



Panoramas de producción y redes de colaboración científica. Indicadores y comparativos. Suramérica y otros países¹

Nubia Yaneth Gómez Velasco²

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Grupo de Investigación GAMMA e HISULA
<https://orcid.org/0000-0001-7745-1721>

Luisa Fernanda Ayala Montoya³

City College of San Francisco, Estados Unidos
Grupo de Investigación GAMMA
<https://orcid.org/0000-0002-4376-6546>

Nancy Sofía Gómez Velasco⁴

Instituto de Formación Técnica Profesional Humberto Velásquez García - INFOTEP
Grupo de Investigación GRUPINS
<https://orcid.org/0000-0001-8824-7283>



Artículo de Investigación

<https://doi.org/10.19053/01227238.15690>

Historia del artículo:

Recibido: 07/02/2022

Evaluado: 15/06/2022

Aprobado: 26/07/2022

Como citar:

Gómez Velasco, Nubia Yaneth; Ayala Montoya, Luisa Fernanda; Gómez Velasco, Nancy Sofía. "Panoramas de producción y redes de colaboración científica. Indicadores y comparativos. Suramérica y otros países." Revista Historia de la Educación Latinoamericana vol. 24 no. 39 (2022).

1 Esta investigación organiza resultados de la investigación "Panorama de producción y redes de colaboración científica y un análisis comparativo a partir de indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación-CTeI", realizada en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por el grupo de investigación GAMMA y el grupo Historia y Prospectiva de la Universidad Latinoamericana (HISULA), con apoyo del grupo GRUPINS.

2 Profesora titular de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Doctora en Ciencias de la Educación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Magíster y Especialista en Estadística por la Universidad Nacional de Colombia y licenciada en Matemática y Estadística por la UPTC. Perteneciente al Grupo de Investigación en Estadística (GAMMA) y al grupo de investigación Historia y Prospectiva de la Universidad Latinoamericana (HISULA). Correo electrónico: nubia.gomez@uptc.edu.co

3 Economista de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Estudiante vinculada al City College of San Francisco (EE. UU.), perteneciente al Grupo de Investigación en Estadística (GAMMA). Correo electrónico: layala25@mail.ccsf.edu

4 Profesora titular del Instituto de Formación Técnica Profesional Humberto Velásquez García (INFOTEP). Magíster en Educación por la Universidad Simón Bolívar, sede Barranquilla. Perteneciente al grupo de investigación "GRUPINS". Correo electrónico: nancygomez@infotevhg.edu.co



Resumen

Objetivo: Realizar un análisis comparativo de la producción científica entre América del Sur y otras latitudes. Se aporta el estudio y análisis de variables en torno a la producción a partir de cartogramas, número de investigadores por millón de habitantes, recursos de inversión en CT&I y redes de colaboración, entre otros.

Originalidad/aporte: La producción de conocimiento científico se ha ido constituyendo en un factor importante en los países y en las instituciones de educación superior, al ser asociado como un indicador de desarrollo, con principios exigidos por agencias acreditadoras de calidad.

Método: Se enfoca bajo una estructura cuantitativa descriptiva, con ayuda de indicadores relacionales.

Estrategias/recolección de información: Recolección de información a través de los cartogramas con el fin de determinar la tendencia de brechas a partir de densidades de mapeo, mostrando un crecimiento notable en países de Asia. Colombia, al ser comparado con países de Sur y Centro América, muestra indicadores de producción por debajo de Brasil, Argentina y México, con menor recurso humano e inversión; sin embargo, al calcular valores relativos a su contexto, el panorama cambia sustancialmente.

Conclusiones: En relación con las redes de colaboración, motivadas por la crisis de pandemia, se concluye un incremento de participación internacional a través de las coautorías de los artículos científicos en el sector salud, con un promedio aproximado del 50 %. Se destaca que la mayor parte de estas investigaciones fueron realizadas en instituciones de educación superior.

Palabras clave: *Producción científica; Redes de colaboración; Indicadores relacionales; Análisis comparativos; Cartogramas.*

Production views and scientific collaboration networks. Indicators and comparatives. South America and other countries

Abstract

Objective: To carry out a comparative analysis of scientific production between South America and other latitudes. The study and analysis of variables related to production based on cartograms, number of researchers per million inhabitants, investment resources in ST&I and collaboration networks, among others, is provided.



Originality/contribution: The production of scientific knowledge has become an important factor in countries and higher education institutions, being associated as an indicator of development, with principles demanded by quality accreditation agencies.

Method: It is approached under a descriptive quantitative structure, with the help of relational indicators.

Strategies/information collection: Collection of information through cartograms in order to determine the trend of gaps from mapping densities, showing a remarkable growth in Asian countries. Colombia, when compared to countries in South and Central America, shows production indicators below Brazil, Argentina and Mexico, with less human resources and investment; however, when calculating values relative to its context, the picture changes substantially.

Conclusions: In relation to collaboration networks, motivated by the pandemic crisis, we conclude an increase in international participation through co-authorships of scientific articles in the health sector, with an average of approximately 50%. It should be noted that most of this research was carried out in institutions of higher education.

Keywords: *Scientific production; Collaboration networks; Relational indicators; Comparative analysis; Cartograms.*

Panorama da produção científica e das redes de colaboração. Indicadores e comparações. América do Sul e outros países

Resumo

Objetivo: Realizar uma análise comparativa da produção científica entre a América do Sul e outras latitudes. O estudo e análise de variáveis relacionadas à produção com base em cartogramas, número de pesquisadores por milhão de habitantes, recursos de investimento em ST&I e redes de colaboração, entre outros, é fornecido.

Originalidade/contribuição: A produção de conhecimento científico tornou-se um fator importante nos países e instituições de ensino superior, pois está associada como um indicador de desenvolvimento, com princípios exigidos pelas agências de acreditação de qualidade.

Método: É abordado sob uma estrutura quantitativa descritiva, com a ajuda de indicadores relacionais.



Estratégias/coleta de informações: Coleta de dados através de cartogramas, a fim de determinar a tendência de lacunas do mapeamento de densidades, mostrando um crescimento notável nos países asiáticos. A Colômbia, quando comparada aos países da América do Sul e Central, mostra indicadores de produção abaixo do Brasil, Argentina e México, com recursos humanos e investimentos menores; entretanto, ao calcular valores relativos ao seu contexto, o quadro muda substancialmente.

Conclusões: Em relação às redes de colaboração, motivadas pela crise pandêmica, concluímos um aumento na participação internacional através da co-autoria de artigos científicos no setor de saúde, com uma média de aproximadamente 50%. Deve-se notar que a maior parte desta pesquisa foi realizada em instituições de ensino superior.

Palavras-chave: *Produção científica; Redes de colaboração; Indicadores relacionais; Análise comparativa; Cartogramas.*

Introducción

El desarrollo de conocimiento es un tema fundamental para el desarrollo económico y social de los territorios. En las últimas décadas, las publicaciones se han ido constituyendo en un indicador de la producción científica a nivel macro, meso y micro, en diferentes áreas del conocimiento, con injerencia en procesos de acreditación institucional definidos por sistemas nacionales creados para tal fin⁵.

Bases internacionales que ofrecen el servicio de indexación, como Scopus o WoS, generan indicadores de calidad y visibilidad a fin de determinar el impacto de las publicaciones. Indicadores que, a pesar de notables críticas y resistencias, debido a sesgos de los sistemas de clasificación, oligopolio de ciertas bases de indexación o subrepresentación de la ciencia de América Latina⁶, siguen siendo referencia en varias latitudes del mundo e incluidos en modelos de categorización o medición de grupos de investigación, como es el caso de Colombia con Minciencias, que atribuyen una ponderación importante a esta tipología de productos⁷.

El análisis de la producción científica y sus dinámicas ha motivado investigaciones con una amplia gama de enfoques y variables de estudio, algunos orientados a estudiar de forma

- 5 Ley 30/1992 de 28 de diciembre, "por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior", art. 53; Consejo Nacional de Acreditación (CNA), Acuerdo 03 de 2014, "por el cual se aprueban los lineamientos para la Acreditación Institucional". https://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_Lin_Ins_2014.pdf.
- 6 Vincent Larivière, Stefanie Haustein y Philippe Mongeon, "The Oligopoly of Academic Publishers in the Digital Era", *PLoS ONE* vol. 10, n.º 6: e0127502, 2015; Eduardo Aguado López y Arianna Becerril García, "Revista *Investigación Económica*: análisis bibliométrico a partir de redalyc.org, 2005-2014", *Investigación Económica* vol. 75, n.º 295, 2016.
- 7 Colciencias, "Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación", 2015. <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/mediciondegupos-actene2015.pdf>



comparativa la producción científica en disciplinas, tal es el caso de Gómez y otros⁸, que abordan las publicaciones en el área de ciencias sociales y se proponen varios indicadores de corte relacional, con Colombia y México como países de estudio, basándose en los artículos de Scopus. Arriojas y Marín estudian la producción en ingeniería de Suramérica (2008-2018)⁹, encontrando un mayor número de documentos en Brasil y menor en Bolivia y Paraguay, evidenciando cifras preocupantes en el número de autocitas (citaciones internas del mismo país) con mayores porcentajes en Brasil y Colombia.

Otros estudios se enfocan en revisar la producción en algunas bases de indexación específica, como los de Carvajal y Carvajal¹⁰, quienes concluyen que Brasil, Colombia y Chile son los que contribuyen principalmente a la producción de documentos científicos visibles en SciELO, base con mayor cobertura latinoamericana.

En una línea análoga se encuentran estudios sobre la colaboración científica, redes e impacto de la publicación, mostrando cómo los procesos cooperativos tienen efectos en diferentes dinámicas de la producción científica, destacando la visibilidad internacional, con abordajes desde diferentes metodologías¹¹.

Desde la gestión del conocimiento, se analizan las actividades de publicación de los grupos de investigación¹², encontrando que los procesos de externalización y el capital tecnológico son factores positivos influyentes en la producción científica.

No se puede omitir que, dentro del desarrollo de la investigación científica, existen varios factores que tienen injerencia en la producción y visibilización del conocimiento¹³, entre ellos su asociación con el desarrollo económico y la inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI)¹⁴.

Desde varias décadas atrás, autores como Teitel¹⁵ indicaban que la comprensión de la relación existente entre crecimiento económico y desarrollo científico y tecnológico permitiría

- 8 Nubia Gómez *et al.*, "Comparación de la eficiencia científica entre Colombia y México a través de indicadores relativos de producción y calidad científica", *Revista Española de Documentación Científica* vol. 43, n.º 2, 2020: e262.
- 9 Danny D. J. Arriojas y Tomás D. Marín, "Producción científica en Ingeniería: análisis comparativo de países de Suramérica del 2008 al 2018", *Universidad y Sociedad* vol. 13, n.º 3, 2021.
- 10 Aarón E. Carvajal T. y Eduardo Carvajal R., "Producción científica en ciencias de la salud en los países de América Latina, 2006-2015: análisis a partir de SciELO", *Revista Interamericana de Bibliotecología* vol. 42, n.º 1, 2019.
- 11 Gregorio González Alcaide y Javier Gómez Ferri, "La colaboración científica: principales líneas de investigación y retos de futuro", *Revista Española de Documentación Científica* vol. 37, n.º 4, 2014; Ana E. Jiménez, Nubia Y. Gómez, Yolima Ayala y Sara C. Guerrero, "Estudio de la colaboración en publicaciones científicas. Facultad de Ciencias-UPTC, 2002-2014", *Saber, Ciencia y Libertad* vol. 13, n.º 1, 2018; Gómez *et al.*, "Comparación de la eficiencia científica".
- 12 Gladys Rueda Barrios y Manuel Rodenes Adam, "Factores determinantes en la producción científica de los grupos de investigación en Colombia", *Revista Española de Documentación Científica* vol. 39, n.º 1, 2016.
- 13 Unesco, *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia: Hacia 2030*. París: Ediciones Unesco, 2015.
- 14 Hendrick van den Berg, *Economic Growth and Development*. Singapore: World Scientific Publishing Company, 2016.
- 15 Simón Teitel, "Patents, R & D Expenditures, Country Size, and Per-Capita Income: An International Comparison", *Scientometrics* vol. 29, n.º 1, 1994.



comprender mejor los indicadores reportados, e indicaba la necesidad de profundizar en indicadores hacia ese objetivo. Necesidad aún más sentida en países de América Latina y el Caribe, que cuentan con brechas diferenciales de tipo económico¹⁶. Brechas que han fundamentado planteamientos sobre la importancia de promover políticas para difundir y compartir el conocimiento, especialmente en territorios de pocos recursos para CTeI¹⁷. Si bien existen publicaciones en torno a la comparación de las publicaciones científicas en diferentes áreas de conocimiento y latitudes, incluso apoyando recorridos históricos¹⁸, el tema sigue motivando otras investigaciones que permitan mayores acercamientos a la comprensión de elementos diferenciales de producción y redes de colaboración científica.

Frente a lo anterior, este artículo presenta un análisis de indicadores de producción a nivel global, a partir de cartogramas y gráficos que facilitan su comprensión. Adicionalmente, realiza un abordaje que permite comparar varios países de Sudamérica y Centroamérica a partir de indicadores absolutos y relacionales, estos últimos para una mayor comprensión dentro de sus realidades y contextos. Finalmente, se muestran redes de colaboración a partir de coautorías de publicación en países Iberoamericanos, en respuesta a los grandes interrogantes generados por el COVID-19, centralmente en el sector salud. Estos, entre otros estudios, pueden complementar la mirada desde otras ópticas de colaboración que se han abordado a partir de investigaciones como la realizada por Cuño y Soto¹⁹, quienes abordan el tema de internacionalización en casa a través de una experiencia de pasantía en el confinamiento del COVID-19 entre Colombia y España.

Esta investigación permite conocer resultados y dinámicas de producción científica y colaboración en diferentes latitudes y podrá servir a la comunidad nacional e internacional como referencia para plantear otros estudios especializados en la producción y difusión de la investigación. Así mismo, a los decisores de políticas institucionales, para sensibilizar sobre las brechas existentes en producción científica y la necesidad de usar indicadores que ayuden a comprender sus propios contextos.

Metodología

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, apoyado en indicadores de tipo cuantitativo que contribuyen a la comprensión de la actividad científica y permiten determinar dinámicas en torno a distribución geográfica, producción, colaboración, entre otros, facilitando

16 Aguado y Becerril, "Revista Investigación Económica".

17 Rodrigo Domínguez González y Manoel F. Martins, "Knowledge Management Process: a theoretical-conceptual research", *Gestão & Produção* vol. 24, n.º 2, 2017; Rosario Rogel-Salazar, Irvin Santiago-Bautista y Néstor Martínez-Domínguez, "Revistas científicas latinoamericanas de Comunicación indizadas en WoS, Scopus y bases de datos de Acceso Abierto", *Comunicación y Sociedad* vol. 14, n.º 30, 2017.

18 Ehyder M. Barbosa, Henry Vargas y Dustin T. Gómez, "Breve estudio bibliométrico sobre economía solidaria", *Cooperativismo & Desarrollo*, vol. 28, n.º 118, 2020.

19 Justo Cuño Bonito y Diana E. Soto A., "La internacionalización en casa. Una experiencia de pasantía en el confinamiento del Covid-19 en Colombia y España (2000-2020)", *Historia y Memoria*, n.º 25, 2022.

situar a un territorio, área temática o investigador, en un contexto mundial o regional de la productividad científica, con las limitaciones que esto puede tener²⁰.

La producción científica contemplada en el estudio hace referencia a artículos publicados en revistas cuyas áreas de conocimiento corresponden a ciencias de la tierra y el espacio, investigación biomédica, ingeniería y tecnología, física, biología, química, entre otras, reportados por el Banco Mundial y visualizados por DataBank²¹, el cual registra en su página una fecha de actualización de marzo de 2018.

La información y los cartogramas fueron tomados del sitio web Worldmapper²², categoría y subcategoría educación y ciencia, respectivamente. Los cartogramas se construyen a partir de una representación redimensionada de los territorios, según las variables de estudio, donde el tamaño de cada territorio es proporcional al valor obtenido en dicha variable; método de representación propuesto por Gastner y Newman²³, quienes basan el proceso de difusión de mapeo a partir de áreas con mayor a menor densidad. Worldmapper contiene información o estimaciones reportadas por diversas fuentes, entre ellas el Banco Mundial, la ONU, el PNUD, o bases especializadas construidas. Los colores del mapa agrupan los territorios en doce regiones geográficas²⁴.

Se complementó el estudio con indicadores tomados de la base EdStats del Banco Mundial, el cual, a través de sus fuentes internacionales, permitió consultar datos de desarrollo global actualizados o estimaciones nacionales y globales (fecha de actualización, 20 de diciembre de 2020). Así mismo, con información reportada en las bases de estadística de la Unesco²⁵, bajo temas de ciencia, tecnología e innovación: inversión en investigación y desarrollo (I+D) según el producto interno bruto (PIB), número de investigadores por millón de habitantes, producción según año, entre otros.

A partir de algunos datos reportados se plantearon indicadores de tipo relacional, que se encuentran expresados a través de una relación de cálculo entre el cociente de dos indicadores absolutos, siendo así para este artículo Indicador Relacional 1 (IR1), que se obtiene a partir del cociente entre la producción científica de un país y el número de investigadores que se encuentra registrado en ese país. El Indicador Relacional 2 (IR2), que permite relacionar la producción científica de un país y la inversión que destina ese país en I+D.

Finalmente, para las redes de colaboración científica y redes conformadas por la declaración de pandemia, se tomó como fuente centralmente la información reportada en el documento “La respuesta de la ciencia ante la crisis del COVID-19”²⁶, elaborado por el Observatorio

20 Zaida Chinchilla, “Cenciometría: Midiendo la productividad”, 2006. <http://www.med.uchile.cl/2005/agosto/2162-cenciometria-midiendo-la-productividad.html> (Consultado el 22 de julio de 2021); Miguel A. Pérez, “Usos y abusos de la cenciometría”, *Cinvestav* vol. 25, n.º 1, 2006.

21 <https://databank.worldbank.org/home.aspx> (Consultado el 3 de febrero de 2022).

22 https://worldmapper.org/maps/?_sft_product_cat=population-atlas (Consultado el 8 de marzo de 2022).

23 Michael T. Gastner y Mark E. J. Newman, “Método basado en difusión para producir mapas de igualación de densidad”, *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América* vol. 101, n.º 20, 2004: 7499-7504.

24 <https://worldmapper.org/about/>

25 <http://uis.unesco.org/>

26 <http://www.ricyt.org/2020/09/papeles-del-observatorio-no-16-la-respuesta-de-la-ciencia-ante-la-cri-sis-del-covid-19/>



Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS) de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) y la Red de Indicadores de la Ciencia y Tecnología (RICYT)²⁷.

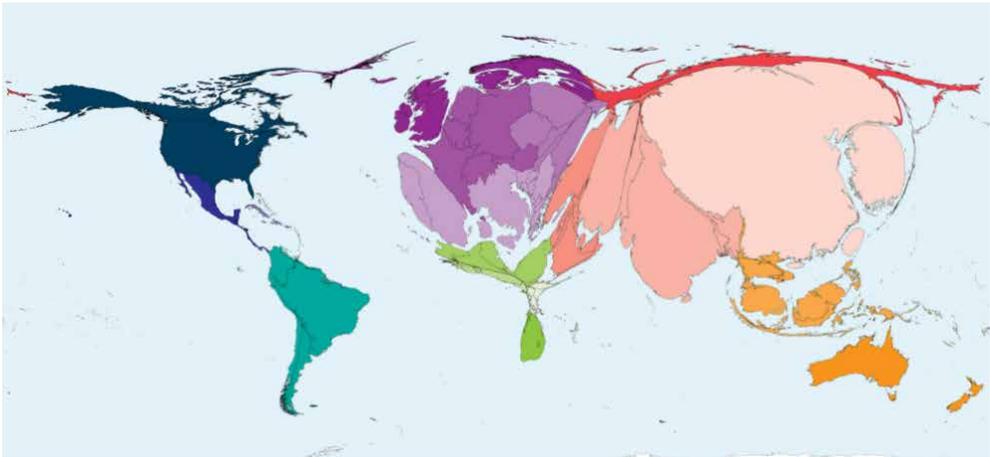
Resultados

Los resultados se organizan en tres secciones; inicialmente, un mapeo mundial de la producción científica abordado a partir de densidades de cartogramas; posteriormente, un comparativo centrado en algunos países de Suramérica y Centroamérica, a partir de indicadores absolutos y relativos; finalmente, un análisis de colaboración científica y conformación de redes, en tiempos de pandemia por COVID-19.

Cartogramas mundiales de la producción científica

La producción científica en diferentes lugares geográficos, entre 2005 a 2015, se presenta en el gráfico 1. La dimensión del tamaño geográfico del territorio representa la proporción de artículos publicados, con una relación directa al área, esto es, a mayor área, mayor producción científica y viceversa.

Gráfico 1. Producción científica, mapeo geográfico - Periodo entre 2005 y 2015



Fuente: Worldmapper.

El crecimiento de la producción científica identifica un notable crecimiento en territorios como China o India; Europa sigue generando una importante contribución a nivel de la producción global. En el mapa se observan territorios con una representación gráfica muy delgada, siendo así, por ejemplo, el caso de los territorios cercanos a Centroamérica, como El

27 Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología, Iberoamericana e Interamericana (RICYT), 2015. <http://www.ricyt.org/indicadores>. (Consultado el 15 de mayo de 2017).

Salvador, Nicaragua, Panamá, entre otros. Tal representación delgada implica que la producción entre el año base 2005 y diez años después, 2015, no fue notable o no hubo aumento.

El crecimiento de producción de artículos entre 2005 y 2015, según territorios, se evidencia en la tabla 1. La clave de color tiene asociación con los colores y territorios identificados en el gráfico 1.

Tabla 1. Crecimiento en la producción de artículos según territorios

Territorio	Clave de color	Número de artículos
Norteamérica		62846
América Central y el Caribe		7039
Suramérica		45326
Europa		193164
África		28280
Asia		438060
Sur este de Asia y Oceanía		56243

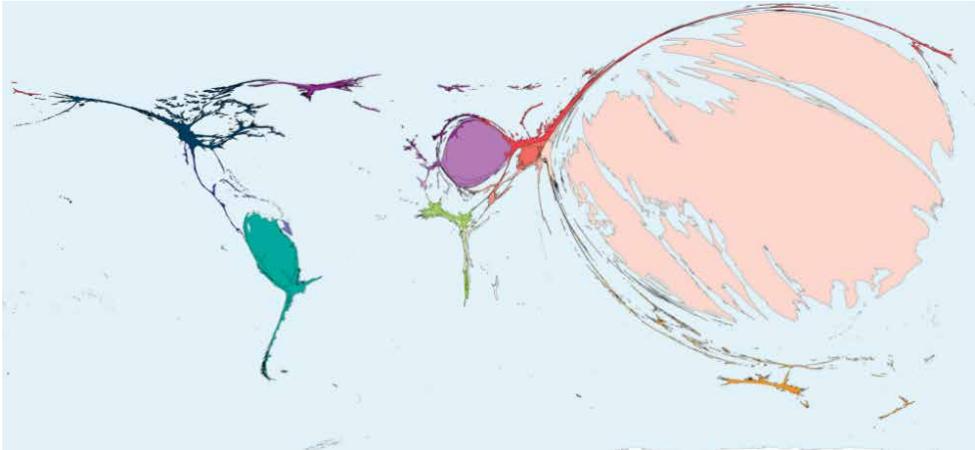
Fuente: Worldmapper.

Si bien se evidencia una contribución notable, en relación con la producción de conocimiento científico visible a partir de artículos en el periodo 2005-2015, otro indicador informativo de contraste es la tasa o ritmo de crecimiento, la cual refleja elementos complementarios y preocupantes para algunas regiones, por el declive de la ciencia entre 2005 a 2015²⁸ (gráfico 2). En el cartograma, el tamaño del territorio muestra la proporción del número de artículos del año 2015, tomando como base de referencia la proporción publicada en el año 2005. Así, entonces, se puede visibilizar la disminución de la investigación científica en algunos territorios, donde su tasa o ritmo de crecimiento ha sido menor.

28 <https://worldmapper.org/maps/science-decline-2005to2015/>



Gráfico 2. Declive de la producción científica. Comparativo entre los años 2015 y 2005



Fuente: Worldmapper.

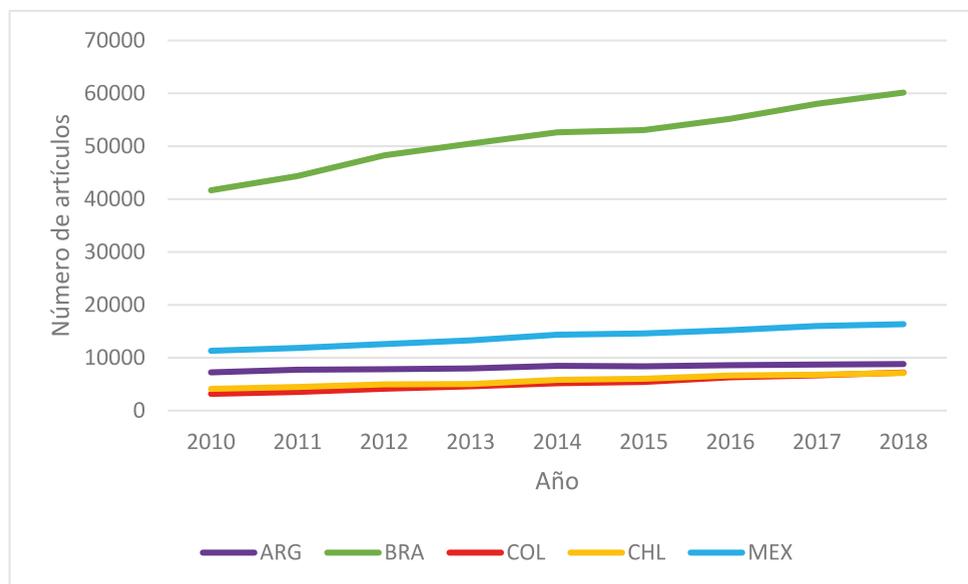
Se interpreta, a partir del gráfico 2, que Asia cuenta con un área notable y con representatividad espacial en el cartograma, lo que indica un aceleramiento de su producción. Europa y la parte norte de Suramérica tienen un área no tan delgada que refleja una tasa de crecimiento mayor, comparando la producción 2015 con el año base 2005. En contraste, el cartograma refleja la región de Norteamérica con una extrema delgadez, así como la zona de Centroamérica, lo que se interpreta con una tasa de crecimiento menor y muy inferior a la presentada en los países asiáticos.

A partir de los datos de la tabla 1 se puede encontrar la razón o relación del crecimiento de publicaciones al año 2015, así, entonces, al hacer el cociente entre los valores de Asia y Europa, se observa que, aproximadamente, por una publicación realizada en Europa, Asia producía 2,27 publicaciones ($438060/193164 = 2,27$) para el año 2015. Con un procedimiento similar, la relación entre Estados Unidos y Asia es de 1 a 6,97 artículos, y la relación entre Suramérica a Asia es de 1 a 9,66 artículos.

Comparativo de indicadores de producción científica. Países de Sur y Centroamérica

Con el fin de contar con un análisis que permita comparar Colombia frente al comportamiento de la producción científica, se seleccionan algunos países en el ámbito suramericano y centroamericano. En el gráfico 3 se observa el comportamiento de las publicaciones científicas y técnicas, según datos suministrados por el Instituto de Estadística de la Unesco. Se observa que la producción científica de Brasil supera ampliamente lo aportado por México, Argentina, Chile y Colombia. La pendiente de crecimiento entre los años 2010 y 2018 es más acelerada y notable en Brasil que en los otros cuatro países en mención. Se visualiza que la producción de Colombia se ha ido acercando del 2016 al 2018, a la realizada por Chile y Argentina.

Gráfico 3. Comportamiento de artículos en publicaciones científicas y técnicas. Países seleccionados de Sur y Centroamérica



Fuente: elaboración propia con base en datos del Instituto de Estadística de Unesco.

Un indicador que está asociado con la producción científica es la conformación de equipos de trabajo y recurso humano capacitado para el desarrollo de la investigación científica.

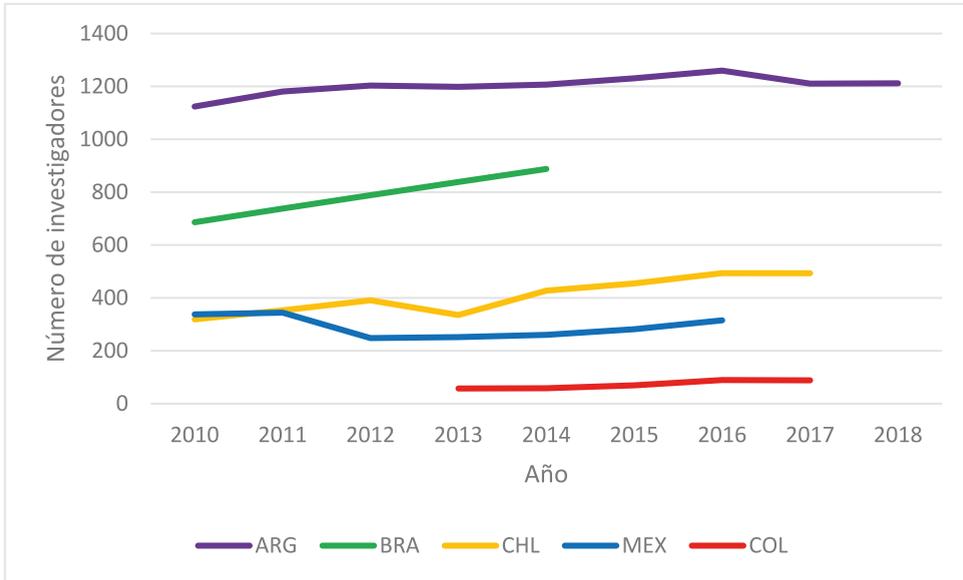
A partir de los datos de la Unesco²⁹, se encontró que, a nivel mundial, los países que cuentan con un mayor número de investigadores por millón de habitantes³⁰ son (con sus respectivos valores de investigadores x 10⁶ habitantes): Dinamarca, 7735,3; República de Corea, 7280,8; Suecia, 7156,9; Singapur, 6844,1; y Finlandia, 6793,6. Estos países tienen casi seis veces más que el promedio mundial, correspondiente a 1785,7 investigadores x 10⁶ habitantes. A nivel de América Latina y el Caribe (ALC), el promedio es de 580,17 investigadores x 10⁶ habitantes.

En el gráfico 4 se presenta el indicador número de investigadores por millón de habitantes, en algunos países de Sur y Centroamérica, en los últimos diez años. Se observa que Argentina cuenta con mayores registros en este indicador, con valores que duplican incluso la media de ALC. Brasil está por debajo de Argentina, pero también registra valores que superan el promedio de ALC; no es así en los casos de Chile, México y Colombia, que, de forma respectiva, presentan menor número en este grupo comparativo.

29 La base correspondiente registra, para la mayoría de los países, información hasta el año 2018. Se encuentran datos faltantes para algunos países. Promedio obtenido de los últimos cinco años.

30 Desde la base estadística de la Unesco se reporta el indicador de investigadores dedicados a I+D, por cada millón de habitantes. Los investigadores dedicados a I+D, corresponden a profesionales dedicados a la creación de conocimiento nuevo, procesos o métodos. Dentro de estos profesionales, se encuentran los estudiantes de doctorados incluidos en la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE), diseñada por la Unesco e implementada en diferentes países a partir del 2014 (página web UNESCO).

Gráfico 4. Número de investigadores por millón de habitantes



Fuente: elaboración propia con base en datos del Instituto de Estadística de Unesco.

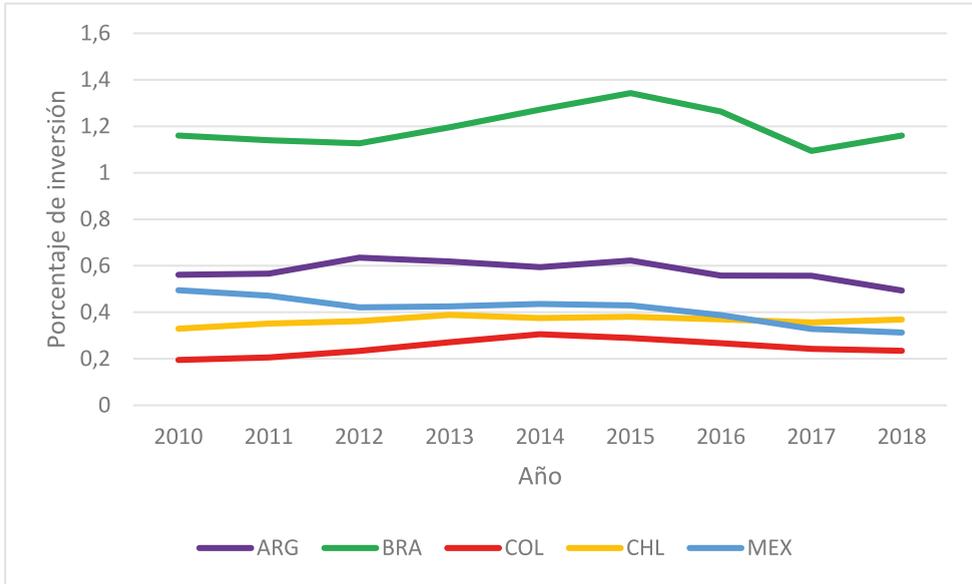
Otro indicador relacionado con la producción científica de un país corresponde a los recursos económicos destinados para su fomento y desarrollo³¹ como lo que se destina para inversión en CTel del PIB.

Según el Instituto de Estadísticas de la Unesco, los Estados miembros de la Dirección General de Investigación e Innovación de la Comisión Europea reportan el 23 % del gasto público en I+D mundial. Dentro de los procesos de consulta se logró encontrar que los cinco países que invierten más de su PIB en I+D, a corte del 2018, fueron Israel (4,95 %), República de Corea (4,81 %), Suiza (3,37 %), Suecia (3,34 %) y Japón (3,26 %). Estados Unidos ocupa el noveno lugar, con una inversión del 2,84 %. El promedio mundial del gasto en I+D es del 2,27 %, incluyendo países que en los últimos diez años registraron tendencia creciente en inversión. En América Latina, la inversión en I+D tiene un bajo crecimiento con tendencia a mantenerse constante en los últimos quinquenios. La mayoría de los países de ALC se visualizan muy por debajo del promedio mundial y con valores que distan más de cuatro puntos de Israel el país que más invierte.

En el gráfico 5 se presenta el comportamiento de I+D según el PIB de algunos países de Sur y Centroamérica: Brasil, Argentina, Colombia, Chile y México. Se observa que Colombia tiene menor inversión porcentual, con un promedio, en los últimos años, de 0,25 %.

31 Carlos López Vázquez y Miguel Bernabé Poveda, "La situación de la producción científica latinoamericana en el área de la Ciencia de Información Geográfica. *Revista Cartográfica*, n.º 100, 2020.

Gráfico 5. Porcentaje de inversión en I+D, según PIB



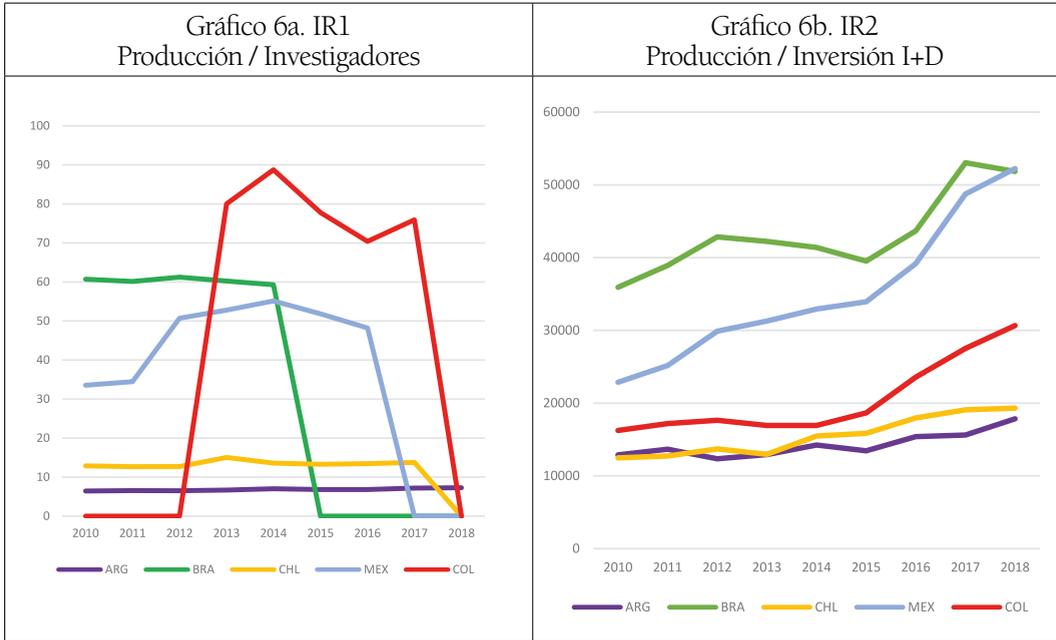
Fuente: elaboración propia con base en datos del Instituto de Estadística de Unesco.

Se visualiza que, en su orden, Brasil, Argentina, México y Chile superan la inversión realizada por Colombia en todo el periodo 2010-2018. Valores porcentuales que se encuentran en la franja del 0,2 % al 0,3 %, para Colombia reflejan un panorama crítico con respecto a la inversión en CTel, situación que incluso es más preocupante si se consideran las recesiones de inversión limitadas de forma notable por efectos de la crisis en distintos sectores producida por la pandemia COVID-19, no solo para Colombia sino para otros países vecinos. Desde los estudios del MEED, la deuda en los mercados emergentes y las economías en desarrollo han aumentado entre el 2020 y 2021, especialmente en países de bajos ingresos, entre ellos los de América Latina y el Caribe, llegando a niveles más altos que los presentados en más de cinco décadas³².

A partir de los indicadores absolutos ya expuestos, se presenta a continuación la propuesta de analizar desde otra perspectiva las cifras reportadas, considerando indicadores que permitan relacionar dos o más variables y así contextualizar la producción científica de las regiones con respecto a su propia inversión y condiciones. Bajo lo anterior, y considerando que la producción científica de un país tiene relación con el número de investigadores, se podría obtener el indicador relacional (IR1), visualizado en el gráfico 6a. De forma análoga, al considerar la publicación de artículos con relación a la inversión en CTI según el PIB, se propone la construcción del indicador relacional (IR2) para cada uno de los cinco países referidos anteriormente (gráfico 6b).

32 <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/657071588788309322-0050022020/original/GlobalEconomicProspectsJune2020RegionalOverviewLACSP.pdf>

Gráficos 6a y 6b. Indicadores Relacionales IR1 e IR2, para países seleccionados de Sur y Centroamérica



120

Fuente: elaboración propia con base en datos del Instituto de Estadística de Unesco.

El análisis de estos indicadores relacionales arroja resultados complementarios y genera contrastes con los representados anteriormente. En el gráfico 6a, se evidencia que Colombia, entre 2013 y 2017, presenta mejores resultados que los otros países en cuanto a la relación (IR1) producción vs. investigador por millón de habitantes. En relación con IR2, se muestra que Colombia, aun cuando invierte menos recursos, se encuentra con mejores resultados que Chile y Argentina, cuando se relaciona producción con respecto a la inversión en I+D (gráfico 6b).

Colaboración científica en tiempos de pandemia por COVID-19

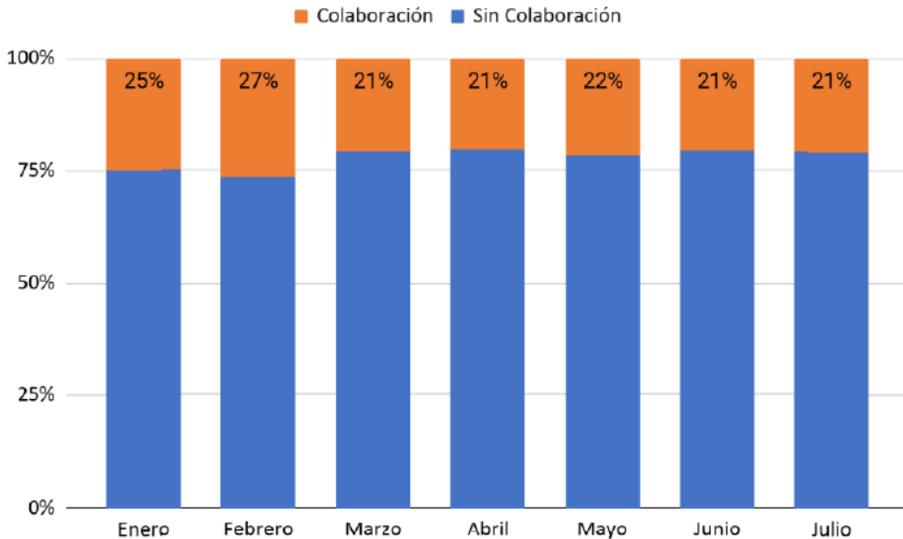
La cooperación científica y la conformación de redes constituyen un elemento fundamental en la producción de conocimiento, siendo los años 2020 y 2021 una muestra evidente de su importancia, por los nuevos retos asociados con la pandemia COVID-19, que ha motivado a investigadores de diferentes latitudes del mundo y disciplinas a unirse y generar procesos de colaboración, ante una situación desconocida y con efectos en distintos ámbitos³³.

Una ilustración de tal sentido de cooperación se puede evidenciar en los investigadores del sector salud o ciencias experimentales. Según el primer informe de la ciencia mundial e

33 Unesco. Global monitoring of school closures caused by COVID-19. <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse> (Consultado el 1 de abril de 2021).

iberoamericana ante la crisis del COVID-19, los indicadores de la colaboración internacional y nacional, en los primeros tres meses de la declaración de pandemia, estaban cercanos al 75 % (gráfico 7).

Gráfico 7. Artículos en colaboración internacional. COVID-19



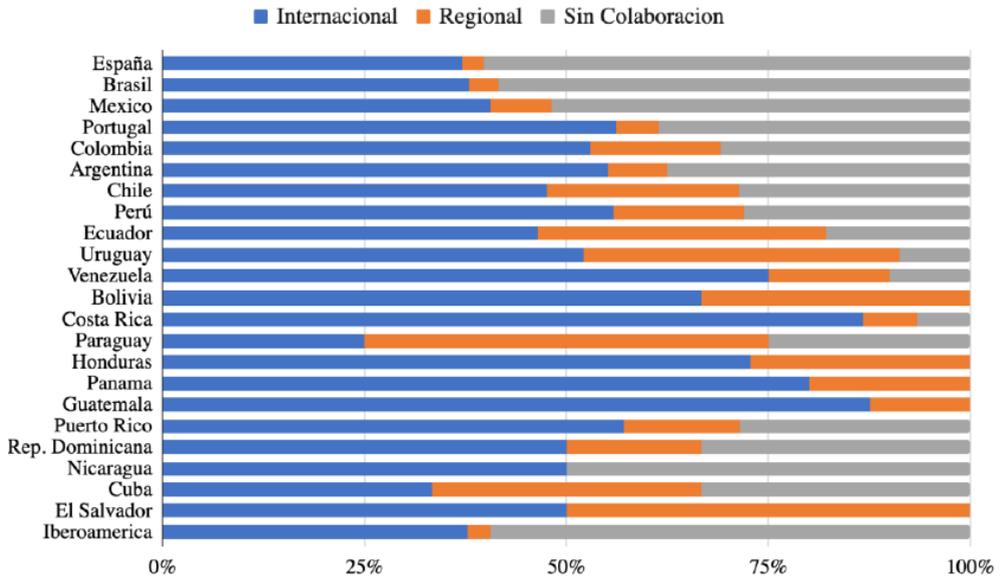
Fuente: Informe Mundial de la Ciencia³⁴

A cuatro meses de la declaración de pandemia, el panorama de la cooperación cambió notablemente. En el gráfico 8 se observa el comportamiento de la colaboración científica internacional y nacional (regional), en países iberoamericanos³⁵. En la mayor parte de los países, cerca del 50 % de los artículos publicados sobre el tema de COVID-19 se realizaron en colaboración internacional. Según datos del informe, la mayor parte de los artículos se llevaron a cabo bajo colaboraciones ya existentes, o que fueron reactivadas, bajo el objeto de describir de forma epidemiológica las características del COVID-19 y la viabilidad de su extensión a otras partes del mundo.

34 Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS), "La respuesta de la ciencia ante la crisis del COVID-19", *Papeles del Observatorio*, n.º 16, 2020. <http://www.ricyt.org/2020/09/papeles-del-observatorio-no-16-la-respuesta-de-la-ciencia-ante-la-crisis-del-covid-19/>

35 *Ibid.*

Gráfico 8. Patrones de colaboración. Publicaciones COVID-19 en países iberoamericanos



Fuente: Informe Mundial de la Ciencia³⁶.

122

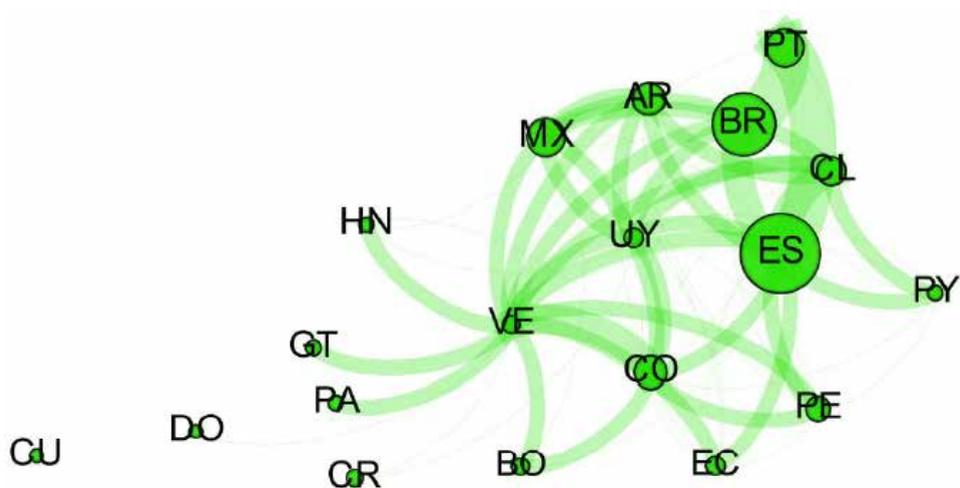
Al realizar un comparativo entre Colombia, Argentina, Brasil, Chile y México, se observa que los dos primeros países en mención tuvieron mayor porcentaje de colaboración internacional, con valores entre 55 % y 60 %, aproximadamente.

El gráfico 9 muestra la red de colaboración entre países iberoamericanos, en temas asociados con el COVID-19. Se visualizan algunos círculos de mayor diámetro, lo que representa un mayor volumen de publicaciones sobre el tema; así mismo, las conexiones o ramificaciones indican lazos cooperativos entre los países.

Se observa una mayor producción de publicaciones con filiación institucional de España, con redes y lazos más gruesos con Brasil y Chile, un poco menos definida con Colombia, Perú y Paraguay. En Colombia se tienen publicaciones en coautorías principalmente con España, Perú, Venezuela, Ecuador, Uruguay y Argentina.

36 *Ibid.*

Gráfico 9. Red de países iberoamericanos.
Publicaciones en coautorías COVID-19



España (ES), Brasil (BR), México (MX), Argentina (AR), Colombia (CO), Uruguay (UY), Paraguay (PY), Perú (PE), Chile (C), Venezuela (VE), Bolivia (BO), Puerto Rico (PT), Cuba (CU), Costa Rica (CT), Honduras (HN).

Fuente: Informe Mundial de la Ciencia³⁷ (OCTS, 2020)

En cuanto a las instituciones por país, el mayor número de publicaciones en Brasil estuvo liderado por la universidad de São Paulo; en España, por el Hospital Universitario la Paz; en Colombia, por la Universidad Tecnológica de Pereira; en México, el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y en Argentina por la Universidad de Buenos Aires³⁸.

Dentro de la gama de temas relacionados con el COVID-19 se pueden considerar diferentes ejes temáticos, entre ellos se destacan por el mayor número de publicaciones los de carácter biomolecular y funcionamiento de tipo genético; otra categoría se enfoca hacia las lesiones provocadas por el COVID-19. Un tercer grupo hace referencia a técnicas de diagnóstico. Un menor número de publicaciones tuvieron como objetivo determinar factores de riesgo o analizar los efectos psicológicos, el aislamiento social y el estrés; estos últimos temas, con mayor tendencia a ser publicados en países de Iberoamérica.

Conclusiones

El panorama mundial de indicadores en cuanto a la producción científica, visibilizada a través de cartogramas, permitió hacer más evidentes las grandes brechas que existen entre

37 *Ibid.*

38 *Ibid.*

los países de Asia, Europa y América del Norte con respecto a los países de Sudamérica. El análisis de indicadores en torno a inversión en I+D y número de investigadores por millón de habitantes, ratifica para el caso de América Latina un distanciamiento notable, situación que representa una mayor preocupación debido al retroceso ocasionado por la pandemia, en relación con los recursos de inversión y capital humano³⁹.

A partir del primer informe de la ciencia mundial⁴⁰ se refleja el fortalecimiento de redes internacionales y de cooperación, en escenarios a nivel de salud y demás campos del sistema de I+D, que estuviesen relacionados con el COVID-19. En el ámbito iberoamericano, las publicaciones científicas en torno a la pandemia fueron realizadas en un mayor porcentaje por instituciones de educación superior (IES), especialmente universidades; solo en España, el mayor número de publicaciones fue liderado por institutos de investigación u hospitales, evidenciando que las instituciones de educación superior, y en general el sector, también han aportado al estudio de esta problemática, a pesar de los mismos retos que se le presentan a la comunidad académica⁴¹.

A partir del análisis de indicadores absolutos se constató que, si bien Colombia presenta marcadas diferencias de inversión en I+D y número de investigadores por millón de habitantes con respecto a países homólogos como Argentina y México, los indicadores relacionales (IR1, IR2), mostraron valores más favorables a Colombia y, por el contrario, Argentina registra indicadores relativos más bajos, lo que ratifica la importancia de incluir este tipo de indicadores en el análisis de la producción científica de un país o una institución⁴².

Entre las diversas situaciones y reflexiones que ha develado o recalado la pandemia del COVID-19, una importante es la necesidad de contar con talento humano dedicado a la ciencia para el desarrollo de diferentes sectores en un país, entre ellos el factor salud. Dentro de otros elementos positivos que se pueden resaltar en las dinámicas de producción científica después de la declaración de pandemia COVID-19, es el fortalecimiento o reactivación de equipos colaborativos a nivel internacional a fin de dar respuesta a incertidumbres que se han suscitado con esta crisis. Gran parte de estas investigaciones han sido lideradas por universidades, que desde varios años atrás contemplan la importancia de la conformación de redes y que han sido impulsadas por algunas leyes de Estado, como es el caso de Colombia con la ley 30 de 1992⁴³.

A partir de esta investigación no se puede identificar si la colaboración científica o la conformación de redes se encuentra legalizada institucionalmente o qué tipo de formalidad se ha dado con ella, pero sí se detecta, desde las coautorías de las publicaciones, la cooperación entre investigadores de diferentes países, destacando en ello un esfuerzo importante al reco-

39 Gómez *et al.*, "Comparación de la eficiencia científica".

40 OCTS, "La respuesta de la ciencia".

41 Sara Cristina Guerrero, Beatriz Rojas García y Justo Cuño Bonito, "Enseñanza-Aprendizaje en matemáticas y estadística durante la COVID-19. Universidad de los Llanos, Colombia", *Revista historia de la educación latinoamericana* vol. 23 n.º 37, 2021.

42 Gómez *et al.*, "Comparación de la eficiencia científica".

43 Diana Elvira Soto A., "Redes universitarias en Colombia. Nueva concepción histórica para la universidad", *Revista historia de la educación latinoamericana* vol. 15, 2011.

nocer, como indican Gibbons y otros⁴⁴, que la colaboración científica es una realidad plural, compleja y cambiante, en donde se involucran diferentes actores sociales, organizaciones, disciplinas, y cuyos patrones y estrategias obedecen a diferentes lógicas.

Conflicto de interés

Las autoras declaran no tener conflicto de interés.

Financiamiento

Sin financiación

Referencias bibliográficas

- Aguado López, Eduardo y Arianna Becerril García. "Revista *Investigación Económica*: análisis bibliométrico a partir de redalyc.org, 2005-2014". *Investigación Económica* 75, n.º 295, 2016: 3-30. <https://doi.org/10.1016/j.inveco.2016.03.001>
- Arriojas Tocuyo, Danny D. J. y Tomás D. Marín Velásquez. "Producción científica en Ingeniería: análisis comparativo de países de Suramérica del 2008 al 2018". *Universidad y Sociedad* 13, n.º 3, 2021: 84-93.
- Barbosa Pérez, Ehyder M., Henry Vargas Pacheco y Dustin T. Gómez Rodríguez. "Breve estudio bibliométrico sobre economía solidaria". *Cooperativismo & Desarrollo*, 28, n.º 118, 2020: 1-20. <https://doi.org/10.16925/2382-4220.2020.03.05>
- Carvajal T., Aarón E. y Eduardo Carvajal R. "Producción científica en ciencias de la salud en los países de América Latina, 2006-2015: análisis a partir de SciELO. *Revista Interamericana de Bibliotecología* 42, n.º 1, 2019: 15-21. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v42n1a02>
- Chinchilla, Zaida. "Cinciometría: Midiendo la productividad", 2006. <http://www.med.uchile.cl/2005/agosto/2162-cienciometria-midiendo-la-productividad.html> (Consultado el 22 de julio de 2021).
- Colciencias, Dirección de Fomento a la Investigación. "Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación", 2015. <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/mediciondegupos-actene2015.pdf>
- Consejo Nacional de Acreditación (CNA). Acuerdo 03 de 2014, "por el cual se aprueban los Lineamientos para la Acreditación Institucional". https://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_Lin_Ins_2014.pdf
- Cuño Bonito, Justo y Diana E. Soto Arango. "La internacionalización en casa. Una experiencia de pasantía en el confinamiento del Covid-19 en Colombia y España (2000-2020)". *Historia y Memoria*, n.º 25, 2022: 345-381. <https://doi.org/10.19053/20275137.n25.2022.14542>
- Domínguez González, Rodrigo y Manoel F. Martins. "Knowledge Management Process: a theoretical-conceptual research". *Gestão & Produção* 24, n.º 2, 2017: 248-265. <https://doi.org/10.1590/0104-530x0893-15>
- Gastner, Michael T. y Mark E. J. Newman. "Método basado en difusión para producir mapas de igualación de densidad". *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América* 101, n.º 20, 2004: 7499-7504.

44 Michael Gibbons et al., *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Londres: Sage, 1994, 192.



- Gibbons, Michael, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott y Martin Trow. *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Londres: Sage, 1994.
- Gómez Velasco, Nubia, Ana Jiménez González, Julieth Rodríguez Gutiérrez y Mauricio Romero Torres. "Comparación de la eficiencia científica entre Colombia y México a través de indicadores relativos de producción y calidad científica". *Revista Española de Documentación Científica* 43, n.º 2, 2020: e262. <https://doi.org/10.3989/redc.2020.2.1644>
- González Alcaide, Gregorio y Javier Gómez Ferri. "La colaboración científica: principales líneas de investigación y retos de futuro". *Revista Española de Documentación Científica* 37, n.º 4, 2014: e062. <https://doi.org/10.3989/redc.2014.4.1186>
- Guerrero, Sara Cristina, Beatriz Rojas García y Justo Cuño Bonito. "Enseñanza-Aprendizaje en matemáticas y estadística durante la COVID-19. Universidad de los Llanos, Colombia". *Revista historia de la educación latinoamericana* 23 n.º 37, 2021. <https://doi.org/10.19053/01227238.11642>
- Jiménez, Ana E., Nubia Y. Gómez, Yolima Ayala y Sara C. Guerrero. "Estudio de la colaboración en publicaciones científicas. Facultad de Ciencias-UPTC, 2002-2014". *Saber, Ciencia y Libertad* 13, n.º 1, 2018: 304-318. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2018v13n1.2084>
- Larivière, Vincent, Stefanie Haustein y Philippe Mongeon. "The Oligopoly of Academic Publishers in the Digital Era". *PLoS ONE* 10, n.º 6: e0127502, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127502>
- Ley 30/1992 de 28 de diciembre, "por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior".
- López Vázquez, Carlos y Miguel Bernabé Poveda. "La situación de la producción científica latinoamericana en el área de la Ciencia de Información Geográfica". *Revista Cartográfica*, n.º 100, 2020: 173-193. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i100.641>
- Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS). (2020). "La respuesta de la ciencia ante la crisis del COVID-19". *Papeles del Observatorio*, n.º 16, 2020. <http://www.riicyt.org/2020/09/papeles-del-observatorio-no-16-la-respuesta-de-la-ciencia-ante-la-crisis-del-covid-19/>
- Pérez, Miguel A. "Usos y abusos de la ciencimetría". *Cinvestav* 25, n.º 1, 2006: 29-33.
- Rogel-Salazar, Rosario, Irvin Santiago-Bautista y Néstor Martínez-Domínguez. "Revistas científicas latinoamericanas de Comunicación indizadas en WoS, Scopus y bases de datos de Acceso Abierto". *Comunicación y Sociedad* 14, n.º 30, 2017: 167-196. <https://doi.org/10.32870/cys.v0i30.6514>
- Red de indicadores de Ciencia y Tecnología, Iberoamericana e Interamericana (RICYT), 2015. <http://www.riicyt.org/indicadores>. (Consultado el 15 de mayo de 2017).
- Rueda Barrios, Gladys y Manuel Rodenes Adam. "Factores determinantes en la producción científica de los grupos de investigación en Colombia". *Revista Española de Documentación Científica* 39, n.º 1, 2016: e118. <https://doi.org/10.3989/redc.2016.1.1198>
- Soto Arango, Diana Elvira. "Redes universitarias en Colombia. Nueva concepción histórica históricos para la universidad". *Revista historia de la educación latinoamericana* 15, 2011: 241-270. <https://doi.org/10.19053/01227238.1579>
- Teitel, Simón. "Patents, R & D Expenditures, Country Size, and Per-Capita Income: An International Comparison". *Scientometrics* 29, n.º 1, 1994: 137-159. <https://doi.org/10.1007/BF02018387>
- Unesco. Global monitoring of school closures caused by COVID-19. <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse> (Consultado el 1 de abril de 2021).
- Unesco. *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia: Hacia 2030*. París: Ediciones Unesco, 2015. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235407_spa (Consultado el 20 de abril de 2019).
- Van den Berg, Hendrick. *Economic Growth and Development*. Singapore: World Scientific Publishing Company, 2016. <https://doi.org/10.1142/9058>
- Velasco, N. Y. G., Rodríguez, O. Y. A., & Vargas, A. F. B. (2020). Historia y memoria: Casi 10 años consolidando comunidad historiográfica. Una mirada desde la Bibliometría. *Historia y Memoria*, 20, 209-247. <https://doi.org/10.19053/20275137.n20.2020.9558>