

# Ciencias y tecnologías convergentes (NBCI): fundamentación teórica de la Maestría en Bioingeniería y Nanotecnología

Óscar Leonardo Herrera Sandoval\* y Yaneth Vásquez Ochoa\*\*

La convergencia científica-tecnológica se refiere a la combinación sinérgica de cuatro disciplinas “NBCI” (Nano, Bio, Info, Cogno), que han tenido un rápido avance en el desarrollo de investigaciones en áreas como: (1) nanociencia y nanotecnología; (2) biotecnología y biomedicina, incluyendo ingeniería genética; (3) tecnología de la información, incluida la informática y las comunicaciones avanzadas, y (3) ciencia cognitiva, incluida la neurociencia cognitiva.

Son numerosos los ejemplos del impacto que la convergencia científico-tecnológica ha logrado desde hace poco más de una década en nuestra sociedad. Dentro de los más destacados se pueden mencionar: los avances en el campo de las neuroprótesis, mediante las cuales un paciente con tetraplejía puede mover a voluntad un brazo robótico, gracias a una serie de microelectrodos conectados directamente a la corteza motora, como parte de una interface cerebro-máquina (Collinger *et al.*, 2013; Hochberg *et al.*, 2012); el desarrollo de nanobiosensores que pueden ser empleados para identificar agentes patógenos de difícil diagnóstico en humanos (Liu *et al.*, 2012) o para la identificación de toxinas, pesticidas, antibióticos y diversos contaminantes en alimentos (Yang *et al.*, 2016), donde las estructuras biológicas sensibles al agente que se debe detectar son interconectadas con los arreglos no biológicos, mediante los cuales se pueden cuantificar los niveles presentes en una muestra; el diseño de estructuras a nanoescala que facilitan la adhesión celular, así como la proliferación celular para la regeneración celular y para la ingeniería de tejidos (Souza *et al.*, 2014), y el uso de sistemas operados remotamente para el desarrollo de cirugías, bien sea para dar el tratamiento requerido por un paciente que se encuentra distante del especialista, bien para la planeación de cirugías con alto riesgo o incluso para el entrenamiento del personal médico, en los cuales un robot desarrolla actividades de alta precisión directamente sobre un paciente (Galluzi *et al.*, 2015).

\* Físico de la Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero electrónico de la Universidad Antonio Nariño (Colombia). MSc. en Ingeniería Electrónica y Computadores de la Universidad de Los Andes (Colombia). Ph.D. en Nanotecnología Università Degli Studi Di Genova (Italia). Posdoctorado en Nanotecnología en Technische Universität Darmstadt (Alemania). Profesor asociado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central. Correo: oherreras@ucentral.edu.co

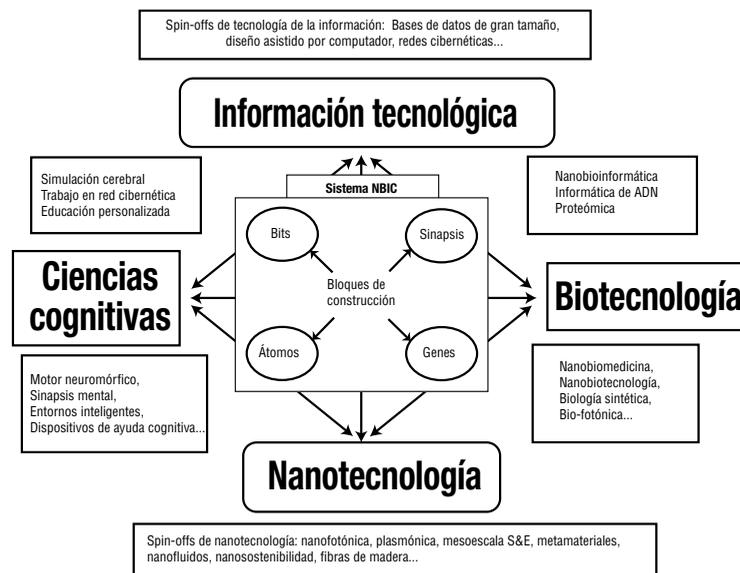
\*\* Licenciada en Química y Biología de la Universidad Libre de Colombia. MSc. en Ciencias Biológicas y Ph.D. en Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Javeriana. Profesora asociada de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central. Correo: ovasquezo@ucentral.edu.co

La convergencia científico-tecnológica es considerada el motor del desarrollo del siglo XXI (Bainbridge & Roco, 2016) y sus bases provienen de la Teoría General de los Sistemas (TGS) y la cibernética. Dos principios de la TGS nos proporcionan los elementos de análisis: por una parte, el primero plantea la superposición de los sistemas que permite configurar sistemas de mayor nivel y complejidad, con lo cual señala un orden jerárquico. El segundo principio es el isomorfismo de las leyes fundamentales de las ciencias, donde algunas leyes generales aplican para diversos sistemas independientemente de su naturaleza. Por otra parte, la cibernética, que se ocupa del mando, el control y las regulaciones de los sistemas, señala los escenarios en que la convergencia opera y operará.

Por tanto, estos campos del conocimiento transdisciplinarios nos muestran una nueva visión del mundo. Principios como la jerarquía, el isomorfismo de las leyes y la realimentación son algunos de los aspectos que pueden ser tomados como origen de los principios de la convergencia científico-tecnológica, los cuales se describen a continuación.

## 1. Unidad material a nanoescala

Este principio postula que es posible interpretar la convergencia tecnológica con base en la unidad material a nanoescala, lo cual da como resultado el uso de estructuras unificadas o módulos, tales como clústeres atómicos o biomoléculas. Roco y Bainbridge (2004) plantean como unidades básicas de la convergencia científico-tecnológica a las neuronas (o las sinapsis en un planteamiento más reciente; Roco *et al.*, 2013), los bits, los átomos y los genes (figura 1), es decir, las unidades básicas de construcción de la convergencia entre las ciencias de la vida, las ciencias físicas y la ingeniería.



**Figura 1.** Integración de la ciencia y la técnica a partir de "building blocks"  
 Fuente: adaptado de Roco y Bainbridge (2004).

## 2 La integración de ciencia y tecnología, caracterizada por la transformación e intercambio de instrumentos propios de cada campo

En el estudio de las unidades básicas de construcción de la convergencia ha sido necesario implementar instrumentos científicos, métodos analíticos y nuevos materiales provenientes de diferentes campos científicos. Estos instrumentos propios de cada campo han encontrado una serie de articulaciones que permiten aproximar, ya no solo el conocimiento, sino también las estrategias de uso de dichos instrumentos y de los “nuevos” métodos aplicables a los elementos de estudio. La fisicoquímica de materiales, junto con el procesamiento de señales, los sistemas de control, las técnicas de la biología molecular o el procesamiento de imágenes, evidencian la integración que emerge en el ámbito tecnológico gracias a las posibilidades de intercambio de instrumentos propios de cada campo.

## 3. Sistemas jerárquicos y complejos

El concepto de *sistema* es entendido como un conjunto de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que se mantienen unidos de manera estable y cuyo comportamiento persigue un objetivo (Arnold & Orozco, 1998). Es fundamental señalar que en este principio se trabaja con sistemas que mantienen estructuras jerárquicas, es decir, que pueden ser modelados mediante sistemas conformados a su vez por otros subsistemas (Roco & Bainbridge, 2004; Roco *et al.*, 2013). Los modelos complejos indican la cantidad de elementos presentes en un sistema, sus potenciales interacciones y el número posible de estados que se producen a partir de estos.

## 4. El esfuerzo por mejorar las condiciones de vida humana, con las correspondientes implicaciones éticas

Este es quizás uno de los mayores paradigmas de la evolución de los conceptos de la TGS y la cibernética. Los avances generados por la convergencia científico-tecnológica de los últimos quince años, sumados al potencial de inversión que movilizan estos nuevos campos (Roco *et al.*, 2013), ponen en el centro de la discusión la posibilidad de manipular la naturaleza, ya no solo a nivel físico, sino también a nivel biológico, con las consideraciones éticas que esto implica. Este planteamiento es, entonces, una de las bases de discusión más importantes que facilita la convergencia entre las posiciones de las ciencias sociales, las ciencias humanas con las ciencias naturales y la ingeniería, y sobre la cual el desarrollo de los modelos económicos, sociales y culturales en los próximos años puede llegar a transformarse significativamente.

La convergencia científico-tecnológica entre las cuatro áreas centrales (Nano, Bio, Info, Cogno), soportada por los principios y conceptos de la TGS y la cibernética, demarca el objeto de estudio de la Maestría en Bioingeniería y Nanotecnología de la Universidad Central y la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud: “La aplicación de los conceptos y métodos de la ingeniería, con los principios de la convergencia científico-tecnológica, al estudio de sistemas biológicos y físicos para buscar solución a problemas de las ciencias de la vida”.

La trayectoria de nuestras dos instituciones nos permite asumir con suficiencia el desarrollo académico y disciplinar que este programa demanda. Nuestra infraestructura y la formación de los docentes que participan en el programa nos permiten implementar y potenciar la convergencia disciplinar indispensable para viabilizar este programa y garantizar su impacto social, que en últimas es nuestro mayor objetivo.

## Referencias

- Arnold, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. *Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, 3. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10100306>
- Bainbridge, W. S., & Roco, M. C. (2016). Science and technology convergence: with emphasis for nanotechnology-inspired convergence. *Journal of Nanoparticle Research*, 18(7), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11051-016-3520-0>
- Collinger, J. L., Wodlinger, B., Downey, J. E., Wang, W., Tyler-Kabara, E. C., Weber, D. J., & Schwartz, A. B. (2013). High-performance neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia. *The Lancet*, 381(9866), 557-564.
- Galluzzi, L., Pietrocola, F., Bravo-San Pedro, J. M., Amaravadi, R. K., Baehrecke, E. H., Cecconi, F., & Kimmelman, A. (2015). Autophagy in malignant transformation and cancer progression. *The EMBO Journal*, 34(7), 856-880.
- Hochberg, M. C., Altman, R. D., April, K. T., Benkhalti, M., Guyatt, G., McGowan, J., & Tugwell, P. (2012). American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Arthritis Care & Research*, 64(4), 465-474.
- Liu, Y. Y., Wang, Y., Walsh, T. R., Yi, L. X., Zhang, R., Spencer, J., & Yu, L. F. (2016). Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China: a microbiological and molecular biological study. *The Lancet Infectious Diseases*, 16(2), 161-168.
- Roco, M. C., Bainbridge, W. S., Tonn, B., & Whitesides, G. (2013). *Converging knowledge, technology and society: beyond convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies*. Springer. [http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-02204-2\\_208.pdf](http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-02204-2_208.pdf)
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2004). Converging technologies for improving human performance. *Journal of Nanoparticle Research*, 6(6), 671-671. <https://doi.org/10.1007/s11051-005-2296-4>
- Souza Carvalho-Wodarz, C., Repnik, U., Collnot, E. M., Schneider-Daum, N., Griffiths, G. W., & Lehr, C. M. (2016). A 3D co-culture of three human cell lines to model the inflamed intestinal mucosa for safety testing of nanomaterials. *Nanotoxicology*, 10(1), 53-62.
- Yang, Y., Faust, J. J., Schoepf, J., Hristovski, K., Capco, D. G., Herckes, P., & Westerhoff, P. (2016). Survey of food-grade silica dioxide nanomaterial occurrence, characterization, human gut impacts and fate across its lifecycle. *Science of the Total Environment*, 565, 902-912.