajo tradicional, lo cual podría afectar a aquellas personas cuyos trabajos sean automatizables o que no adquieran competencias digitales, incrementando las desigualdades. Según el Foro Económico Mundial —FEM— esta revolución industrial (particularmente internet) afectó a 7,1 millones de trabajadores (2015-2020), debido a la automatización y desaparición de empleos intermedios (Pérez, 2016). Para Latinoamérica se afirmaba que uno de cada cuatro trabajos estaría en riesgo de ser automatizado desde 2020, y en Colombia la probabilidad aumenta (Accenture, 2018). Se sabe entonces que este contexto genera riesgo para muchos trabajos (figura 1).

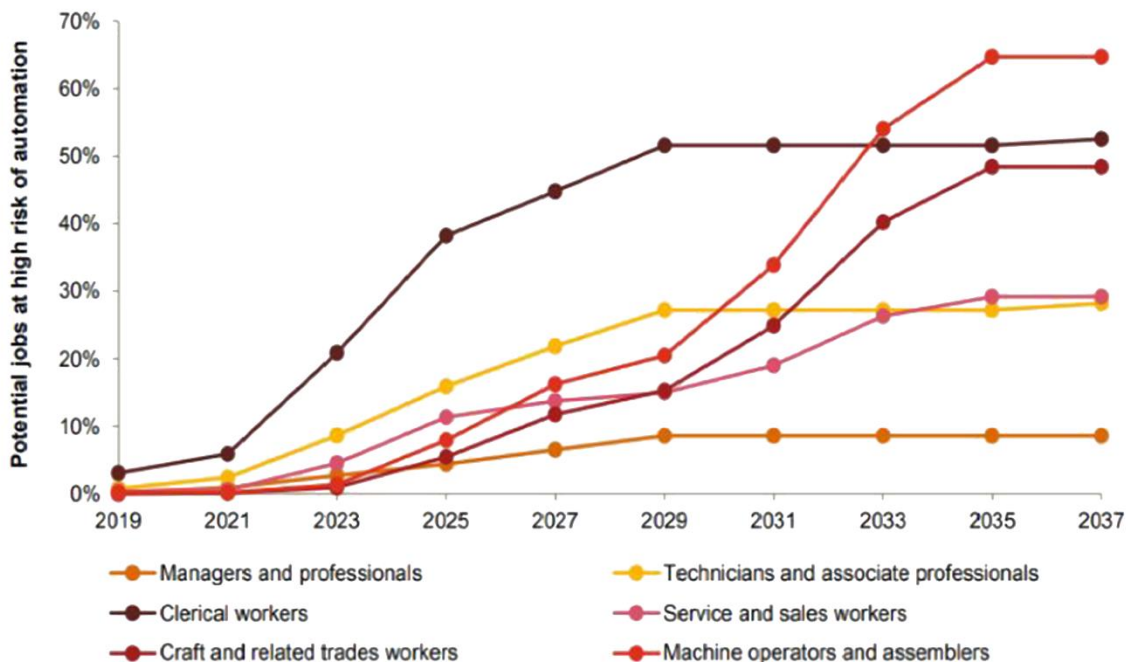


Figura 1.
Impacto de la automatización por tipo de ocupación en OCDE (%)
Fuente: Hawkworth et al. (2018, p. 24).

Por el contrario, se estima que pueden crearse 2,1 millones de empleos en temas digitales, ingeniería, matemática y ciencias (2015-2020) (Pérez, 2016) que demandarán personas competentes en ello; es decir, formados en STEAM, pues la integración de estas áreas podría generar la innovación que suele aportar a la solución de problemas y al desarrollo, tanto de la sociedad (Formichella, 2005) como de las organizaciones, dada su estrecha relación con la estrategia (Drucker, 1985; Sanabria *et al.*, 2023). Para Latinoamérica, el desarrollo de capacidades de innovación resulta fundamental para su desarrollo (Dutrénit, 2012).

Por tanto, las políticas públicas estatales educativas y la oferta académica de las instituciones educativas deben considerar esto, para que correspondan con estas nuevas demandas sociales y con la revolución 4.0. Esta revolución se caracteriza por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas para transformar la forma en que se producen y consumen bienes y servicios. Ante este panorama, se plantean demandas sociales diferentes para la formación de personas para la era digital.

En el contexto de la educación superior colombiana, el enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, por sus siglas en inglés) se presenta como un mecanismo clave para atender estas nuevas demandas sociales de formación, a saber:

- Competencias digitales: implican las capacidades que permitan operar en este entorno tecnológico cada vez más complejo. El enfoque STEAM puede ayudar a formar profesionales con estas competencias, que les permitan utilizar las herramientas tecnológicas digitales eficientemente.
- Pensamiento crítico: capacidad para analizar y evaluar información de manera efectiva, en el marco de la explosión de la información y la inteligencia artificial. Este enfoque fomenta esta forma de pensamiento y la resolución de problemas complejos a través de la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos.
- Creatividad e innovación: implican el desarrollo de capacidades creativas y de innovación para adaptarse a los cambios constantes y para generar soluciones nuevas y efectivas. Aquí se promueve estas habilidades a través de la combinación de diferentes disciplinas y enfoques.
- Trabajo en equipo y colaboración: capacidad de interactuar y colaborar con otros para poder trabajar en este mundo interconectado y aprovechar las oportunidades. El STEAM fomenta estas cualidades a través de proyectos interdisciplinarios y la resolución colectiva de problemas complejos.

No obstante, a pesar de su importancia para la sociedad y la academia, en la literatura no se encuentran estudios que muestren la incidencia de este contexto en la oferta de las instituciones educativas latinoamericanas, y existen pocos estudios sobre el desarrollo del STEAM (STEM) en la educación regional (Cabello *et al.*, 2021; García *et al.*, 2019; García, 2017; Gómez, 2015). Para Colombia son aún más escasos, pues solo se encuentran investigaciones como las de Cano *et al.* (2021) o Molina (2021).

Se hace necesario entonces trabajar más al respecto y analizar la actual oferta educativa en Latinoamérica, en este caso Colombia, para caracterizarla desde la perspectiva STEAM, aportando al desarrollo de la temática y a la necesaria revisión de los programas

académicos. Esto pretende ayudar a reducir las brechas existentes, configurar un medio de movilidad social hacia adelante, aportar a la prosperidad y contribuir a que las generaciones en formación puedan afrontar mejor estos contextos hacia el futuro, y lograr mayor empleabilidad.

Marco teórico

Para el desarrollo del análisis que se propone se tomaron en cuenta algunos de los principales referentes en torno a las temáticas de cuarta revolución, particularmente en relación con la innovación global, el empleo hacia el futuro y la oferta de educación superior existente en Colombia frente al nuevo contexto.

La cuarta revolución frente a la innovación y su contexto global

Históricamente se han desarrollado tecnologías que han transformado la humanidad y el planeta: fuego, rueda, imprenta, bombilla, teléfono, penicilina, automóvil, internet, telefonía móvil, etc., generando algunas etapas que han sido denominadas revoluciones industriales, porque siempre se han asociado con el ámbito económico (particularmente el industrial) y con los impactos generados en él.

La última etapa (cuarta revolución «industrial») realmente representa un momento histórico que exhibe múltiples manifestaciones, que no solo afectan la industria ni se presentan solo en el contexto económico-productivo, sino que inciden en toda la humanidad y el planeta; podría hablarse entonces simplemente de una cuarta revolución o una revolución 4.0. Esta se manifiesta en ámbitos tan diversos como educación, salud, cultura, relaciones sociales, aviación, comunicación, etc. (Aydın *et al.*, 2022; Bilotta *et al.*, 2021; Lee y Meng, 2021; Soomro *et al.*, 2021) y, por supuesto, en la economía y la industria: agronomía, fabricación, ergonomía, logística, talento humano, etc. (Adem *et al.*, 2022; Iriondo *et al.*, 2022; Sima *et al.*, 2020; Zambon *et al.*, 2019).

Así, la humanidad se ha venido consolidando tecnológicamente gracias a su ingenio, cambiando sus paradigmas y planteado nuevos enfoques, métodos y visiones para entender y transformar el mundo (Ej.: Da Vinci, Pasteur, Tesla, Jobs y Musk, etc.). Por supuesto, esto ha constituido una sociedad tecnocientífica, con diversas implicaciones que se vienen advirtiendo (Sanabria, 2019a; Paramá *et al.*, 2016; Medina, 2004; Beck, 2002; Hottois, 1991).

Un pilar de esta etapa es la aplicación de nuevas tecnologías en las organizaciones y la industria, manifestadas en aplicaciones en campos como la robótica, el cloud computing, la inteligencia artificial –IA–, la realidad virtual y aumentada, la ciberseguridad, los drones, las impresiones 3D, la nanotecnología, la ingeniería genética, las neurotecnologías, el *blockchain*, la automatización total de la manufactura, etc. Otras manifestaciones se observan en la convergencia entre tecnologías digitales y biológicas (diseño de materiales amigables con el ambiente, alimentos más saludables, nuevas y mejores vacunas, y medicinas más efectivas). Asimismo, se sigue trabajando en redes de internet 5G y 6G que harán posible ciudades y hogares inteligentes, automóviles autónomos y el internet de las cosas –IOT–. Todo ello asumiendo que esto debe concretarse en innovaciones y que van a mejorar la calidad de vida humana.

Ahora bien, el aprovechamiento de esas nuevas tecnologías requiere de políticas públicas claras y decididas de los países y las organizaciones que modifiquen los paradigmas tradicionales y posibiliten la generación de innovaciones disruptivas (simples pero convenientes, con valor agregado y diferenciado, con modelos de negocios divergentes, etc.).

Según el Manual de OSLO, estas innovaciones podrían darse como:

- Innovación de producto (o servicio).
- Innovación de procesos de negocio: producción, marketing y ventas, sistemas de información y comunicación, administración y gerencia, desarrollo (OECD, 2018, p. 20).

En torno a esto, históricamente se ha presentado un desequilibrio entre las diversas naciones y sociedades, lo que les genera también diferentes grados de desarrollo y calidad de vida. Esto es evaluable, en parte, mediante el Índice Global de Innovación –IGI–. Por supuesto, este ranking lo lideran las naciones del llamado primer mundo: Suiza, Suecia, Estados Unidos, Reino Unido, Holanda, Israel, etc. (WIPO, 2019a).

La posición de Colombia en el IGI ha ido variando en los últimos años, de la posición 63 en 2016 a la 65 en 2017 (DNP, 2017), la 63 en 2018, la 67 entre 129 países en 2019 (Semana, 2019), la 68 entre 131 en 2020 (La República, 2019), la 67 entre 132 economías (WIPO, 2021a) y la 63 de 132 (SIC, s. f.). Esto parece derivarse de la inestabilidad política, la corrupción, el poco desarrollo de competencias laborales, la incipiente colaboración universidad-empresa-Estado, el desajuste del sistema educativo (WIPO, 2019b), el bajo número de patentes (más del 80% son presentadas por extranjeros), la baja inversión en Investigación y Desarrollo, I+D: el 0,24% del PIB en 2018 (World Bank, 2021). Incluso, según la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del DANE solo el 0,1% de las empresas manufactureras (2017-2018) y solo el 3,8% de las de servicios y comercio (2018-2019) resultan realmente innovadoras. Asimismo, el Banco de la República señala que menos del 10% de exportaciones tienen valor agregado o procesos tecnológicos de transformación (Echavarría et al., 2019), mientras la tasa de inserción en las cadenas globales de valor es muy baja (Portafolio, 2019). También, solo 1.000 de 13.000 doctores trabajan en la industria, pues el resto parecen estar en la academia o en el exterior (Semana, 2019), generando poco impacto en la innovación «productiva».

En contraste, naciones ubicadas en los primeros puestos del ranking tienen una realidad diferente. Un ejemplo de ello es Israel, que a pesar de sus condiciones (población de 9 millones distribuidos en 20.770 km², sin muchos recursos naturales y en estado de guerra con sus vecinos desde inicios del siglo XX) ha logrado un nivel alto de innovación. Esto comenzó mediante el programa «Yozma» (en los años noventa), que logró atraer capital de riesgo mediante ayudas fiscales, y se pasó de destinar un 2,6 al 4,95% del PIB para I+D entre 1996 y 2018) (World Bank, 2021). Ello inició su reconocimiento como la nueva «Silicon Valley», por albergar más de 4.000 compañías tecnológicas (Google, Hewlett Packard o IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Oracle, Siemens, etc.) y por ser el único país del Medio Oriente que cotiza en NASDAQ (National Association of Securities Dealers Automated Quotation). Emprendimientos como Waze, Viber o Wix son ejemplos de *startups* nacidas allí. Todo esto

ubica a esta nación (especialmente Tel Aviv) entre las primeras para emprender, uniéndose a Nueva York, Londres, Beijing, Los Ángeles, Shanghai, París, Berlín y Boston ([Canal VisualPolitik, 2016](#)). Así, se puede afirmar que el ecosistema para la innovación hace parte del marco de la cuarta revolución.

En esta forma, no parece coincidencia que las naciones que ocupan los primeros lugares del IGI tengan robustos sistemas educativos, Instituciones de Educación Superior –IES– en los primeros lugares de los *rankings* internacionales y significativas inversiones en I+D (%PIB). Esto se puede ver incluso en el número de universidades en el top 500 del QS World University Ranking, versus el gasto nacional en Investigación y Desarrollo –I+D– (%PIB) en los países que lideran el IGI (tabla 1 y figura 2).

Tabla 1.
Número de universidades vs. Gastos en I+D (%PIB) en países líderes IGI

País	Universidades TOP 500 (X)	Gasto en I+D (%PIB) (Y)	Año
Estados Unidos	87	3,45	2020
Reino Unido	49	1,71	2019
Alemania	31	3,14	2020
Corea del Sur	16	4,81	2020
Países Bajos	13	2,29	2020
Suiza	9	3,15	2019
Suecia	8	3,53	2020
Finlandia	7	2,94	2020
Dinamarca	5	2,96	2020
Singapur	2	1,89	2019
Colombia	3	0,29	2020
Perú	1	0,17	2020
Venezuela	0	0,34	2014
Uzbekistán	0	0,14	2020
Indonesia	0	0,28	2020

Fuente: Elaboración propia con base en [WIPO \(2021b\)](#), [QS Top Universities \(2022\)](#) y [World Bank \(2021\)](#).

Esto se puede ver gráficamente a continuación:

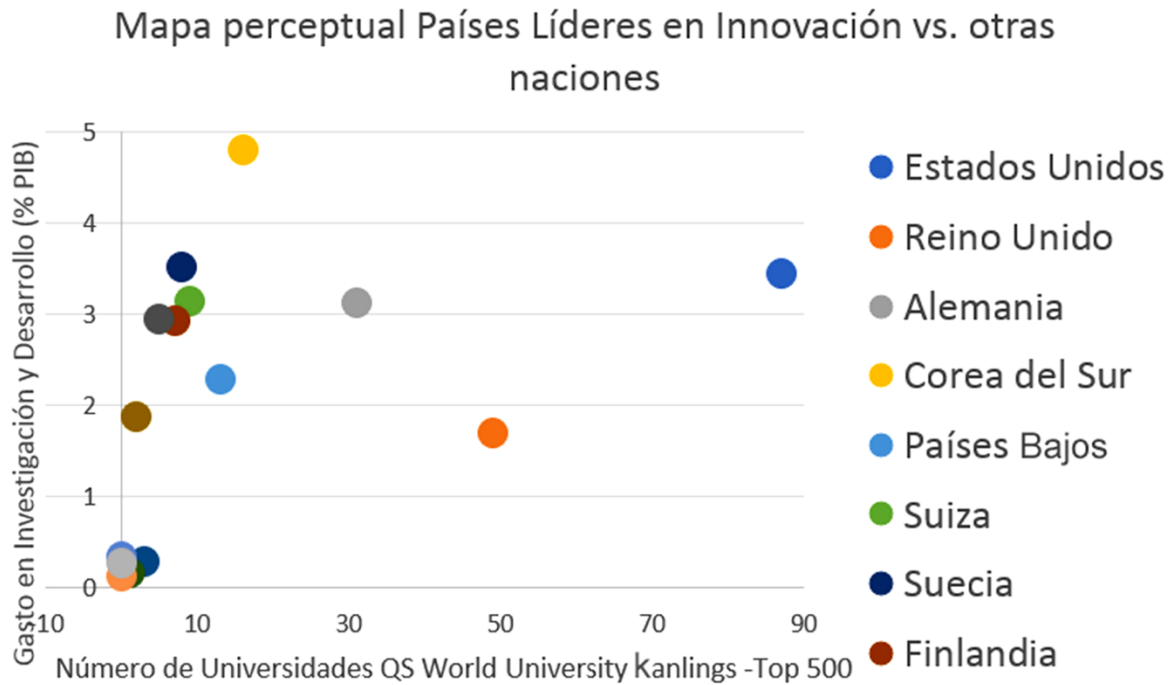


Figura 2. Mapa perceptual de países innovadores según número universidades ranking (X) vs. gasto en I+D (Y)
 Fuente: Elaboración propia con base en [WIPO \(2021b\)](#), [QS Top Universities \(2022\)](#) y [World Bank \(2021\)](#).

Al respecto, los países del IGI se pueden caracterizar en cuatro cuadrantes:

- Alto-Alto (Estados Unidos es el primero, con muchas universidades e importante gasto en I+D).
- Bajo-Alto (Corea del Sur, Alemania, Suecia, Suiza, Dinamarca, Finlandia).
- Alto-Bajo (Reino Unido).
- Bajo-Bajo (Países Bajos, Singapur).

Naciones como Colombia, Perú, Venezuela, Uzbekistán o Indonesia están ubicadas en posiciones donde el gasto en I+D es muy bajo, al igual que casi ninguna universidad en el *ranking*.

En ese marco, las diversas revoluciones han implicado ajustar los sistemas educativos para acompañar los procesos sociales, culturales, políticos, tecnológicos, etc. que se presentan. Empero, los países que han venido respondiendo ágilmente son los mismos en los que la innovación y la calidad de vida son superiores. Por ello, la oferta curricular de Colombia y Latinoamérica requiere de una revisión y un ajuste educativo frente a esta nueva etapa, también económica-productiva, en pos de paradigmas que permitan su desarrollo pero que, a su vez, respeten y aporten a la vida, la población y el planeta ([Sanabria, 2019b](#)).

El empleo futuro

En la revolución 4.0 se estima que 47% de los empleos están en riesgo de desaparecer (Benedikt *et al.*, 2013) debido a la automatización y la inteligencia artificial (IA): televidentes, servicio al cliente, asistentes, traductores, agentes de viajes, cocineros, guardas de seguridad, conductores, mineros, trabajadores agrícolas e, incluso, abogados y contadores, etc.

La revista 24/7 Wall Street, con base en datos de la Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU., ya muestra la pérdida de empleo en las industrias desde 2009 (tabla 2).

Tabla 2.
Industrias con mayor pérdida de trabajadores (2009-2018)

Puesto	Trabajo	Porcentaje de empleo perdido
1	Generación de energía hidroeléctrica	74,9
2	Revelado de fotografías de una hora	74,9
3	Puertos y operaciones portuarias	70,1
4	Escuelas de oficina y secretariado	68,3
5	Minería de uranio-radio-vanadio	63,3
6	Editores de directorios y listas de correo	55,4
7	Editores de tarjetas de felicitación	53,9
8	Servicio en el hogar (niñeras, mucamas, cocineros, mayordomos y jardineros)	52,9
9	Revendedores de telecomunicaciones	50,1
10	Fábricas de papel para periódicos	48,6
11	Laboratorios de revelado fotográfico	47,4
12	Fabricación de película fotográfica y químicos de revelado	47,2
13	Impresores de periódicos	46,9
14	Universidades Júnior (certificaciones técnicas)	42,7
15	Librerías	41,3
16	Instituciones de ahorro	41,2
17	Cultivo de cítricos (excepto naranjas)	39,4
18	Actividades de apoyo a la minería del carbón	39,3
19	Minería superficial de carbón bituminoso	38,6
20	Televisión por cable y programación por suscripción	-37,8
21	Fabricación de teléfonos	-37,3
22	Fotografía de estudio	-37
23	Minería subterránea de carbón bituminoso	-36,5
24	Controlador de tráfico aéreo	-36,5
25	Parcelador de tierras	-36

Fuente: Elaboración propia con base en [Univisión Noticias](#) (2021).

Esto podría deberse a procesos de automatización, cambios de paradigmas y adopción de energías alternativas, etc.

Por otra parte, el [BID \(2021\)](#) muestra la enorme inequidad existente en Latinoamérica (coeficiente de Gini de 0,46 en promedio), que la hace más vulnerable ante las disrupciones tecnológicas. Contrarrestar esto requiere políticas públicas que coadyuven a desarrollar las competencias requeridas para que los ciudadanos puedan acceder a los 133 millones de empleos que van a crearse en las economías desarrolladas ([WEFORUM, 2018](#)).

Aunque en Latinoamérica la adopción de tecnologías para automatización (robótica e IA) no es tan significativa como en los países «desarrollados» (Ej.: en Estados Unidos hay 131 robots por cada mil trabajadores mientras en Colombia o Chile solo 10), en Colombia y Brasil ya se percibe la disminución de empleos y salarios derivada de la sociedad digital y la velocidad del avance tecnológico, y debida también al comercio con países que han implementado automatización, robots e IA ([BID, 2021](#)).

Globalmente los gobiernos se han sumado al uso de IA en sectores como el aeroespacial, la agricultura, el control de tráfico, la educación, las emergencias, la ciberseguridad, el control de fronteras, la defensa nacional, la identificación de fraudes, la justicia, la gestión documental, la salud, la seguridad, etc. ([CAF, 2021](#)). Por ejemplo, desde 2020 la policía de Nueva York está usando el perro robot de Boston Dynamics para vigilar [calles \(RPP Noticias, 2021\)](#), mientras también son considerados por la NASA para exploraciones a Marte ([RPP Noticias, 2020](#)); incluso, esta compañía ya cuenta con robots útiles para innumerables sectores y usos como, por ejemplo, «Stretch»: brazo robótico versátil para movilizar cajas en almacenes y distribución ([American Retail, 2021](#)). También ha aumentado mundialmente el uso de drones con IA para usos militares y civiles.

En esta nueva realidad, 8 de cada 10 nuevos empleos serán para trabajadores del conocimiento, por lo que historiadores, filósofos, matemáticos o estadísticos se cuentan entre aquellos que sobrevivirán al ‘tsunami digital’. Así, el 79% de infantes que actualmente tienen 8 años se desempeñarán en un trabajo inexistente hoy ([La Vanguardia, 2017](#)), configurándose así el concepto de empleos emergentes que, según la red de información ocupacional O*NET, refiere a aquellas ocupaciones «que requieren un trabajo significativamente diferente al realizado por trabajadores de otras ocupaciones ya existentes, y que no están reflejadas de manera adecuada en la estructura existente» ([CEPAL, 2020a, p. 8](#)).

Hacia el futuro se vislumbran trabajos como:

- Agricultor vertical
- Arquitecto e ingeniero de ciudades inteligentes
- Científico de *big data*
- Científico de nuevos materiales
- Científico de virus y bacterias
- Controlador de autopistas de drones y vehículos autónomos
- Diseñador de cuerpo humano

- Experto en *Business Intelligence*
- Experto en internet de las cosas (IOT)
- Gestor de *blockchain*
- Gestor de criptomonedas
- Gestor de edificios inteligentes
- Guía turístico espacial
- Hacker de sombrero blanco
- Instaladores de energía solar
- Manager de equipos hombre-máquina
- Médicos, abogados y contadores digitales
- Profesional en genómica
- Programador de inteligencia artificial
- Programador de realidad virtual
- Programador de experiencias de viajes/realidad aumentada
- Tutor virtual
- *Community manager*
- Influenciador
- Gestor de criptomonedas
- Docente virtual
- Desarrollador de aplicaciones a partir de datos abiertos, etc.

De hecho, ya existe una alta demanda de personas con competencias en temas tecnológicos y digitales: *Digital Product Manager*, *Data Scientist*, diseñador de producto, analista de datos o expertos en negocio digital (El País, 2021). También se había estimado que en 2022 se iban a requerir 3,5 millones de profesionales en sistemas de información y expertos en ciberseguridad (Jordan *et al.*, 2018), pues a nivel mundial, nacional y regional han aumentado los delitos informáticos y las amenazas cibernéticas; también se hace relevante entonces la formación de profesionales en ciberseguridad, que ayuden a controlar estas amenazas (Ospina *et al.*, 2020).

Adicionalmente, como desarrollo de la IA, irrumpe ya masiva y globalmente el Chat GPT (BBC, 2023), desarrollado por la empresa OpenAI. Esta nueva tecnología utiliza algoritmos para generar nuevo contenido con base en los datos existentes en internet para responder a consultas que se le introducen. La herramienta puede elaborar ensayos, artículos, discursos, poemas, canciones, textos promocionales, recetas de cocina, guías de entrevistas, presentaciones de PowerPoint, rutinas en Excel, líneas de código, imágenes personalizadas, etc.

Ante este nuevo poder computacional también existen muchas expectativas y temores, tanto en el aspecto laboral, por la posible pérdida de puestos de trabajo debido a la automatización, como en el ámbito académico, por posibles prácticas de plagio, entre otras amenazas y desafíos (Morduchowicz *et al.*, 2023); sin embargo, esto puede generar también oportunidades para quienes sean capaces de incorporar el manejo de la herramienta a sus habilidades, pues puede llegar a ahorrar tiempo en actividades operativas o de exploración que puede ser mejor empleado para realizar análisis, discusiones, reflexiones estratégicas o para generar valor, entre otros aspectos, siempre que se utilice conforme con la ética (Open AI, 2022). En el mundo académico el rol del educador seguramente evolucionará para pasar de ser un agente que imparte conocimiento a un mediador que oriente y asesore en el proceso de aprendizaje en función del fomento de habilidades blandas y el desarrollo de proyectos para solución de problemas, lo que podría estar en línea con lo que plantea el enfoque STEAM.

En suma, estas nuevas ocupaciones surgen debido a cambios paradigmáticos propios de la era digital (socioeconómicos, demográficos, ambientales, legislativos, de mercados, etc.) y requieren de la formación de nuevas competencias. Por ello se debe armonizar la oferta académica con esta realidad y, en lo que concierne a la empleabilidad, buscar que responda a los nuevos perfiles requeridos y con mayor potencial de desarrollo (plataformas de comercio electrónico, *marketing* digital, creación de contenidos, entregas a domicilio, aplicaciones de transporte, datos abiertos gubernamentales y cursos *online*, etc.), pues se esbozan escenarios que afectan los trabajos tradicionales pero que también crean emergentes. En ese marco, el emprendimiento también se hace relevante como parte de la extensión y del vínculo universidad-entorno en las IES (Sanabria *et al.*, 2015).

Oferta de educación superior en Colombia frente al nuevo contexto

En ese marco, en Colombia se evidencia que los egresados enfrentan la dificultad de insertarse laboralmente: índice de desempleo del 13,3% en noviembre de 2020 (DANE, 2020a) y del 14,3% en julio de 2021 (DANE, 2021a), y crecimiento en empleo no formal del 47,5% de agosto a octubre de 2020 (DANE, 2020b) y del 46,9% de mayo a julio de 2021 (DANE, 2021b); mientras subsisten altas tasas de pobreza y desigualdad. Consecuentemente muchos jóvenes han emigrado internacionalmente a aprender un segundo idioma, a estudiar, a especializarse, a emplearse o a probar fortuna.

Por otro lado, la oferta de profesionales viene aumentando al otorgarse 4.800.920 títulos entre 2001 y 2018 (MEN y OL, s. f.) frente a los 1.559.065 previos (1960-2000); esto genera sobreoferta, competencia y bajos salarios.

Estas titulaciones se distribuyen así (2005-2014): universitaria 48%, técnica profesional y tecnológica 30,7% y posgrado 21,3% (MEN, 2017). Por regiones, así: Bogotá 32,9%, Oriental 18,5%, Antioquia 13,4%, Atlántico 12,1%, Central 10,8%, Valle 7,4%, Pacífica 3,9%, Orinoquía-Amazonía 0,9% y San Andrés y Providencia 0,1%.

Por áreas del conocimiento así (2001-2017): Economía, Administración, Contaduría y afines 37,0%, Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo y afines 23,4% y Ciencias Sociales y Humanas 15,3%. Esto no cambia respecto a graduados por nivel frente al área de conocimiento (tabla 3).

Tabla 3.
Graduados 2001-2017 por nivel y área de conocimiento

Nivel	Área de conocimiento									Total	Porcentaje
	Agronomía, veterinaria y afines	Bellas artes	Ciencias de educación	Ciencias de salud	Ciencias sociales y humanas	Economía, administración, contaduría y afines	Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines	Matemáticas y ciencias naturales	Sin clasificar		
Doctorado	155	24	219	176	510	81	462	643		2.270	1%
Especialización	686	423	7.090	12.647	15.080	25.431	8.888	857	160	71.262	18%
Especialización médico quirúrgica				1.495					2	1497	0%
Especialización técnico profesional	2				2		17			21	0%
Especialización tecnológica	21	2		13	31	174	253	1		495	0%
Especialización universitaria	163	85	1.412	954	3.294	6.336	2295	120	39	14.698	4%
Técnica profesional	265	2.439	45	772	1.988	9.310	5047	121	117	20.104	5%
Maestría	531	300	3.354	1.904	6.366	4.242	4.695	2.773		24.165	6%
Tecnológica	6.759	4.714	916	3.355	2.965	34.592	32.942	1.516	401	88.160	23%
Universitaria	3.991	6.741	24.273	12.716	26.907	42.002	44.148	5.181	141	166.100	43%
Total	12.573	14.728	37.309	34.032	57.143	122.168	9.8747	11.212	860	388.772	100%

Fuente: Elaboración propia con base en SNIES/Graduados (MEN, 2021a)

Igual se observa en los graduados por nivel de formación frente al sector, salvo por un repunte de los graduados en educación virtual (tabla 4).

La situación más seria de empleabilidad puede darse para profesionales universitarios (50% de titulaciones), particularmente del área económica, administrativa y contable (superior al tercio de graduados) y principalmente en la capital (32,9%), pues la formación sigue dándose en programas muy tradicionales.

Por otro lado, recientemente las matrículas universitarias han decrecido 11,3%: 2020-I vs. 2019-I (El Tiempo, 2021); aunque ya en 2018 se matricularon 38.000 estudiantes menos que en 2017, cuando ya había caído la matriculación 4,25% frente a 2016. La crisis generada por el Covid-19 agudizó el problema al reducir las matrículas en 25% —Laboratorio de Economía de la Educación de la Universidad Javeriana— (El Tiempo, 2020b).

Parte del problema parece relacionarse con el desencanto por las carreras tradicionales (que empiezan a verse poco pertinentes), con la incertidumbre frente a empleabilidad y con la disminución de jóvenes en edad de estudiar: 8,7% en 2020 vs. 11,8 en 1973 (Semana, 2020). Se suma la preferencia creciente por cursos virtuales, nacionales e internacionales (algunos gratuitos), y la ampliación constante de la oferta.

Tabla 4.
Graduados 2001-2017 por nivel frente al sector

Nivel	Oficial	Privada	Total
Posgrado	38.786	75.622	114.408
Distancia tradicional	2.820	6.368	9.188
Especialización	2.213	4.379	6.592
Especialización tecnológica	15	5	20
Especialización universitaria	565	1.833	2.398
Maestría	27	151	178
Presencial	35.174	68.267	103.441
Doctorado	1.624	646	2.270
Especialización	17.974	46.508	64.482
Especialización medico quirúrgica	593	904	1.497
Especialización técnico profesional	21		21
Especialización tecnológica	276	192	468
Especialización universitaria	2.546	8.666	11.212
Maestría	12.140	11.351	23.491
Virtual	792	987	1.779
Especialización	67	121	188
Especialización tecnológica	2	5	7
Especialización universitaria	496	592	1.088
Maestría	227	269	496
Pregrado	136.425	137.939	274.364
Distancia tradicional	21.239	20.695	41.934
Técnica profesional	232	3.219	3.451
Tecnológica	6.561	3.808	10.369
Universitaria	14.446	13.668	28.114
Presencial	114.091	116.093	230.184
Técnica profesional	4.900	11.404	16.304
Tecnológica	55.059	21.498	76.557
Universitaria	54.132	83.191	137.323
Virtual	1.095	1.151	2.246
Técnica profesional	28	321	349
Tecnológica	829	405	1.234
Universitaria	238	425	663
Total	175.211	213.561	388.772

Fuente: Elaboración propia con base en SNIES/Graduados (MEN, 2021a)

Esta situación debería alertar a las IES y llevarlas a revisar su oferta para empezar a ajustar los programas actuales, o generar nuevos, orientándolos a los requerimientos de la actual revolución y enmarcándolos en STEAM.

Método

La estructura metodológica del trabajo de investigación realizado se fundamentó en [Sanabria \(2016\)](#). Con base en este referente, la investigación que sirve de base al artículo se considera de estilo interpretativo, pues otorga significado a los hechos desde la perspectiva del investigador sin descartar su subjetividad ([Mertens, 2010](#)), por lo que aquí se realiza una exploración detallada y contextualizada de los significados y conceptos contenidos en ella. Como señalan [Denzin y Lincoln \(2011\)](#), la investigación interpretativa busca «descubrir, interpretar y entender los mundos de significado que las personas han construido» (p. 5).

Por otra parte, la investigación interpretativa proporciona una comprensión más detallada y contextualizada de las realidades sociales, tratando de identificar las perspectivas, experiencias y significados subjetivos de los individuos y los grupos sociales, lo que a menudo se pierde en la investigación cuantitativa y en la revisión sistemática de la literatura. Además, porque se asume que esta puede identificar los factores contextuales y culturales que influyen en la experiencia y la interpretación de los fenómenos en estudio, lo que puede proporcionar información valiosa para la comprensión de las diferencias y similitudes culturales en la experiencia humana.

En ese marco se realizó una revisión de la literatura, que resulta ser un paso clave en la investigación interpretativa, pues proporciona una base sólida para la comprensión del contexto y los antecedentes del fenómeno en estudio. A través de ella se identificaron los temas, conceptos y patrones comunes que emergen en las investigaciones previas, lo que suele permitir el desarrollo de preguntas de investigación más enfocadas y relevantes hacia el futuro. Dicha revisión se enfocó en la identificación, la evaluación y la síntesis de diversos análisis e investigaciones existentes sobre el enfoque STEAM en la educación superior en Colombia.

De esta forma, la investigación interpretativa y la revisión de la literatura constituyen dos enfoques complementarios para acercarse a la comprensión de los fenómenos humanos.

Por otra parte, el estudio de base tuvo un enfoque cualitativo, pues pretendía profundizar en el análisis del objeto de estudio más que generalizar ([Sutton, 2016](#)); este enfoque se refiere a un conjunto de técnicas y métodos de investigación que tienen como objetivo comprender y describir los fenómenos humanos desde una perspectiva subjetiva y holística. Según [Creswell \(2014\)](#), el enfoque cualitativo es utilizado para investigar preguntas abiertas y exploratorias, y se basa en la recolección y el análisis de datos no numéricos, como pueden ser los documentos. Por su parte, [Denzin y Lincoln \(2011\)](#) lo definen como una forma de investigación que busca comprender la complejidad de la vida social con base en la reflexividad, el diálogo y la interpretación.

De esta forma, el estilo interpretativo y el enfoque cualitativo juegan un rol fundamental en la investigación sobre fenómenos humanos, ya que permiten enfocarse en

la comprensión y el análisis de los significados y las experiencias subjetivas de los individuos y los grupos sociales.

En este sentido, el enfoque cualitativo se articula con la investigación interpretativa en cuanto ambos buscan comprender y describir los fenómenos sociales desde una perspectiva subjetiva y holística. Además, ambos hacen hincapié en la importancia de la reflexividad, la interpretación y el diálogo en el proceso de investigación.

De otro lado, el presente estudio tiene una pretensión descriptiva, al apoyarse, relacionar y contrastar estadísticas sobre sus características o manifestación (Tamayo, 2011), y una aproximación teórica, puesto que se construye con base en los planteamientos de diversos autores-teorías (Hernández, 2002) y en la discusión en torno a conceptos-categorías, más que en un trabajo de campo (Ekman, 1989).

En el análisis también se emplearon tablas y gráficos, para mostrar estadísticas descriptivas de los datos SNIES del Ministerio de Educación Nacional de Colombia –MEN–, así como matrices para analizar datos de fuentes de información secundarias (Banco Mundial y QS World University Ranking). Asimismo, se usaron métodos cualitativos (crítico-interpretativos) como la investigación documental, el análisis de contenido y el análisis del discurso, particularmente de la literatura de los últimos 10 años, obtenida de bases de datos de uso libre y por suscripción (especialmente Scopus). En ese marco se emplearon técnicas también cualitativas como el análisis documental, la comparación y la discusión.

En la exploración inicial se usaron los términos de búsqueda de «*Steam approach*» y «*fourth revolution*» en los campos de título, resumen y palabras claves, dando como resultado 154 *papers*; de estos, el 32% no tienen relación directa con el objetivo del presente artículo y el 40% tienen baja citación, por lo cual se descartaron. En consecuencia, se revisaron los artículos restantes con el apoyo de instrumentos cualitativos como fichas de lectura, cuadros comparativos, etc., que permitieron extraer la información relevante, interpretarla y generar los argumentos de discusión. La investigación también pretendió ser propositiva, pues busca alentar al sistema de educación superior nacional a revisar la oferta de programas y evaluar sus currículos.

En lo que refiere al tratamiento y el análisis de los datos sobre programas en Colombia (2022), estos se realizaron por consulta al SNIES (MEN, 2023) en «Consulta programas»; en el campo «Nombre del programa» se usaron como medios de búsqueda combinaciones con las letras a, e, i, o, u, para acceder al total de programas existentes en la base de datos. Se consolidaron cinco bases de datos abiertas, que se fusionaron en una sola para, posteriormente, eliminar los duplicados del campo «Código SNIES programa»; una vez depurada se hizo el análisis estadístico mediante tablas dinámicas (ver resultados).

Resultados

El término STEM (Science, Technology, Engineering y Mathematics) surge en la National Science Foundation (NSF) en los 90 (OEI, s. f.) para referirse a aquellas disciplinas que se consideraron referentes para el desarrollo de la investigación (C+T) en Estados Unidos.

Recientemente (inicios XXI) se incorporó la A para incluir las «Artes», consolidándose como STEAM (García, 2017), para reivindicar el aspecto humanístico de la formación integral y de las diversas áreas del conocimiento y la tecnología en el enfoque y para recordar su relación con la educación (Cobo, 2016). Esto contribuye a una educación a escala humana en la que se diferencie el concepto de aprendizaje del de desarrollo (De Zubiría, 2021). Paulatinamente este se ha enriquecido, eliminando la enseñanza fragmentada en áreas y temas, para articularlos (interdisciplinariedad e integralidad).

Por ello la academia se empieza a interesar en implementar el modelo STEAM en todos los niveles educativos, en indagar sobre sus impactos y en verificar sus resultados, etc., en pos de resolver los problemas, generar avances reales para la humanidad y proteger la vida planetaria. Sin embargo, por sus implicaciones en un aprendizaje temprano, existe un interés especial para educación inicial (DeJarnette, 2018).

Es por esto por lo que ahora el alfabetismo («funcional») se establece a partir de la confluencia de las dimensiones científica, digital, matemática, financiera, etc., junto con competencias de pensamiento crítico, curiosidad, creatividad, trabajo en equipo y conciencia intercultural, entre otros, que resultan indispensables para el empleo futuro. Estas «nuevas» competencias (requeridas hacia 2030) son las cognitivas y metacognitivas; sociales y emocionales; y físicas y prácticas. Por tanto, las competencias STEAM deberían incluirse en la formación de las próximas generaciones para afrontar los retos globales y ocupar las profesiones del futuro (WEFORUM, 2020), que responden a demandas laborales (OECD, s. f.) propias de la sociedad de la información y del conocimiento (Santillán *et al.*, 2019).

Aquí el aprendizaje debe centrarse en el estudiante, en trabajos colaborativos, en equilibrar conocimiento teórico y aplicación, y en herramientas tecnológicas. Por tanto, el enfoque STEAM termina enmarcándose en perspectivas educativas cercanas al aprendizaje significativo; el constructivismo pedagógico (Chomsky y Piaget, 1983); la construcción de conocimiento sobre estructuras previas (Ausubel, 1980) y de manera sociocultural (Vygotsky, 1930); el aprendizaje por descubrimiento (Bruner, 1978); al aprendizaje situado (Cobb y Bowers, 1999); las metodologías activas (Santillán *et al.*, 2020); el aprendizaje basado en proyectos y en problemas (Ruíz, 2017); entre otras.

La disponibilidad de herramientas digitales y plataformas para el uso en la enseñanza de STEAM (interactivas) resulta ser un complemento ideal para los procesos de enseñanza-aprendizaje significativo (López *et al.*, 2020). Por supuesto, esto requiere de profesores formados en STEAM, que puedan orientar prácticas como:

- Experimentos con fenómenos naturales y tecnológicos usando observación, captura y análisis de datos.
- Modelación matemática y estadística y simulación.
- Despliegue de habilidades digitales, pensamiento computacional y programación.

- Formulación de soluciones científicas, matemáticas, tecnológicas e ingenieriles a problemas.
- Argumentación y comunicación de innovaciones propias.

De allí es que se ha llegado a afirmar que

si queremos que nuestros estudiantes resuelvan los grandes desafíos de la humanidad, no podemos perpetuar sistemas educativos obsoletos. Debemos adaptar las políticas públicas y las inversiones en materia educativa, científica y tecnológica al desarrollo de habilidades del siglo XXI en los jóvenes para prepararlos para un futuro en constante cambio (WEFORUM, 2020).

Sin embargo, los empleadores manifiestan dificultad en encontrar personas formadas en STEAM o con estas habilidades, por lo que se le está demandando a la educación una actualización formativa en todos los niveles, en función de estos perfiles, para que los graduados tengan mayor empleabilidad (Manpower Group, 2021) y capacidad para emprender.

Según el FEM 2016 (citado en Edacom, 2019), los países líderes en egresados STEAM son China (4,7 millones), India (2,6 millones), Estados Unidos (568.000), Rusia (561.000), Irán (335.000), Indonesia (206.000) y Japón (195.000).

En nuestra región existe la red STEM Latinoamérica, apoyada por Siemens, para formar en innovación, ciencia y tecnología; sostenibilidad; cambio climático; salud y digitalización, cuya meta fue impactar en 20.000 docentes y 450.000 estudiantes de siete países al terminar 2021 (Siemens, 2020) –tabla 5–.

Tabla 5.
Proyectos STEAM Latinoamérica

País	Proyectos
Chile	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales de enseñanza y aprendizaje mixtos con experimento • Mapa interactivo del cambio climático • MICA, Kit Escolar de Investigación Científica Ambiental (KEICA), medios de <i>blended learning</i> sobre el cambio climático • Medios didácticos digitales para STEAM y educación en desarrollo sostenible • Establecimiento de una red de facultades de educación para la innovación pedagógica (con foco en STEAM)
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> • Contenidos educativos digitales para pensamiento computacional • Educación para la salud integral Prosalud • Desarrollo de comunidades de aprendizaje docentes en Latinoamérica (con foco en STEAM)
Ecuador	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de la inserción en currículo de nuevos formatos didácticos sobre el conocimiento cultural y la biodiversidad
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> • Educación tecnológica y capacitación en digitalización para escuelas de secundaria a través del <i>software</i> Siemens Solid Edge
México	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de seminarios y talleres virtuales para docentes para fortalecer contenidos, metodologías y formatos de enseñanza y aprendizaje en STEAM
Perú	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación certificada a docentes para promover la Educación STEAM
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de una red local de educación STEAM con vinculación continental

Fuente: Elaboración propia con base en Siemens (2020).

Si se considera que existe una crisis educativa en Colombia, según el exministro de educación Alejandro Gaviria ([El Tiempo, 2022](#)), esto parece deberse al insuficiente presupuesto, a las brechas entre estudiantes de regiones y las ciudades (agravada por la pandemia), pero también puede deberse al tipo de educación que se está brindando. Al respecto el MEN ha venido impulsando STEM+ y el Encuentro Nacional STEM+ y divulgación mediante el portal Colombia Aprende, para la consolidación y el reconocimiento de este enfoque en los territorios ([MEN, 2022](#)). Empero, en Colombia los egresados STEAM son pocos, al igual que las iniciativas para aportar al desarrollo de las competencias requeridas para la cuarta revolución y el empleo del futuro.

Fundamentados en la metodología y el análisis efectuado se presentan acá los principales resultados del estudio con base en la consulta SNIES 2023-I (tabla 6). Se presentan estas cifras en torno al problema de estudio como aporte a la discusión.

En Colombia existen 27.547 programas (14.845 activos): 5.798 son oficiales y 9.047 privados, 13.139 presenciales, 454 a distancia, 1.180 virtuales (57 presenciales-virtuales); 7.265 son posgrados y 7.580 pregrados (tabla 6).

La mayor oferta está en Antioquia (2.145), Atlántico (889), Bogotá (4.406), Santander (810) y Valle del Cauca (1.354).

Tabla 6.
Programas por nivel de formación

Nivel	Cantidad	Porcentaje
Doctorado	417	2,8
Especialización médico quirúrgica	591	4,0
Especialización técnico profesional	8	0,1
Especialización tecnológica	376	2,5
Especialización universitaria	3.449	23,2
Formación técnica profesional	681	4,6
Maestría	2.425	16,3
Tecnológico	2.533	17,1
Universitario	4.365	29,4
Total	14.845	100

Fuente: Elaboración propia con base en SNIES ([MEN, 2023](#)).

De esto se destaca, en el pregrado, la preferencia por programas universitarios sobre los tecnológicos.

En cuanto a los posgrados, se destaca que estos representan una proporción considerable, especialmente especializaciones y maestría, pues la formación doctoral aún es baja (tabla 7).

Tabla 7.
Nivel formativo por área de conocimiento

Niveles	Total
Agronomía, veterinaria y afines	388
Doctorado	14
Especialización técnico profesional	1
Especialización tecnológica	49
Especialización universitaria	53
Formación técnica profesional	24
Maestría	46
Tecnológico	125
Universitario	76
Bellas artes	613
Doctorado	5
Especialización tecnológica	23
Especialización universitaria	38
Formación técnica profesional	79
Maestría	57
Tecnológico	137
Universitario	274
Ciencias de la educación	905
Doctorado	28
Especialización tecnológica	1
Especialización universitaria	163
Formación técnica profesional	2
Maestría	266
Tecnológico	6
Universitario	439
Ciencias de la salud	1326
Doctorado	39
Especialización médico quirúrgica	523
Especialización tecnológica	4
Especialización universitaria	237
Formación técnica profesional	13
Maestría	153
Tecnológico	47
Universitario	310
Ciencias sociales y humanas	2131
Doctorado	88
Especialización técnico profesional	2
Especialización tecnológica	5
Especialización universitaria	821

Enfoque STEAM en la educación superior colombiana frente a la cuarta revolución

Formación técnica profesional	56
Maestría	525
Tecnológico	104
Universitario	530
Economía, administración, contaduría y afines	3611
Doctorado	29
Especialización tecnológica	134
Especialización universitaria	1076
Formación técnica profesional	253
Maestría	425
Tecnológico	696
Universitario	998
Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines	3192
Doctorado	83
Especialización técnico profesional	5
Especialización tecnológica	130
Especialización universitaria	513
Formación técnica profesional	187
Maestría	417
Tecnológico	754
Universitario	1103
Matemáticas y ciencias naturales	479
Doctorado	62
Especialización tecnológica	10
Especialización universitaria	39
Formación técnica profesional	3
Maestría	172
Tecnológico	24
Universitario	169
Sin información	2200
Doctorado	69
Especialización médico quirúrgica	68
Especialización tecnológica	20
Especialización universitaria	509
Formación técnica profesional	64
Maestría	364
Tecnológico	640
Universitario	466
Total general	14845

Fuente: Elaboración propia con base en SNIES/Graduados (MEN, 2023).

Entonces Economía, administración, contaduría y afines representa un 24%; Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines 22%; Ciencias sociales y humanas 14%; Ciencias de la salud 9%; Ciencias de educación 6%; Bellas artes 4%; Matemáticas y ciencias naturales 3%; programas sin clasificar 15%; y Agronomía, veterinaria y afines 3%.

Esto evidencia la concentración de profesionales en campos tradicionales, al igual que la escasez de programas para el nuevo contexto, es decir, en sectores cercanos a la revolución 4.0, en campos para el empleo futuro y/o enmarcados en STEAM (ej.: ciberseguridad, IA y ciencia de datos). Existe escasa oferta en Agronomía, veterinaria y afines, que no solo se relacionan con los centros de interés hacia el futuro, sino que se corresponden con la vocación de la nación, con su potencial como despensa y con la seguridad alimentaria.

No obstante, un aporte al respecto lo hace la Universidad de los Andes, que desde 2000 viene desarrollando el programa «pequeños científicos» con enfoque STEM con apoyo de Francia y Estados Unidos (desde 2004), entre una red de diez países y del MEN, para crear programas de fortalecimiento de la educación básica, media y superior (Gómez, 2015). También la Universidad Nacional de Colombia –Manizales– contribuye implementando aulas STEAM en sus procesos formativos para incubar iniciativas de negocio de base tecnológica (Sánchez, 2021).

En educación escolar existen algunas aproximaciones referidas a la apropiación por parte de profesores de un colegio bilingüe de Bogotá de herramientas tecnológicas y de recursos educativos abiertos para el desarrollo de sus clases (Guacaneme *et al.*, 2016), la apropiación de las TIC en dos Instituciones Educativas (IE) públicas del occidente de Colombia (Medellín y Envigado) (Ángel y Patiño, 2018) o la propuesta para incluir la robótica educativa en los currículos en la educación básica y media con una estructura en espiral de cuatro niveles (Pérez y Mendoza, 2021). Ya directamente sobre STEAM, en el ámbito escolar se encuentran otras más cercanas, como las de instituciones educativas de Medellín, en las que existe interés en los profesores por implementar STEAM al verificar el impacto de experiencias relacionadas (Cano *et al.*, 2021), la propuesta de Ruta STEM para certificar 20.000 docentes de colegios oficiales en 2020 (MEN, 2020b) y 10.000 en 2021 (MEN, 2021b), la plataforma educativa STEAMnautas que usa la lúdica para enseñar el enfoque en niños (MINTIC, 2021), la iniciativa STEM Education Colombia para divulgar el enfoque (CONASTEM, 2021) o la labor realizada en colegios del Distrito Capital (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2022).

No obstante, estas iniciativas resultan tanto insuficientes como aisladas, por lo que debe trabajarse en su ampliación mediante el fortalecimiento de sinergias Universidad-Empresa-Estado para transferir el conocimiento de la universidad hacia el entorno (Pineda, K., 2011; Morales *et al.*, 2016).

Por otro lado, es claro que la cuarta revolución y los empleos futuros requieren de competencias particulares vinculadas con STEAM (capacidad creativa, trabajo con mucha información, pensamiento lógico, reconocimiento de patrones, uso de conceptos multidisciplinarios y problemas complejos) que permitan interpretar y transformar positivamente la realidad (aplicación de teorías y construcción de modelos); esta responsabilidad recae sobre los sistemas educativos.

En suma, desarrollar estas competencias implica una revisión del sistema educativo latinoamericano y colombiano que revise su oferta y ajuste sus currículos con perspectiva STEAM, particularmente en educación superior.

Discusión

Las IES deben considerar la revisión de su oferta con respecto al enfoque STEAM puesto que estas son las disciplinas que están orientando la integralidad y activando la innovación y el desarrollo.

Se observa un número limitado de programas con enfoque STEAM, por lo que se requiere trabajar en su desarrollo y en su incorporación en los programas existentes para que los egresados adquieran un perfil para la innovación y para la solución de problemáticas humanas y del entorno.

Así, los programas deberán fortalecer las competencias para investigar, las habilidades digitales, el dominio de plataformas, el uso de la ofimática y de herramientas tecnológicas, el manejo de los instrumentos e (e-bussiness, e-commerce, e-learning, etc.), la captura y el análisis de datos abiertos, el uso de paquetes estadísticos, la segunda lengua, etc., con el fin de que los perfiles se ajusten a las demandas sociales, incluso para programas «tradicionales» como los relacionados con economía, administración, contaduría y afines (Sanabria *et al.*, 2019; Sanabria *et al.*, 2020). Y en «lo público» existe enorme potencial para estos egresados y, por ello, mayores oportunidades de empleabilidad para aprovechar perspectivas como datos abiertos, gobierno digital, GOVTECH, IA aplicada al sector público, marketing digital, etc. (Ospina, 2020).

Por supuesto, esto debe acompañarse con una transformación educativa, pedagógica y didáctica en las universidades y los profesores de manera que empleen perspectivas educativas propias del aprendizaje significativo y situado, de la construcción progresiva de conocimiento y sobre estructuras previas, del aprendizaje por medios socioculturales y mediante descubrimiento, al igual que la aplicación de metodologías activas, trabajos fundamentados en proyectos, trabajos basados en problemas, de herramientas digitales y plataformas, de experimentos y aplicaciones tecnológicas, de trabajos con datos estructurados y no estructurados, del desarrollo de modelos y simulaciones, de programación, del planteamiento de soluciones a retos y problemas, de la comunicación de los desarrollos, etc.

Asimismo, es indispensable que el Estado diseñe políticas públicas que incentiven este modelo, que fortalezcan el sistema con profesores formados en el enfoque (para que implementen la perspectiva en el aula y fuera de ella), que promuevan la actualización curricular y que fomenten la incorporación, combinación e integración de los saberes y visiones de STEAM para lograr que los egresados puedan resolver problemas complejos y desarrollar soluciones innovadoras.

Afortunadamente, ya se empiezan a vislumbrar mecanismos de ajuste curricular en las IES que son integrados a la autoevaluación institucional y de programas y a la renovación de registros calificados y acreditaciones, para acercar los programas a las necesidades nacionales y regionales, los problemas existentes, los avances en las «disciplinas» y las

tendencias sociales, ambientales, tecnológicas, etc. Parte de ello se esboza en la normativa sobre resultados de aprendizaje (MEN, 2020a; MEN, 2019).

En CEPAL (2020b) también se observa un abordaje al tema mediante la compilación de varios procesos de actualización curricular que vienen realizando las IES nacionales, basadas en SNIES.

Además, como medio para la modernización en la oferta y actualización curricular STEAM, las IES deberían hacer uso de los análisis propios del mercadeo educativo en torno a sus contextos y particularidades (Ospina *et al.*, 2010), e implementar buenas prácticas para sus revisiones curriculares y en el desarrollo logístico en sus procesos (Ospina *et al.*, 2017; Sanabria *et al.*, 2020).

De otra parte, se encuentra que los resultados del presente estudio son consistentes con las afirmaciones de Molina (2021) respecto a que la introducción de las competencias del siglo XXI en la educación ha generado una tensión sobre sus objetivos fundantes. Se ha vuelto cada vez más evidente que las competencias del siglo XXI se han venido dirigiendo a satisfacer las demandas del mercado laboral y económico en lugar de constituirse en un fin en sí mismas; se ha debatido entonces sobre si el propósito de la educación debe ser la formación de ciudadanos críticos y pensantes o si su principal objetivo se limita solo a instruir trabajadores capacitados para el mercado laboral.

Esta tensión también se refleja en la valoración de los aprendizajes. En la actualidad, el mercado laboral y económico es el que termina determinando la valía de los aprendizajes, lo que parece quitarle la importancia a los aspectos sociales, culturales y humanísticos que también le corresponden a la educación. Esto podría resultar en un sistema educativo que enfatiza el desarrollo de habilidades técnicas y profesionales en detrimento de la formación de ciudadanos críticos y pensantes, por lo cual el STEAM debe mantener una visión amplia e integral al respecto.

En general, estos hallazgos subrayan la necesidad de reflexionar sobre el propósito y la dirección de la educación en el contexto de las competencias del siglo XXI. Si bien la formación de trabajadores altamente capacitados es importante, también es fundamental mantener un enfoque en la formación de ciudadanos críticos y pensantes que puedan contribuir a la sociedad de manera significativa.

Adicionalmente, los hallazgos de esta investigación están acordes con el estudio de Cabello *et al.* (2021) en donde se subraya la importancia de la tecnología digital como una herramienta complementaria para mejorar la educación STEAM. Los autores enfatizan que la tecnología digital no debe utilizarse como una solución única, sino que debe ser integrada de manera efectiva entre estudiantes y docentes, los cuales deben ser preparados adecuadamente para su uso. Así, la formación de los docentes al respecto es fundamental para garantizar que se pueda utilizar de manera efectiva la tecnología digital en los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación STEAM.

Por último, también existe una concordancia de los resultados obtenidos acá con el estudio de García *et al.* (2019) en lo que respecta a la importancia de desarrollar un enfoque más integral y colaborativo para abordar la educación en STEAM, de manera que mantenga

la participación de todas las partes interesadas, incluyendo educadores, empleadores, líderes políticos y la sociedad en general. También se requieren políticas y estrategias claras y efectivas para lograr una mayor equidad de género en STEAM para garantizar que todas las personas, independientemente de su género, tengan las mismas oportunidades para participar en estas áreas críticas del conocimiento y la innovación.

Reflexiones finales

Se hace necesario revisar las políticas públicas y los presupuestos referidos a I+D, ciencia y tecnología (C+T), modelos educativos y oferta nacional de programas para armonizarlos con la cuarta revolución y la era digital, si se pretende que la oferta no se rezague y que se vaya cubriendo la creciente demanda de personas con estas nuevas competencias para aportar al desarrollo integral del país y a superar la pobreza, la desigualdad, la emigración, la corrupción, etc.

Al respecto, el Estado debe generar un ecosistema para desarrollar la educación hacia el contexto que plantean la revolución 4.0, las tendencias de empleo y los requerimientos de desarrollo y calidad de vida humana; esto también puede darse fuera de las IES y las aulas al brindar apoyo a emprendedores para desarrollar y comercializar sus ideas innovadoras, al fomentar la I+D en las diversas organizaciones y al evitar la fuga de talentos.

También se requiere trabajar en la eliminación del obstáculo de la corrupción, pues hace que los presupuestos públicos parezcan siempre insuficientes y que no logren plena ejecución; esto se agrava al observarse inversión decreciente en educación e I+D, tanto del Estado como del sector privado (frente al PIB y las diversas áreas de los planes de desarrollo).

Las IES también podrían aportar al desarrollo del enfoque si actualizan sus modelos educativos, revisan su oferta y generan una cultura humanista de investigación e innovación. También deben fortalecerse las sinergias Universidad-Empresa-Estado (Leydesdorff y Etzkowitz, 1996).

Esto resulta fundamental al considerarse que la riqueza nacional no se genera tanto por la producción y comercialización de *commodities*, sino por el desarrollo de productos y servicios con alto valor agregado (normalmente derivado de procesos de innovación con alto nivel científico y orientados a la solución de problemas humanos y planetarios). Aunque no implica que este deba ser el modelo por seguir (de manera acrítica e irreflexiva) resulta ser la apuesta de países del «primer» mundo que podría ser replicada y adaptada mediante la voluntad política y con el compromiso y esfuerzo de los principales actores involucrados (universidad, empresa y Estado).

Finalmente, el enfoque STEAM supone una oportunidad para mejorar la calidad de la oferta y la perspectiva educativa en función del desarrollo humano y la empleabilidad ante las demandas actuales y futuras; claro, es indispensable que se trabaje también para que dicha oferta esté al alcance de todos, identificando y reteniendo a los «talentosos».

Limitaciones

A pesar de la relevancia de la educación STEAM en la formación de profesionales en el contexto colombiano de la revolución 4.0, una limitación que se encontró en la investigación es la falta de uniformidad en la definición y aplicación del modelo STEAM, lo que dificulta la comparación y la evaluación de la oferta académica en diferentes contextos. Además, la falta de consenso en la definición de las competencias y habilidades STEAM que resultan necesarias para el mercado laboral de la cuarta revolución podría llevar a una formación deficiente e inadecuada para enfrentar los retos del futuro.

Otra limitación es la falta de datos actualizados y confiables sobre la oferta académica en diferentes áreas del enfoque STEAM en la educación superior colombiana. Esto dificulta la evaluación de la efectividad de las políticas y estrategias implementadas históricamente en este ámbito y la identificación de las áreas que requieren mayor atención y recursos para su desarrollo hacia el futuro.

Además, la ausencia de coordinación y colaboración entre diferentes instituciones educativas y actores relevantes, como empresas y gobiernos, limita la existencia de información consolidada y centralizada en torno al tema. Esto puede limitar también hacia adelante el alcance y la efectividad de la formación STEAM en la educación superior colombiana.

Finalmente, la falta de una evaluación rigurosa y sistemática de los resultados de la formación STEAM en la educación superior colombiana limita la identificación de las fortalezas y debilidades de la oferta académica en este ámbito y la mejora continua de la formación. Se requiere de una evaluación constante y rigurosa para avanzar en la investigación en torno al tema y para garantizar una formación de calidad y relevante para la sociedad y el ámbito laboral.

Referencias

- Accenture (2018). América Latina: *Habilidades para el trabajo en la era de las máquinas inteligentes*. https://www.accenture.com/t00010101t000000z__w_/ar-es/_acnmedia/pdf-79/accenture-latam-workers-pov-esp-final.pdf
- Adem, A., Yilmaz Kaya, B., y Dağdeviren, M. (2022). Technology analysis for logistics 4.0 applications: Criteria affecting UAV performances. *Studies in Systems, Decision and Control*, 372, 497-520. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75067-1_21
- Alcaldía Mayor de Bogotá (2022). *Más de 250 colegios distritales están revolucionando sus aulas con el enfoque STEM*. Secretaría de Educación. https://www.educacionbogota.edu.co/porta_institucional/noticia/mas-de-250-colegios-distritales-estan-revolucionando-sus-aulas-con-el-enfoque-stem
- American Retail (2021). *Supply chain: Así es Stretch, el nuevo robot de Boston Dynamics que pretende revolucionar los almacenes*. <https://www.america-retail.com/supply-chain/supply-chain-asi-es-stretch-el-nuevo-robot-de-boston-dynamics-que-pretende-revolucionar-los-almacenes/>
- Ángel, I. C., y Patiño Lemos, M. R. (2019). Línea base de indicadores de apropiación de TIC en instituciones educativas. *Educación y Educadores*, 21(3), 435-457. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/9178>

- Ausubel, D. (1980). *Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo* (2.ª ed.). Trillas
- Aydın, S., y Kahraman, C. (2022). Aviation 4.0 revolution. *Studies in Systems, Decision and Control*, 372, 3-19. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75067-1_1
- Banco Interamericano de Desarrollo, BID (2021). *El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe*. <https://www.iadb.org/es/trabajo-y-pensiones/el-futuro-del-trabajo-en-america-latina-y-el-caribe>
- BBC (2023). *GPT-4: qué novedades presenta la nueva versión del chat de inteligencia artificial*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-64969661>
- Beck, U. (2002). *La sociedad del riesgo global*. Siglo Veintiuno.
- Benedikt, C. y Osborne, M. (2013). *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation*. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- Bilotta, E., Bertacchini, F., Gabriele, L., Giglio, S., Pantano, P. S., y Romita, T. (2021). Industry 4.0 technologies in tourism education: Nurturing students to think with technology. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport and Tourism Education*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2020.100275>
- Bruner, J. (1978). *El proceso mental de aprendizaje*. Narcea.
- Business Publication Spain (2021). *IBM encabeza la lista de patentes por 28.º año consecutivo*. Computing. <https://www.computing.es/mercado-ti/noticias/1123035046401/ibm-encabeza-lista-de-patentes-28-ano-consecutivo.1.html#:~:text=Los%20cient%C3%ADficos%20e%20investigadores%20de,l%C3%ADder%20por%2028%20a%C3%B1os%20consecutivos>
- Cabello, V. M., Loreto Martínez, M., Armijo, S., y Maldonado, L. (2021). Promoting STEAM learning in the early years: “pequeños científicos” program. *LUMAT*, 9(2), 33-62. <https://journals.helsinki.fi/lumat/article/view/1401>
- Canal VisualPolitik (24 de octubre de 2016). *¿Cómo ISRAEL llegó a ser el PAÍS de las STARTUPS?*. <https://www.youtube.com/watch?v=A9Z6vEciO94>
- Cano, L., Bermúdez, D. M., y Arango, V. D. (2021). Experiencias STEM+H en instituciones educativas de Medellín: factores que prevalecen en su implementación. *Sociología y Tecnociencia*, 11(Extra 1), 1-22. https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/48528/revistas_uva_es__sociotecnologia_articulo_view_5135_3791.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Chomsky, N. y Piaget, J. (1983). *Teorías del Lenguajes/Teorías del Aprendizaje* (1.ª ed.). Crítica.
- Cobb, P. y Bowers, J. (1999). Cognitive and situated learning perspective in theory and practice. *Educ Res*, 28(2), 4-15. <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0013189X028002004>
- Cobo, C. (2016). *La innovación pendiente: Reflexiones (y provocaciones) sobre educación, tecnología y conocimiento*. Debate.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (2020a). *Cambio tecnológico y el mercado laboral. Aportes para la identificación de las ocupaciones emergentes en Colombia*. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46655/S2000774_es.pdf

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (2020b). *Estrategia para fortalecer la capacidad de instituciones de formación para vincular las necesidades del mercado laboral a la oferta curricular en Colombia*. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46787/S2100071_es.pdf
- Computing (2021). *IBM encabeza la lista de patentes por 28.º año consecutivo*. <https://www.computing.es/mercado-ti/noticias/1123035046401/ibm-encabeza-lista-de-patentes-28-ano-consecutivo.1.html>
- Colectivo Nacional de Educación STEM, CONASTEM (2021). *¿Qué es la educación STEAM?* <https://www.stemeducol.com/que-es-stem>
- Corporación Andina de Fomento, CAF (2021). *Experiencia: Datos e Inteligencia Artificial en el sector público*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1793>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- DeJarnette, N. K. (2018). *Implementing STEAM in the Early Childhood Classroom*. *European Journal of STEM Education*, 3(3), 18. <https://www.lectitopublishing.nl/download/implementing-steam-in-the-early-childhood-classroom-3878.pdf>
- Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (2011). *The SAGE handbook of qualitative research* (4th ed.). SAGE Publications.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE (2021a). *Estadísticas mercado laboral, empleo y desempleo*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo#2021>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE (2021b). *Estadísticas por tema mercado laboral, empleo informal y seguridad social*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE (2020a). *Estadísticas mercado laboral, empleo y desempleo*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo#2020>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE (2020b). *Estadísticas por tema mercado laboral, empleo informal y seguridad social*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-informal-y-seguridad-social>
- Departamento Nacional de Planeación, DNP (2017). *Índice global de innovación 2017, un informe para Colombia*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/IGI%202017%20dyd%20CEVC%2025-09-2017.pdf>
- De Zubiría Samper, J. (octubre 25 de 2021). *Economía y educación a escala humana*. <https://www.elespectador.com/opinion/columnistas/julian-de-zubiria-samper/economia-y-educacion-a-escala-humana/>
- Drucker, P. (1985). *La innovación y el empresario innovador*. Edhasa.
- Dutrénit, G. (2012). *Innovación para el desarrollo de América Latina: Dónde estamos respecto a las masas críticas de capacidades*. En I. Álvarez y C. Botella (Eds.), *Innovación y desarrollo: Retos para una sociedad global* (pp. 173-202). Fundación Carolina - Siglo XXI.

- Echavarría, J. J., Giraldo, I, y Jaramillo, F. (2019). Cadenas globales de valor, crecimiento y protección arancelaria en Colombia. *Borradores de Economía*, 1080, 49 p. <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/9708>
- Edacom (2019). *¿Qué países son potencia en educación STEM?* <https://blog.edacom.mx/paises-potencia-educacion-stem>
- Ekman, E. (1989). La documentación en investigación educativa. En: T. Husén y N. Postlethwaite (eds.), *Enciclopedia Internacional de la Educación*. Vicens-Vives/MEC.
- El Confidencial (mayo 24 de 2020). *La innovación de Huawei: 5G, 85.000 patentes y 86.000 millones en I+D* https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2020-05-24/huawei-patentes-innovacion-5g-ciberseguridad-bra_2580132/
- El País (septiembre 17 de 2021). *Así son los perfiles profesionales que tendrán más demanda en 2022*. <https://elpais.com/economia/formacion/2021-09-17/asi-son-los-perfiles-profesionales-que-tendran-mas-demanda-en-2022.html>
- El Tiempo (marzo 3 de 2021). *Desplome en número de matriculados en universidades por la pandemia*. <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/matriculas-en-universidades-desplome-en-las-matriculas-de-universidades-por-la-pandemia-570528#:~:text=%E2%80%A2-,Desplome%20en%20n%C3%BAmero%20de%20matriculados%20en%20universidades%20por%20la%20pandemia,%C2%B0%20semestre%20del%202020.>
- El Tiempo (enero 14 de 2020a). *IBM alcanza récord en registro de patentes* <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/ibm-alcanza-record-con-mas-de-9000-patentes-registradas-451860>
- El Tiempo (agosto 8 de 2020b). *Matrícula en universidades, a la baja desde antes de la pandemia*. <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/informe-revela-disminucion-de-estudiantes-matriculados-en-universidades-de-colombia-526992>
- El Tiempo (octubre 7 de 2022). *La educación en Colombia está en crisis*. <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/la-educacion-en-colombia-esta-en-crisis-alejandro-gaviria-mineducacion-707923>
- Fernández, R. (2023). *Empresas con mayor número de concesiones de patentes en Estados Unidos en 2021 y 2022*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/635791/empresas-con-mas-patentes-concedidas-en-estados-unidos/>
- Forbes (abril 6 de 2021). *David Vélez, el nuevo 'billionaire' colombiano*. <https://forbes.co/2021/04/06/editors-picks/david-velez-el-nuevo-billionaire-colombiano/>
- Formichella, M. M. (2005). *La evolución del concepto de innovación y su relación con el desarrollo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina. <https://core.ac.uk/download/pdf/48031881.pdf>
- García, Y. (2017). *Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6212470.pdf>
- García, F. J., Bello, A., Domínguez, A., y Romero, R. M. (2019). Gender balance actions, policies and strategies for STEM: Results from a world café conversation. *Education in the Knowledge Society*, 20, 1-15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7468191&orden=0&info=link>

- Gómez, M. (2015). *Educación STEM en educación básica: estudio de caso en dos países, Colombia y República Dominicana*. ACOFI. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1073/1074>
- Guacaneme, M., Zambrano, D., y Gómez, M. G. (2016). Apropiación tecnológica de los profesores: el uso de recursos educativos abiertos. *Educación y Educadores*, 19(1), 105-117. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/5171>
- Hawksworth, J., Berriman, R., y Saloni, G. (2018). *Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation*. PricewaterhouseCoopers LLP -PwC-.
- Hernández, I. (2002). *La investigación científica: Un camino a la imaginación*. Universidad Piloto de Colombia.
- Hottois, G. (1991). *El paradigma bioético: Una ética para la tecnociencia* (Vol. 8). Anthropos.
- International Business Machines Corporation, IBM (2019). *IBM cumple más de un cuarto de siglo liderando récord de patentes*. <https://www.ibm.com/blogs/transformacion/2019/01/14/ibm-cumple-mas-de-un-cuarto-de-siglo-liderando-record-de-patentes/#:~:text=Compartir%20esta%20publicaci%C3%B3n%3A,artificial%2C%20nube%20y%20computaci%C3%B3n%20cu%C3%A1ntica>
- Iriondo, A., Högberg, D., Syberfeldt, A., Brolin, E., Pérez, E., Hanson, L., y Lämkuil, D. (2022). Multi-objective optimization of ergonomics and productivity by using an optimization framework. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 223, 374-378. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74614-8_46
- Jordan, A., y Dixon, W. (2018). *¿Por qué la cuarta revolución industrial necesita más graduados en carreras humanísticas?* World Economic Forum. <https://es.weforum.org/agenda/2018/12/por-que-la-cuarta-revolucion-industrial-necesita-mas-graduados-en-carreras-humanisticas/>
- La República (mayo 31 de 2019). *Las ciudades que cuentan con las mejores condiciones para emprender*. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/las-ciudades-con-las-mejores-condiciones-para-emprender-2868436>
- La Vanguardia (diciembre 29 de 2017). *Los trabajos más demandados del futuro (y que todavía no se han inventado)*. <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20171229/433926592327/los-trabajos-mas-demandados-del-futuro-que-todavia-no-se-han-inventado-brl.html>
- Lee, J. J., y Meng, J. (2021). Digital competencies in communication management: A conceptual framework of readiness for industry 4.0 for communication professionals in the workplace. *Journal of Communication Management*, 25(4), 417-436. <https://doi.org/10.1108/JCOM-10-2020-0116>
- Leydesdorff, L., y Etzkowitz, H. (1996). Emergence of a Triple Helix of university–industry–government relations. *Science and Public Policy*, 23(5), 279-286. <https://doi.org/10.1093/spp/23.5.279>
- López, V., Couso, D y Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia*, 20(62), Artíc. 07. <https://revistas.um.es/red/article/view/410011/279831>

- Manpower Group (2021). *ManpowerGroup busca 300 graduados STEM –sin experiencia– para incorporación inmediata en empresas tecnológicas*. <https://www.manpowergroup.es/manpower-busca-300-graduados-stem-sin-experiencia-para-incorporacion-inmediata-en-empresas-tecnologicas>
- Medina, M. (2004). Tecnociencia y cultura. Concepciones, impactos y retos. En C. y D. d. E. Ministerio de Educación (Ed.), *El impacto social de la cultura científica y técnica* (pp. 47-96). Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Subdirección General de Información y Publicaciones.
- Mertens, D. M. (2010). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (3.ª ed.). Sage.
- Ministerio de Educación Nacional, MEN (2023). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior –SNIES–*. Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia. <https://hecaa.mineduacion.gov.co/consultaspublicas/programas>
- Ministerio de Educación Nacional, MEN (2022). *Encuentro Nacional STEM+, para la consolidación y reconocimiento de la educación STEM en los territorios de Colombia*. <https://www.mineduacion.gov.co/portal/salaprensa/Comunicados/411542:El-Ministerio-de-Educacion-realizo-el-Encuentro-Nacional-STEM+-para-la-consolidacion-y-reconocimiento-de-la-educacion-STEM-en-los-territorios-de-Colombia>
- Ministerio de Educación Nacional, MEN (2021a). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior –SNIES–*. Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia. <http://snies.mineduacion.gov.co/consultasnies/programa>
- Ministerio de Educación Nacional, MEN (2021b). *Ruta STEM*. Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia. <https://www.innovamos.gov.co/instrumentos/ruta-stem>
- Ministerio de Educación Nacional, MEN (2020a). *Resolución 21795 del 19 de noviembre de 2020: Por la cual se establecen los parámetros de autoevaluación, verificación y evaluación de las condiciones de calidad de programa reglamentadas en el Decreto número 1075 por el Decreto número 1330 de 2015, modificado de 2019, para la obtención, modificación y renovación del registro calificado*. https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-402045_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional, MEN (2020b). *Ya está abierta la convocatoria de Ruta STEM, iniciativa del Gobierno Nacional que certificará 20 mil docentes del país para promover el pensamiento computacional y tecnológico*. Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia. https://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-400850.html?_noredirect=1
- Ministerio de Educación Nacional, MEN (2019). Decreto 1330 del 25 de julio de 2019: *Por el cual se sustituye el Capítulo 2 y se suprime el Capítulo 7 del Título 3 de la Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015 –Único Reglamentario del Sector Educación*. https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-387348_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional MEN (2017). *Anuario Estadístico de la Educación Superior Colombiana*. https://snies.mineduacion.gov.co/1778/articles-391288_recurso_1.pdf
- Ministerio de Educación Nacional –MEN– y Observatorio Laboral (s. f.). *Observatorio Laboral para la educación*. <https://ole.mineduacion.gov.co/portal/>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2021). *STEMnautas - Portal nacional STEM*. <https://stem.mintic.gov.co/>

- Molina, G. A. (2021). Tensiones entre el enfoque educativo STEM y la filosofía escolar: aproximación al estado del arte. *PRA*, 21(30), 54-81. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.21.30.2021.54-81>
- Morales, M. E., Sanabria, P. E., y Plata, P. A. (2016). Factores determinantes y tendencias de la transferencia de resultados de investigación universitaria al sector productivo. *Criterio Libre*, 14(25), 135-170. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/criteriolibre/article/view/1040/805>
- Morduchowicz, A., y Suasnábar, J. M. (2023). *ChatGPT y educación: ¿oportunidad, amenaza o desafío?* Enfoque Educación, Banco Interamericano de Desarrollo –BID—. <https://blogs.iadb.org/educacion/es/chatgpt-educacion/>
- Open AI (2022). *Educator considerations for ChatGPT*. <https://platform.openai.com/docs/chatgpt-education>
- Oppenheimer, A. (2014). *Crear o Morir*. Editorial Debate
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, OEI (s. f.). *La educación STEM*. <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?La-educacion-STEM-CTIM-te-va-a-gustar>
- Organization for Economic Cooperation and Development, OECD (s. f.). *Skills for 2030*. https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/in_brief_Skills.pdf
- Organization for Economic Cooperation and Development, OECD (2018). *Oslo Manual: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation*. 4th edition. Paris. OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264304604-en.pdf?expires=1634674179&id=id&accname=guest&checksum=9656B10BF9A7481033095FB2EA5F0EE1>
- Ospina, M. R., y Sanabria, P. E. (2020). Desafíos nacionales frente a la ciberseguridad en el escenario global: un análisis para Colombia. *Revista Criminalidad*, 62(2), 112-130. <http://www.scielo.org.co/pdf/crim/v62n2/1794-3108-crim-62-02-199.pdf>
- Ospina, M. R., y Sanabria, P. E. (2017). Marco general de análisis de la formación logística en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 237-267. <https://revistacientificaesmic.com/index.php/esmic/article/view/80/392>
- Ospina, M. R., y Sanabria, P. E. (2010). Un enfoque de mercadeo de servicios educativos para la gestión de las organizaciones de educación superior en Colombia: el modelo MIGME. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 18(2), 107-136. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfce/article/view/2275/1995>
- Ospina, M. R. (2020). *Marketing público*. Klasse editorial.
- Paramá, A. I., Caballero, I., Coca, J. R., y Aragón, J. M. J. (2016). Impacto psico-socio-educativo de la tecnociencia en una humanidad globalizada. *Teoría de la Educación*, 28(2), 267-290. <https://revistas.usal.es/index.php/1130-3743/article/view/teoredu282267290/16080>
- Pérez, G. X., y Mendoza, M. Ángel. (2021). Robótica educativa: propuesta curricular para Colombia. *Educación y Educadores*, 23(4), 577-595. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/13327>

- Pérez, M. J. (2016). Davos y la cuarta revolución industrial. *Nueva revista*, 157, 14-22. <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/5254/Davos%20y%20la%20cuarta%20revolucion%20industrial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pineda, K., Morales, M. E., y Ortiz, M. C. (2011). Modelos y mecanismos de interacción universidad-empresa-Estado: Retos para las universidades colombianas. *Equidad & Desarrollo*, (15), 41-67. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1020&context=eq>
- Portafolio (agosto 15 de 2019). Delitos informáticos, la otra pandemia en tiempos del coronavirus. <https://www.portafolio.co/economia/el-valor-agregado-una-deuda-pendiente-en-exportaciones-532634>
- QS Top Universities (2022). *QS World University Rankings 2022*. <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2022>
- RPP Noticias (abril 16 de 2021). *Policía de Nueva York ya usa al perro robot “Spot” para vigilar las calles*. <https://rpp.pe/tecnologia/innovaciones/boston-dynamics-policia-de-nueva-york-ya-usa-al-perro-robot-spot-para-vigilar-las-calles-noticia-1331939>
- RPP Noticias (diciembre 22 de 2020). *La NASA quiere explorar Marte con perros robóticos con inteligencia artificial*. <https://rpp.pe/ciencia/espacio/au-spot-la-nasa-quiere-explorar-marte-con-perros-roboticos-con-inteligencia-artificial-boston-dynamics-noticia-1311196>
- Ruiz, F. (2017). *Diseño de proyectos STEAM a partir del currículo actual de educación primaria utilizando aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo, Flippedclassroom y robótica educativa*. [Tesis Doctoral, Universidad CEU Cardenal Herrera]. <https://bit.ly/2ZvFNby>
- Sanabria, P. E., Morales, M. E., y Montoya, I. A. (2023). Vínculos entre estrategia e innovación en el ámbito de las organizaciones. En A. Méndez Morales & Y. V. Duque Orozco (Eds.), *Diálogos sobre innovación* (pp. 33-69). Editorial Neogranadina. <https://doi.org/https://doi.org/10.18359/9789585103481>
- Sanabria, P. E., Ospina, M. R., y Zárata, B. (2020). Competencias profesionales en el campo de logística para Latinoamérica: un análisis desde Colombia. En L. A. Albornoz Rodríguez, A. E. Fernández Osorio Carlos, y A. Betancur Paniagua (Eds.), *Práctica pedagógica en el Ejército Nacional de Colombia: reflexiones en torno a la formación, la gestión educativa y la investigación* (pp. 21-62). Escuela Militar de Cadetes «General José María Córdova». <https://doi.org/10.21830/9789585241459.01>
- Sanabria, P. E. y Ospina, M. R. (2019). Competencias profesionales en el campo de administración: Un análisis para Colombia. *Ad-minister*, 15(19), 2-52. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/view/5111/4802>
- Sanabria, P. E., Morales, M. E., y Ortiz, C. (2015). Interacción Universidad y entorno: marco para el emprendimiento. *Educación y Educadores*, 18(1), 111-134. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/3932>
- Sanabria, P. E. (2019a). Una nueva connotación del riesgo social: La administración como mecanismo tecnocientífico. *Entramado*, 15(1), 24-46. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/5145/4363>
- Sanabria, P. E. (2019b). Hacia la construcción de una bioética administrativa: La bio-administración. *Universidad & Empresa*, 21(37), 170-203. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.6637>

- Sanabria, P. E. (2016). *Investigación en ciencias sociales y de gestión: Guía para el desarrollo de marcos metodológicos y procesos de investigación* (Working Paper). Universidad Militar Nueva Granada.
- Sánchez, L. (noviembre 2 de 2021). *Se sueña y se hace en el aula STEAM de la Universidad Nacional sede Manizales*. <https://www.lapatria.com/educacion/se-sueña-y-se-hace-en-el-aula-stem-de-la-universidad-nacional-sede-manizales-482627>
- Santillán, J. P., Jaramillo, E. M., Santos, R. D., y Cadena, V. d. C. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo del Conocimiento*, 5(8), 467-492. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1599>
- Santillán, J. P., Cadena, V. d. C., y Cadena, M. (2019). Educación Steam: Entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, 3(3.4), 212-227. <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/847>
- Semana (enero 16 de 2020). *¿Por qué caen las matrículas en las Universidades de Colombia?* <https://www.semana.com/educacion/articulo/por-que-caen-las-matriculas-en-las-universidades-en-colombia/648207/>
- Semana (agosto 20 de 2019). *Reflexiones sobre el ranking de Innovación*. <https://www.semana.com/opinion/columnistas/articulo/reflexiones-sobre-el-ranking-de-innovacion-por-juliana-sanchez-trujillo/275819/>
- Siemens (2020). *Educación STEM para la innovación - Iniciativa educativa en América Latina*. <https://educacion.stem.siemens-stiftung.org/iniciativa-stem/>
- Sima, V., Gheorghe, I. G., Subić, J., y Nancu, D. (2020). Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: A systematic review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10). doi:10.3390/SU12104035
- Soomro, M. A., Hizam-Hanafiah, M., Abdullah, N. L., Ali, M. H., y Jusoh, M. S. (2021). Embracing industry 4.0: Empirical insights from Malaysia. *Informatics [Revista electrónica]*, 8(2). doi: 10.3390/informatics8020030
- Superintendencia de Industria y Comercio (s. f.). *Colombia en ascenso en el ranking de innovación*. <https://www.sic.gov.co/ruta-pi/octubre-2022/editorial-pi/colombia-en-ascenso-en-el-ranking-de-innovacion>
- Sutton, A. H. (2016). La pregunta de investigación en los estudios cualitativos. *Investigación en Educación Médica*, 5(17), 49-54. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.riem.2015.08.008>
- Tamayo, M. T. (2011). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.
- Univisión Noticias (abril 30 de 2021). *Trabajos sin futuro: los 25 empleos que no debes buscar porque han ido desapareciendo en la última década*. <https://www.univision.com/noticias/estados-unidos/trabajos-sin-futuro-los-25-empleos-que-no-debes-buscar-porque-han-ido-desapareciendo-en-la-ultima-decada-fotos-fotos#7eff99340001>
- Vita, L. (2022). *IBM lidera el listado de compañías que registraron más patentes de utilidad en 2021*. Asuntos Legales. <https://www.asuntoslegales.com.co/actualidad/ibm-lidera-el-listado-de-companias-que-registraron-mas-patentes-de-utilidad-en-2021-3353166>
- Vygotsky, L. (1930). *Mind in society*. Harvard University Press.
- World Intellectual Property Organization, WIPO (2021a). *Índice Global de Innovación*. https://www.wipo.int/global_innovation_index/es/2021/

- World Intellectual Property Organization, WIPO (2021b). *Global Innovation Index*. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021/co.pdf
- World Intellectual Property Organization, WIPO (2019a). *Índice Mundial de Innovación 2019*. https://www.wipo.int/pressroom/es/articles/2019/article_0008.html
- World Intellectual Property Organization, WIPO (2019b). *Global innovation index 2019 Colombia*. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019/co.pdf
- World Bank (2021). *Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>
- World Economic Forum, WEFORUM (2020). *Transformar la educación científica es crucial para nuestro futuro*. <https://es.weforum.org/agenda/2020/08/transformar-la-educacion-cientifica-es-crucial-para-nuestro-futuro/>
- World Economic Forum, WEFORUM (2018). *Las máquinas harán más tareas que los humanos para 2025, pero aun así la revolución robótica creará 58 millones de nuevos empleos en los próximos cinco años*. https://reports.weforum.org/future-of-jobs-2018/files/2018/09/FoJ18_ES.pdf
- Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, M. G., y Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. *Processes* [Revista electrónica], 7(1). <https://doi.org/10.3390/pr7010036>