

CAPÍTULO VIII.

CONVERGENCIA DE TECNOLOGÍAS NANO, BIO, INFO Y COGNO: ¿A DÓNDE NOS TRAJO EL FUTURO?

CONVERGENCE OF NANO, BIO, INFO AND COGNO TECHNOLOGIES:
WHERE HAS THE FUTURE BROUGHT US?

Edward Andrés Benavides-Sánchez*

✉ edward.benavides@correounivalle.edu.co

📄 <https://orcid.org/0000-0001-9799-749X>

Camilo Andrés Castro-Ruíz*

✉ camilo.castro@correounivalle.edu.co

📄 <https://orcid.org/0000-0003-1808-2406>

Miguel Ángel Brand Narváez*

✉ miguel.brand@correounivalle.edu.co

📄 <https://orcid.org/0000-0002-0725-5976>

*Universidad del Valle – Sede Palmira
Colombia

Cita este capítulo:

Benavides-Sánchez, E. A., Castro-Ruíz, C. A. y Brand Narváez, M. Á. (2021). Convergencia de tecnologías nano, bio, info y cogno: ¿a dónde nos trajo el futuro?. En: Londoño-Cardozo, J. y Vásquez, O. I. (Eds. científicos). *La investigación en Administración: tendencias, enfoques y discusiones* (pp. 291-319). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

CONVERGENCIA DE TECNOLOGÍAS NANO, BIO, INFO Y COGNO: ¿A DÓNDE NOS TRAJÓ EL FUTURO?

Edward Andrés Benavides-Sánchez
Camilo Andrés Castro-Ruíz
Miguel Ángel Brand Narváez

Resumen

Objeto: Analizar la actividad científica que gira en torno a la convergencia tecnológica nano, bio, info y cognó de los últimos 20 años (2001-2021). **Referente teórico:** A inicios del milenio se llevó a cabo el Workshop denominado “Converging Technologies for Improving Human Performance” que marcaría el punto base para hablar de las convergencias de tecnologías en pro del mejoramiento del desempeño y bienestar del ser humano. **Aspectos metodológicos:** Es un estudio bibliométrico-descriptivo, desarrollado a través de la revisión de los artículos publicados en Scopus entre los periodos del 2001 hasta el 2021. Para la visualización de información y análisis bibliométrico, se utilizó el software VoSViewer que es una herramienta para representar las fuerzas de coautoría, coocurrencia, citación o enlaces de co-citación. **Resultados y discusiones:** Fue posible establecer las redes bibliométricas de los 938 documentos hallados en Scopus, pero solo 259 cumplieron este requisito, y evidencian cuáles fueron diadas de interés más representativas para los académicos, los países con mayor trayectoria de investigación en el área y las redes de trabajo, así como, los autores y estudios más relevantes en este

campo. **Conclusiones:** Existe una interdisciplinaridad inmersa en investigaciones aplicadas en la actualidad; abriendo camino para que diferentes campos de la ciencia convergieran o divergieran, en conjunto con el desarrollo de las tecnologías, para mejorar el rendimiento humano, los modelos de negocio disruptivos, aplicaciones tecnológicas para la solución de problemas complejos en la realidad social, económica, ambiental, incluso en la esfera política, espacial y militar.

Palabras clave: convergencia tecnológica, nanotecnología, biotecnología, infotecnología, cognotecnología.

Código JEL: M10, M13, L26

Abstract

Objective: to analyze the scientific activity that revolves around the technological convergence of nano, bio, info and cogno of the last 20 years (2001-2021). **Theoretical reference:** At the beginning of the millennium, the Workshop “Converging Technologies for Improving Human Performance” was held, which would mark the base point to talk about the convergence of technologies for the improvement of human performance and welfare. **Methodological aspects:** it is a bibliometric-descriptive study, developed through the review of articles published in Scopus from 2001 to 2021. For the visualization of information and bibliometric analysis, the VoSViewer software was used, which is a tool to represent the forces of co-authorship, co-occurrence, citation or co-citation links. **Results and discussions:** it was possible to establish the bibliometric networks of the 938 documents found in Scopus, but only 259 met this requirement, and show which were the most representative

dyads of interest for academics, the countries with the longest research trajectory in the area and the work networks, as well as the most relevant authors and studies in this field. **Conclusions:** there is an interdisciplinarity immersed in applied research at present; opening the way for different fields of science to converge or diverge, together with the development of technologies, to improve human performance, disruptive business models, technological applications for the solution of complex problems in the social, economic, environmental reality, even in the political, spatial and military sphere.

Keywords: converging technologies, biotechnology, nanotechnology, infotechnology, cognotecology.

Introducción

A veinte años de haberse llevado a cabo el célebre U.S Workshop en 2001 denominado “Converging Technologies for Improving Human Performance” (Roco y Bainbridge, 2003) y de haberse publicado el documento *Converging Technologies for Improving Human Performance: Integrating From the Nanoscale* (Roco y Bainbridge, eds., 2003), a través de los cuales se introdujo el concepto de la convergencia de varias ciencias y tecnologías basadas en sus propiedades (nano=átomos ; bio=células; info= bits; cogno=neuronas) y que las tres tecnociencias bio, info y cogno convergen en el campo de la nanoescala. Por tanto, resulta pertinente revisar si las premisas iniciales que dieron origen al concepto se han reflejado en los estudios publicados a lo largo de estas dos décadas en revistas indexadas (Wolfring, 2008).

La iniciativa documentada por Roco y Bainbridge (2002) tuvo el propósito de concentrar esfuerzos alrededor de ochenta líderes científicos, expertos de la industria y encargados de la formulación de políticas en diversos campos, para intentar unificar la ciencia basada en la unidad de la naturaleza, avanzando hacia la combinación de la nanotecnología, la biotecnología, la tecnología de la información y las nuevas tecnologías humanas basadas en la ciencia cognitiva.

La discusión enfatizó en las amplias posibilidades para los individuos, la sociedad y la humanidad a largo plazo a partir del desarrollo de tecnologías convergentes, integradas desde la nanoescala, lo cual podría determinar una enorme mejora de las capacidades humanas y de los resultados sociales (Roco y Bainbridge, 2002).

Dicha colaboración entre líderes permitió desarrollar una visión del potencial para mejorar las capacidades humanas físicas, mentales y sociales a través de la convergencia de las cuatro tecnologías. Los precursores propusieron seis premisas para un periodo de veinte años: a) El amplio potencial de las tecnologías convergentes; b) La ampliación de la cognición y la comunicación humana; c) El mejoramiento de la salud y la capacidad física humana; d) Mejora de los resultados de los grupos y la sociedad; e) Seguridad nacional, y f) Unificación de la ciencia y la educación (Roco y Bainbridge, 2002).

Ante dichos retos, predijeron que, si se tomaban las decisiones correctas, cualquiera de estas visiones podría ser alcanzada dentro de 20 años y que, por tanto, la convergencia tecnológica podría convertirse en el marco para la convergencia humana (Roco y Bainbridge, 2003).

Por tanto, el objetivo del presente estudio se centra en la investigación de publicaciones relacionadas con los términos nanotecnología, biotecnología, info-tecnología y cognotecnología (en adelante NBIC) de los últimos 20 años (2001-2021) en la base de datos de Scopus, de tal forma que se pueda observar las tendencias que se han desarrollado a partir de la convergencia.

Se espera que los resultados del estudio sirvan de base para posteriores investigaciones que permitan detectar emprendimientos surgidos de la convergencia, nuevos sectores de desarrollo, nuevas tendencias productivas y nuevos puntos de convergencia, entre otros.

De esta forma, se puede hablar de la convergencia de las tecnologías NBIC como un punto de partida para el surgimiento de investigación aplicada entorno a la organización (como unidad de análisis), estudiando los modelos de negocio que surgen a raíz de la disrupción y emergencia de productos/servicios derivados de las tecnologías de la convergencia, generando nuevas formas de administrar y un nuevo tipo de organizaciones, denominadas emergentes (*startup* y *spinoff*).

Marco teórico

Premisas iniciales de la convergencia

Roco y Bainbridge (2003) propusieron una serie de ideas y proyectos considerados “claves y visionarios” para cada una de las premisas, las cuales según la visión de los autores se cumpliría en un lapso de dos décadas. A continuación, la tabla 8-1 resume dichas proyecciones.

Para Roco y Bainbridge (2003) estas claves se configuran como el camino a seguir para continuar con lo que ellos denominan como el “nuevo renacimiento” de la ciencia y la tecnología, la cual converge en el campo de la nano escala con el propósito de comprender e intervenir sistemas de alta complejidad como lo es el cerebro humano. Aseguran además que, si se presta la debida atención a las cuestiones éticas y necesidades de la sociedad, el resultado de la convergencia puede ser una enorme mejora de las capacidades humanas, nuevas industrias y productos, resultados sociales y calidad de vida.

De esta forma se observa como la convergencia NBIC impacta todas las esferas de la vida humana, yendo desde la modificación del cuerpo humano, el surgimiento de tecnologías y modelos de negocio disruptivos que cambian el panorama productivo/empresarial, cambios en los hábitos de consumo y de relacionamiento social y en general, cambios radicales en la forma como se vive, los cuales nos dirigen hacia una *smartización*³ de la vida y la economía.

Convergencia – divergencia en la tecnología

El término convergencia tiene su campo de aplicación en la ciencia y la tecnología (C&T), incluye y transforma los diferentes campos de conocimiento, como por ejemplo la investigación y los ecosistemas de producción, potencializando la capacidad humana y de la máquina permitiendo sinergia, generando un valor evolutivo no lineal entre los objetos de estudio de la ciencia; es por ello que Roco y Bainbridge (2013) proponen el ciclo de actuación de la convergencia - divergencia (véase figura 8-1), del cual resultan cuatro fases de actividades interconectadas entre los campos.

3 El término “smartización” se interpreta como “[...] la potenciación del papel de la tecnología de la información digital en todos aspectos de la actividad productiva” p. 121. Retomado de Bashynska (2019). *Clarification of the definition and economic content of the category smartization.*

Tabla 8-1 .Ideas y proyectos visionarios clave en la convergencia

Tema	Ideas y proyectos visionarios clave
a) El amplio potencial de las tecnologías convergentes	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia de NBIC para la competitividad tecnológica y económica. - Nuevos modelos para la ciencia y la tecnología, la economía y la sociedad. - Mejora de las capacidades individuales y de grupo, de la productividad y del aprendizaje. - Entornos sostenibles e “inteligentes”. - Cambio de las actividades humanas hacia la “era de la innovación”.
b) La ampliación de la cognición y la comunicación humana	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto Cognoma Humano y evolución cognitiva. - Interacciones cerebro-cerebro y comunicación en grupo. - Cognición espacial y lenguaje visual mediante tecnologías convergentes. - Herramientas mejoradas para el aprendizaje y la creatividad. - Ciencia predictiva del comportamiento social.
c) El mejoramiento de la salud y la capacidad física humana	<ul style="list-style-type: none"> - Cuidado de la salud, reemplazos corporales y autorregulación fisiológica. - Interfaces cerebro-máquina e ingeniería de neuromorfización. - Mejora de las capacidades sensoriales y ampliación de las funciones. - Mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad. - Envejecer con dignidad y prolongar la vida.

d) Mejora de los resultados de los grupos y la sociedad	<ul style="list-style-type: none"> - El comunicador: mejora la interacción y la creatividad grupales. - Ingeniería cognitiva y mejora de la productividad. - Productos revolucionarios, incluidos los “aviones del futuro”. - Sociedad en red, con cultura bio-inspirada.
e) Seguridad nacional	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora de la capacidad física y mental de un soldado. - Mejora de las herramientas de preparación y anticipación de amenazas. - Dispositivos de detección vinculados globalmente. - Vehículos de combate no tripulados.
f) Unificación de la ciencia y la educación	<ul style="list-style-type: none"> - Unificando la ciencia desde la nanoescala y los principios integradores. - Cambios cognitivos, cívicos y éticos en una sociedad en red. -Amplitud, profundidad, “zonas comerciales” y remodelación de la educación en todos los niveles. - Cambio de la cultura humana.

Fuente: Elaboración propia con base en Roco y Bainbridge (2003).

Fase A (Creativa) [Convergencia]. Componente creativo que se interrelaciona con las contribuciones de los múltiples campos del conocimiento y que conduce a nuevos conceptos o ideas.

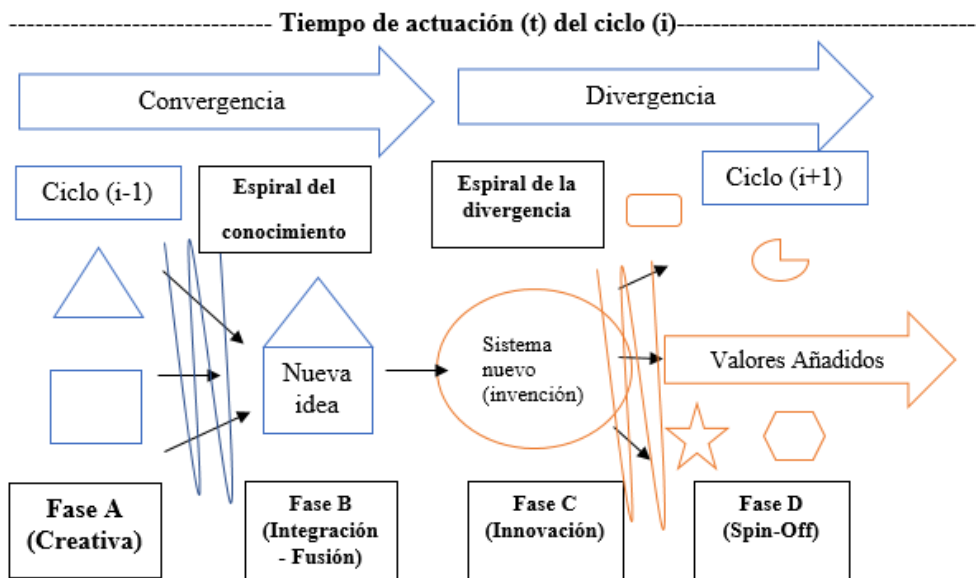
Fase B (Integración - Fusión) [Convergencia]. Ensamblaje de los sistemas que conducen a una nueva invención.

Fase C (Innovación) [Convergencia/Divergencia]. Resultados del componente creativo y la innovación tecnológica que conducen a nuevos productos y aplicaciones (Innovación).

Fase D (Spin-Off) [Convergencia/Divergencia]. Resultados derivados que conducen a soluciones que no eran posibles antes y que producen nuevas competencias, herramientas y aplicaciones.

Adicional, la divergencia puede emerger en los umbrales de la integración de los conocimientos y la fase de la innovación, pero establecer conexiones entre ideas dispares e integrarlas a nuevas conexiones ¿explicaría la correlación entre el mundo de las ideas y la praxis de la ciencia?

Figura 8-1. Fases de la Convergencia / Divergencia



Fuente: Tomado de Roco y Bainbridge (2013, p. 141).

En este sentido se propicia la evolución de la ciencia; existen numerosos estudios separados que describen las partes individuales:

en la fase creativa Lehrer, (2012), para la fase de ensamblaje, enfoque evolutivo, Goodman, (2014), y para la fase de innovación, –el entorno de innovación–, National Research Council/NRC, (2012); es decir, para las fases A y C del tiempo de actuación del ciclo, se comprime el conocimiento y en la fase D, de la etapa de divergencia se descomprime para formar nuevas ideas, un ejemplo de ello, es la difusión de conocimiento en redes, lo cual se puede ver en Liu, Jiang, Chen, Larson y Roco (2014).

Es por ello por lo que para la disciplina administrativa resulta fundamental el estudio de la tecnología, pues esta se ha convertido en un elemento transformador empleado para optimizar procesos, automatizar servicios y eliminar intermediarios. Se puede entender el concepto de “innovación disruptiva” como aquel que supone una ruptura en relación con productos y/o procesos existentes hasta ese momento, a los cuales reemplaza. Dicho término no era muy utilizado hasta la irrupción en el mundo de *startups* tecnológicas en el campo de los negocios que cambiaron para siempre sectores como el turismo, transporte, medios de comunicación y en general, los modelos de negocio de las empresas. Ejemplo de este tipo de empresas disruptivas a partir de fuertes apuestas en tecnología son Facebook, Twitter, Uber, Alibaba, etc. (Lawson, 2018, p. 8).

Por tanto, la investigación administrativa debe propender por el conocimiento de los modelos de negocio disruptivos que están cambiando no solo los mercados sino los modelos económicos, los modos de relacionarnos, las interacciones entre los diferentes grupos de interés, el trabajo, la educación, el ocio y las formas de organización social, entre otras (Lawson, 2018, p. 9).

De esta forma, la convergencia de tecnologías ha dado paso a nuevos modelos de negocio que están cambiando la economía, las expectativas de las personas y su comportamiento. Este proceso responde a una dinámica clara, a una estructura que se ha dado a lo largo de todas las olas tecnológicas y que sigue un proceso que empieza con: (1) un avance científico, (2) materialización en una nueva tecnología, (3) que llega y se incorpora al mundo de los negocios, y (4) cambia la organización económica y/o social (Lawson, 2018, p. 9).

Retos y Oportunidades

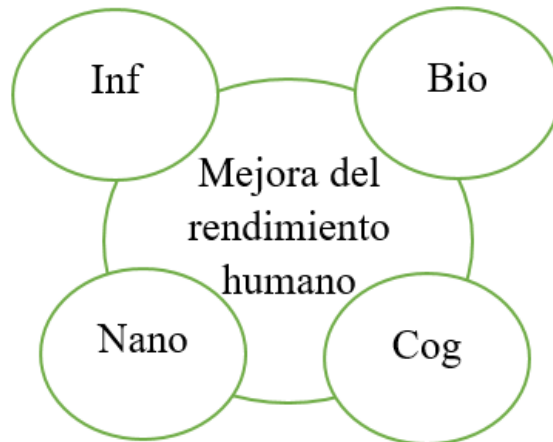
Hablar de convergencia significa, desde la perspectiva de Zamalvide (2019) “agrupar un conjunto de fenómenos asociados con los vínculos, interacciones y sinergias, entre múltiples campos de la investigación científica y el desarrollo e innovación tecnológica” (p. 60). Asimismo, dichos procesos son evidentes en el campo de las NBIC en el que se vinculan a un desarrollo interdisciplinario y se asocia a sectores como la ciencia –investigación y generación de conocimiento– para la solución de problemas con el desarrollo de nuevos productos, servicios y procesos.

Las tecnologías convergentes presentan retos y oportunidades para resolver problemas globales y con ello, una adaptación al paradigma que implique una nueva mirada a la economía. Es así como el emprendimiento juega un papel importante debido a los alcances que tiene, pues las NBIC son consideradas como una “innovación emergente”, donde la base dominante del comercio son sus productos, herramientas, sistemas, servicios y oportunidades que puedan aportar a mejorar los factores de la calidad de vida

para favorecer áreas sociales y con ello, el desarrollo del potencial humano (Pérez, 2001).

Adicional, la convergencia ha generado un avance en la ciencia dando respuesta a necesidades desde lo laboral, la salud, la seguridad, lo ambiental, entre otros. Asimismo, uno de los retos con estas tecnologías es abarcar otras áreas como son la pobreza y la inequidad de oportunidades de acceso a las tecnologías y/o sus beneficios, siendo una alternativa la oportunidad de emprendimiento, pues según Canton (2006) “[...] el NBIC puede desempeñar un papel vital en la normalización de los mercados [...] que son esenciales para una mejor forma de vida”. (p. 37) e ingresar en un nuevo paradigma que busca el mejoramiento y la eficiencia del ser humano con los aportes de la construcción de las NBIC (véase figura 8-2).

Figura 8-2. Los bloques de construcción de NBIC



Fuente: Tomado de NBIC Convergent Technologies and the Innovation Economy Challenges (2006. p. 38)

Otro reto de estas tecnologías convergentes es la producción de nuevos avances energéticos, con el fin de producir servicios que de cierta forma reemplacen o disminuyan el uso de las energías tradicionales, ya que estas son consideradas como el producto más importante –la moneda del mundo– que afecta a la sociedad, el medio ambiente y la producción, entre otras. De esto, subyace una idea actual de emprendimiento relacionada con la creación de “[...] nuevos centros de nanomateriales que está construyendo el Departamento de Energía de Estados Unidos para utilizar la nanotecnología como primer paso en innovaciones para la energía” (Canton, 2006, p. 42).

Metodología

Este es un estudio bibliométrico-descriptivo, desarrollado a través de la revisión de los artículos publicados en Scopus en el periodo 2001 a 2021. Para la visualización de información y análisis bibliométrico, se utilizó el software VoSViewer que es una herramienta para representar las fuerzas de coautoría, coocurrencia, citación o enlaces de co-citación (Eck y Waltman, 2019).

Los datos se buscaron con el siguiente booleano: Scopus: (TITLE-ABS-KEY (biotechnology) AND TITLE-ABS-KEY (nanotechnology) AND TITLE-ABS-KEY (infotecnology) AND TITLE-ABS-KEY (cognotecnology) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2001) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021))). Con los datos obtenidos se realizó un análisis bibliométrico el cual se importó a una base de datos para ser utilizada en el software referenciado, utilizando cinco estrategias de análisis (Torres y Torrell, 2020):

- **Citas de revistas:** Se analizaron las citas de revistas hechas por artículos de cada sujeto para determinar el grado de superposición entre las revistas citadas, es decir, las citas de revistas compartidas por las publicaciones de cada dúo o trío de sujetos (autores).
- **Análisis de autoría:** Se calculó el número de autores que ha publicado artículos en cada dúo, trío, cuarteto de sujetos, las afiliaciones se usaron para hacer un control de los homónimos.
- **Análisis de revistas:** Se calculó el número de revistas en las que se publicaron artículos de cada dúo o trío de autores.
- **Análisis de palabras clave:** Se utilizó el software VOSViewer para hacer un análisis de palabras clave en los títulos de los artículos de cada campo; se eligieron los títulos para el análisis de palabras clave ya que algunos registros carecen de campos como palabras clave de autor o resumen y el objetivo era incluir todos los registros en el análisis. Además, los títulos son buenos representantes de los temas de los artículos, especialmente en la ciencia.
- **Análisis por países:** se calcula el número de publicaciones por país en el cual se encuentra adscrita la editorial de la revista.

Cada uno de los anteriores métodos mide un aspecto de la relación, mientras que el análisis de palabras clave revela los conceptos y fenómenos compartidos; el análisis de citas muestra cómo un campo toma prestado el conocimiento de otro campo. La autoría muestra cómo se comparten los recursos humanos, el análisis de las revistas indica la integración de los diferentes campos al compartir las

salidas de publicación, y por último el análisis por países que indica los niveles de agregación (Arencibia y Carrillo, 2020).

Resultados y discusión

A partir de la herramienta VoSViewer fue posible establecer las redes bibliométricas de los 938 documentos hallados en Scopus; en el análisis de coocurrencia de palabras clave solo fueron tenidas en cuenta aquellas que tuvieran un número de ocurrencias mayor o igual a siete palabras. De la base de datos principal que identificó el programa, solo 259 cumplieron este requisito; se calculó la fuerza de los vínculos de coocurrencia y las que tuvieron mayor número de relaciones se clasificaron en clústeres⁴: 1-Convergencia tecnológica, 2- Tecnología. 3- Biotecnología, 4- Gestión de la Información.

Análisis de la autoría por área de conocimiento

Como se identifica en la figura 8-3, la coocurrencia de palabras clave y las que obtuvieron mayor frecuencia fueron las siguientes: *nanotechnology* y *technology*, emergiendo investigaciones con biotecnología (*biotechnology*) e inteligencia artificial (*artificial intelligence*). En cuanto al tipo de convergencia más predominante es el dúo *nano-bio*.

4 Es un conjunto de nodos estrechamente relacionados según el tipo de vínculo (Van Eck y Waltman, 2014)

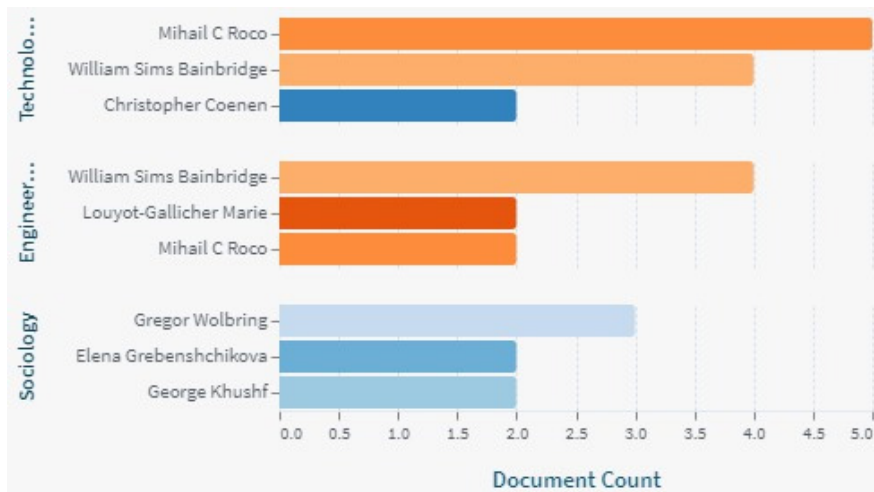
moderna, entendida como la “aplicación científica y tecnológica a organismos vivientes, sus partes, productos y modelos destinados a modificar organismos vivos y/o materiales aplicados a la producción de conocimientos, bienes y servicios” (OECD, 2006 citado por Bisang, Campi y Cesa, 2009, Roco, 2006). Es así como se observa que el componente biotecnológico ha tenido sus orígenes en el desarrollo de las vacunas, la aplicación de las leyes de Mendel en el terreno agrícola y el interés por descifrar el funcionamiento del ADN, entre otros.

Este tipo de tecnología, con su amplio conjunto de principios científicos y técnicos, puede ser usada de forma específica en actividades productivas, existiendo al menos tres alternativas:

- a) Mejora de los costos y desarrollo de productos tradicionales y productos innovadores.
- b) Diseño de nuevas especies aplicando ingeniería genética, brindando funciones y estructuras particulares, y
- c) Abre la puerta al funcionamiento de nuevas aplicaciones.

Por otro lado, en la figura 8-4 se muestra la evolución de los términos a través de los años en una línea temporal, reflejando las temáticas y recalcando que la nanotecnología está llegando a los cimientos de todos los sistemas vivos y artificiales, avanzando hacia la medicina molecular y el diseño de nano-biosistemas; la tecnología de la información empieza a manejar bases de datos lo suficientemente grandes “Big Data” como para realizar evaluaciones cuantitativas de los estudios sociales y así empezar a conectar los fenómenos físico-químicos del cerebro con el comportamiento (Roco, 2002).

Figura 8-5. Autor por área de conocimiento



Fuente: Elaboración propia

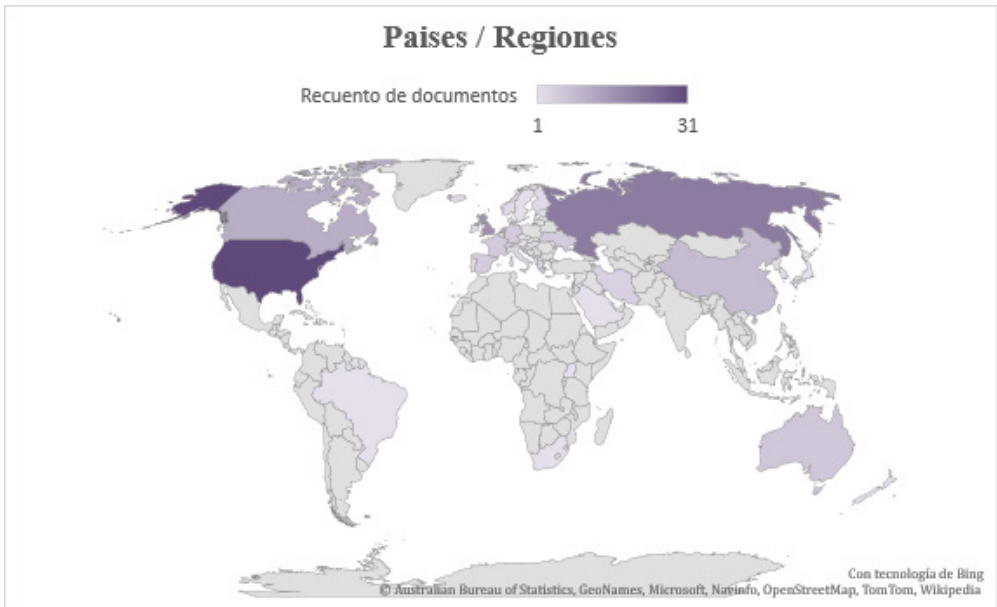
Se destaca que, de los cuatro campos de la NBIC, la ciencia cognitiva (donde emerge la sociología), la psicología, la lingüística, la antropología cultural, la neurociencia y la ciencia política, no han participado de forma significativa en el desarrollo de la ciencia, a pesar de que muchos sociólogos y politólogos hayan estudiado la formación y transmisión del conocimiento, ésta aún no es un área muy madura, pero sí muy prometedora.

- **Análisis por países y editorial.**

Para el análisis de coautoría por países se tuvo en cuenta, que por lo menos, hubiese presencia de cinco documentos por país y un número mínimo de cuatro citas. De los 38 países que fueron identificados en la base de datos, solo seis alcanzaron los umbrales; para cada uno de los países, se calculó el número total de los vínculos de coautoría, como se puede evidenciar en la figura 8-6 en el mapa

bibliográfico de coautoría por países. Estados Unidos es el país con mayor número de conexiones con (31) documentos, seguido por Rusia (21), Reino Unido (17), Holanda (13), Canadá (11) y China (8). Adicionalmente, en Latinoamérica, el único país que ha abanderado la temática es Brasil con un documento. En la figura 8-6 se aprecia como Estados Unidos y Rusia fueron los países precursores en las líneas de investigación y han incursionado de manera más reciente en temáticas de *Big-Data*, gestión de datos y *Meta-data*.

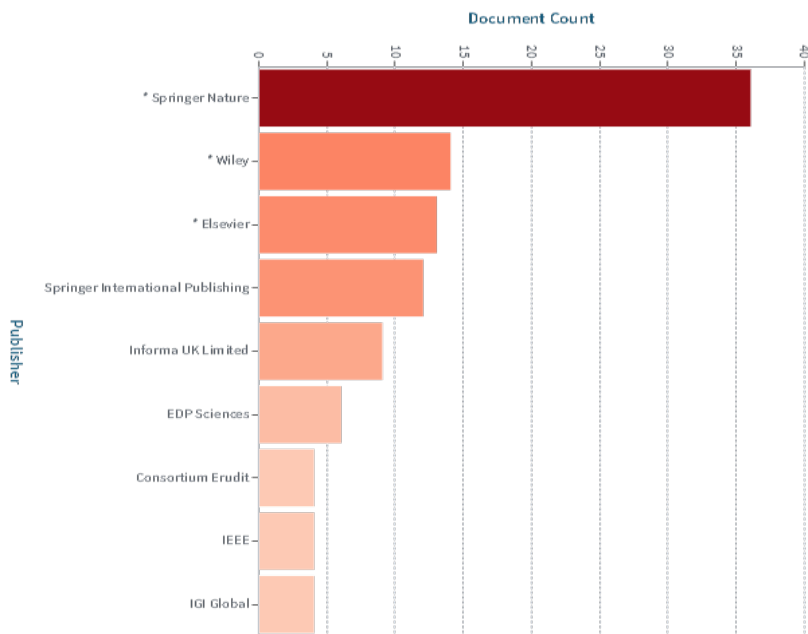
Figura 8-6. Análisis por países



Fuente: Elaboración propia procesado en Excel.

Entre el periodo del 2001 al 2021 la editorial Springer Nature presenta 37 documentos, Wiley 14 , Elsevier 13, Springer International Publishing 12, EDP Sciences 6 y Consortium Erudite, IEEE Systems Journal y IGI Global 4 (ver figura 8-7).

Figura 8-7. Análisis por editorial



Fuente: Elaboración propia procesado en Excel.

Conclusiones y lecciones aprendidas

En las últimas décadas, las técnicas y los métodos para cualificar las relaciones y similitudes interdisciplinarias de la ciencia se han fortalecido gracias a autores como Rafols, Porter, y Leydesdorff (2010), Raan, (1999) y Wagner, Roessner, Bobb. Klein, Boyack y Keyton, (2011) que han utilizado la técnica bibliométrica.

La incursión en el mundo de las nuevas tecnologías (industria 4.0) logró su masificación gracias al proceso de globalización, el cual trajo consigo cambios exponenciales en las vivencias del ser humano,

transformando las organizaciones y por ende la eficiencia y eficacia de las personas.

Algunos de esos cambios son las automatizaciones, los roles e interacciones, e incluso el reemplazo de ciertas profesiones, pero es vital resaltar que la convergencia de tecnologías no dejará a un lado la esencia del ser humano, posibilitando identificar problemas y necesidades profundas en la psique, debido a que la tecnología tiende a deshumanizar.

Al respecto se hace fundamental establecer los límites de la interacción entre la tecnología, la ciencia y la humanidad, donde los estudios deben ser rigurosos abarcando las normas y el marco jurídico para su desarrollo (Quintili, 2012; Roco y Bainbridge, 2005).

En general, existe una amplia gama de investigaciones sobre las convergencias tecnológicas y su interdisciplinariedad (Malone, 2004; Albright, 2006); las principales implicaciones giran en torno a:

- Herramientas y productos revolucionarios.
- El rendimiento humano cotidiano, como la eficiencia en el trabajo. La aceleración del aprendizaje y el aumento del rendimiento del grupo.
- Se prevén cambios en las organizaciones y los modelos empresariales, en las políticas de reconfiguración de la infraestructura, en el establecimiento de prioridades para la planificación de la I+D y en otras relaciones sociales.

- Se prevé el establecimiento de plataformas científicas y tecnológicas NBIC y la facilitación de la coevolución de las nuevas tecnologías y el potencial humano.
- Avanzar hacia un “dominio de información universal de intercambio” de ideas, modelos y culturas.

Ejemplo de lo anterior, son el uso de la inteligencia artificial en el campo de las cogno-ciencias, que busca el mejoramiento de la forma de aprender, la rapidez para el proceso de memorización y la búsqueda de soluciones complejas a problemas complejos; otro ejemplo es el desarrollo de la robótica y la nano-robótica aplicado al campo de la salud para la solución a enfermedades; otro ejemplo es la aplicación de plataformas tecnológicas como medios para las relaciones económicas y sociales, que traen consigo nuevas formas de comunicación, control, previsión y demás.

Es por ello por lo que de algún modo la convergencia de las nano-bio-info-cogno (NBIC), junto con las tecnologías más tradicionales, transitaron en los umbrales de las ciencias cambiando la forma en que se realiza la investigación, la fabricación de productos e incluso de patentes; además, la convergencia de las nuevas tecnologías afectará a las interacciones sociales. Por eso es importante cuestionarse el desarrollo responsable de la NBIC, por medio de la gobernanza, para mejorar, sin alguna duda, la competitividad económica y la democratización; la mejor ruta para llegar a ello, la propone Albright (2006), con un esquema que encamina el mercado y la estrategia competitiva, definiendo el plan de acción de los programas o proyectos clave que serán necesarios para inversión tecnológica (Phaal, Farrukh y Probert, 2004; Albright, 2002).

La identificación de áreas en las que existe una interacción entre los cuatro campos de convergencia tecnológica de la NBIC se asigna a las aplicaciones (retos), mostrando dónde se encontrarán, probablemente, las intersecciones y los facilitadores. Los campos tecnológicos podrían dividirse aún más y las aplicaciones podrían completarse, pero la segmentación tecnológica podría constituir la base de una arquitectura para un conjunto de hojas de ruta tecnológicas que muestren cómo se pueden implementar las futuras aplicaciones.

Finalmente, después de 20 años del célebre U.S Workshop en 2001 denominado “*Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science (NBIC): Converging Technologies for Improving Human Performance*”, y a partir de la revisión bibliométrica, se puede concluir que existe una interdisciplinaridad inmersa en investigaciones aplicadas en la actualidad; en pocas palabras, los autores desde su publicación abrieron el camino para que diferentes campos de la ciencia, en conjunto con el desarrollo de las tecnologías, trabajasen por separado o en conjunto y surgieran de estos desarrollos aplicados para el mejoramiento del rendimiento humano, modelos de negocio disruptivos, aplicaciones tecnológicas para la solución de problemas complejos en la realidad social, económica, ambiental e incluso en la esfera política, espacial y militar.

Referencias bibliográficas

Albright, R. E. (2002). How to use roadmapping for global platform products. *PDMA visions*, 26(4), 19-22. http://www.albrightstrategy.com/papers/Roadmapping_for_Global_Platform_Products.pdf. Albright, R. E. (2006). *Roadmapping*

- convergence. In *Managing nano-bio-info-cogno innovations* (pp. 23-31). Springer, Dordrecht. http://www.albrightstrategy.com/papers/Roadmapping_Convergence.pdf
- Bainbridge, W. S., & Roco, M. C. (2006). Progressive convergence. In *Managing nano-bio-info-cogno innovations* (pp. 1-7). Springer, Dordrecht. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-4107-1_1.
- Bashynska, I. (2019). Clarification of the definition and economic content of the category smartization. *Причорноморські економічні студії*, (43), 79-82.
- Bisang, R., Campi, M., & Cesa, V. (2009). *Biotecnología y desarrollo*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3650/S2009064_es.pdf?s
- Canton, J. (2006). NBIC convergent technologies and the innovation economy: challenges and opportunities for the 21st century. In *Managing nano-bio-info-cogno innovations* (pp. 33-45). Springer, Dordrecht. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-4107-1_4
- Goodman, E. D. (2014). Introduction to genetic algorithms. In *Proceedings of the Companion Publication of the 2014 Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation* (pp. 205-226). <https://doi.org/10.1145/2598394.2605335>
- Lawson, R (2018). *Modelos de negocios disruptivos*. Fundación Innovación Bankiter. <https://www.fundacionbankinter.org/documents/20183/156075/Modelos+Negocio+Disruptivos+Informe+2.pdf/e29a4961-1e52-4cfa-9de5-cc5576fab1d2>
- Lehrer, J. (2012) *Imagine: how creativity works*. New York: Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company.

- Liu, X., Jiang, S., Chen, H., Larson, C. A., & Roco, M. C. (2014). Nanotechnology knowledge diffusion: measuring the impact of the research networking and a strategy for improvement. *Journal of nanoparticle research*, 16(9), 1-15. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-014-2613-x>
- Malone, T. W. (2005). The future of work. In *Designing Ubiquitous Information Environments: Socio-Technical Issues and Challenges* (pp. 17-20). Springer. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/0-387-28918-6_2.pdf
- Mejias, Y., Cabrera N., Toledo, A, y Duany, O. (2009). La nanotecnología y sus posibilidades de aplicación en el campo científico-tecnológico. *Revista Cubana de Salud Pública*, 35. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662009000300006
- Mendoza, G., & Rodríguez-López, J. L. (2007). La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso. *Perfiles latinoamericanos*, 14(29), 161-186. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-76532007000100006&script=sci_abstract
- NRC (National Research Council of the National Academies) (2012) *Continuing innovation in information technology*. The National Academies Press, Washington, DC
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista CEPAL*, 75, 115-136 https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/34861/S2001538_es.pdf
- Phaal, Farrukh y Probert (2004). Technology roadmapping—a planning framework for evolution and revolution. *Technological forecasting and social change*, 71(1-2), 5-26. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162503000726>

- Quintili, M. (2012). Nanociencia y Nanotecnología... un mundo pequeño. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (42), 125-155. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5263478>
- Roco, M. (2006). The emergence and policy implications of converging new technologies integrated from the nanoscale. *Journal of nanoparticle research*, 7(2), 129-143. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-005-3733-0>
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2002). Converging technologies for improving human performance: Integrating from the nanoscale. *Journal of nanoparticle research*, 4(4), 281-295. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1021152023349>
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2005). Societal implications of nanoscience and nanotechnology: Maximizing human benefit. *Journal of Nanoparticle Research*, 7(1), 1-13. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-004-2336-5>
- Roco, M., y Bainbridge, W.S. (2013). *Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. Springer Science & Business Media. <https://www.springer.com/gp/book/9781402012549>
- Van Eck, N, & Waltman, L. (2011). *Text mining and visualization using VOSviewer*. arXiv preprint arXiv:1109.2058. <https://arxiv.org/abs/1109.2058>
- Van Eck, N.; Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. En Ding, Y.; Rousseau, R.; *Measuring Scholarly Impact*. Springer, Cham. pp 285-320
- Wolfram, D. (Eds.), *Measuring scholarly impact: Methods and practice*. pp. 285-320. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-10377-8_13
- Wolbring, G. (2008). Why NBIC? Why human performance enhancement? *Innovation: The European journal of social*

science research, 21(1), 25-40. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13511610802002189>

Zamalvide, M. (2018). ¿Qué factores facilitan u obstaculizan los procesos de convergencia? Un aporte desde la sociología de la ciencia. En Red Temática CONACYT “Convergencia de conocimiento para beneficio de la sociedad” en Oliver, R. & Stezano, F. (Eds.). *Convergencia de conocimiento: su relevancia temática para una agenda de futuro en México*. E.