

## TECNOLOGÍAS 5.0 O DE PERFECCIONAMIENTO HUMANO PARA LA MEDICINA

Alejandro Hernández-Arango<sup>1,2</sup>

### Resumen

Las revoluciones industriales han tenido un impacto significativo en la forma en que los seres humanos nos relacionamos, trabajamos y vivimos. El impacto en el sector salud no ha sido ajeno a los avances tecnológicos, llegando incluso a una disrupción del acto médico mediada por la historia clínica electrónica. Actualmente, en la transición hacia la llamada sociedad 5.0 las tecnologías que toman el protagonismo son la inteligencia artificial, Internet de las cosas (IoT), computación en la nube, redes sociales, ciencia de datos, Impresión 3D, dispositivos portátiles interconectados, computación cuántica, robótica y genética, las cuales están construyendo la base para la investigación y desarrollo sobre la cual las tecnologías 5.0 como la computación cognitiva, los Cobots y las interfaces humano-máquina están emergiendo con importantes cuestionamientos bioéticos transhumanistas.

**Palabras clave:** *Tecnologías 5.0; inteligencia artificial; cobot; transhumanismo; perfeccionamiento humano; computación cognitiva; Internet de las cosas (IoT); computación en la nube; medicina.*

## 5.0 TECHNOLOGIES FOR HUMAN ENHANCEMENT IN MEDICINE

### Abstract

Industrial revolutions have had a significant impact on the way we humans relate, work, and live. The impact on the health sector has not been unrelated to technological advances, even leading to a disruption of the medical act mediated by electronic medical records. Currently in the transition to the so-called society 5.0 the technologies that take the lead are artificial intelligence, Internet of things (IoT), cloud computing, social networks, data science, 3D printing, interconnected portable devices, computing quantum, robotics and genetics which are building the basis for the research and development on which 5.0 technologies such as cognitive computing, Cobots and human-machine interfaces are emerging with important transhumanist bioethical questions.

**Keywords:** *Technologies 5.0; Artificial intelligence; Cobot; Transhumanism; Human Enhancement; Cognitive Computing; Internet of Things (IoT); Cloud computing; Medicine.*

1 Universidad de Antioquia, Facultad de Medicina, Departamento de Medicina Interna, Medellín, Colombia.

2 Institución Prestadora de Servicios de Salud IPS Universitaria, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

## Contexto histórico de las revoluciones industriales

Las revoluciones industriales hacen mención a grupo de cambios tecnológicos con impactos sociales muy significativos que transforman la forma en que los seres humanos nos relacionamos, trabajamos y vivimos. El sector sanitario no ha sido ajeno a estos cambios y evoluciona con la implementación progresiva de la tecnología que ha marcado cada época (1). Desde un punto de vista histórico se han categorizado 5 grandes revoluciones:

- *La revolución industrial 1.0*, en el siglo XVIII, con el advenimiento de la máquina de vapor. En el siglo XIX, *la revolución 2.0* con el advenimiento de la electricidad y la producción en masa. *La revolución 3.0* con las tecnologías digitales y el ordenador y la automatización de la producción (1). *La revolución 4.0*, aproximadamente en el 2016, definida por el Foro Económico Mundial como “*Una fusión de tecnologías que están difuminando las líneas entre las esferas física, digital y biológica*” (2).

## Impacto de las revoluciones en la ciencia médica

Una característica importante de estas revoluciones es que una se construye sobre los resultados de la anterior. A continuación describo algunos ejemplos del trayecto e impacto de las revoluciones en la ciencia médica:

- La ciencia usa metáforas para explicar los fenómenos científicos y asociar conceptos con el fin de comunicarlos (3). Así, en el siglo XIX las descripciones de Freud usando metáforas alegóricas a la máquina de vapor, sobre la “presión de los instintos” como una fuerza que debe ser canalizada, muestran como la tecnología predominante en la época influenciaba profundamente la medi-

cina “[...]Por la presión de un instinto entendemos su factor motor; la cantidad de fuerza o la medida de la demanda de trabajo que representa. La característica de ejercer presión es común a todos los instintos; de hecho, es su esencia misma. [...]”(4).

Posteriormente, el advenimiento de la tercera revolución trajo consigo una disrupción tecnológica del acto médico. Al pasar del registro de datos en la historia clínica manual a la digitalización de los datos con la historia clínica electrónica (5) emergieron nuevos tipos de errores médicos con el uso de herramientas como copiar-pegar (6), lo que derivó en una epidemia de *burnout* tecnológico de los médicos, secundario a la disminución del tiempo dedicado al paciente y un aumento de la carga de trabajo digital relacionada con la estructuración y alimentación de lo que hoy conocemos como el “*Big data*” de los datos clínicos (7). Hoy, el mundo se encuentra en una transición entre los productos de las tecnologías 4.0 que son la base de la sociedad 5.0 con nuevas y emergentes tecnologías exponenciales como cobots, computación cognitiva e interfaces humano-máquina (8), que ayudarán a la personalización y quizás la transhumanización de la medicina (9) (**Figura 1**).

## La cuarta revolución industrial como la base para las tecnologías 5.0

La cuarta revolución industrial -a diferencia de las anteriores- viene evolucionando a un ritmo exponencial, las tecnologías que toman el protagonismo son la inteligencia artificial, Internet de las cosas (IoT), computación en la nube, redes sociales, ciencia de datos, Impresión 3D, dispositivos portátiles interconectados, computación cuántica, robótica y genética (1). La investigación y el desarrollo de estas tecnologías han permitido avances y cambios que han trascendido la investigación básica y traslacional, para trasladarse rápidamente al mundo clínico donde aún se encuentran madurando a un ritmo mucho más rápido que el transcurrido en las revoluciones previas (10) (**Tabla 1**).

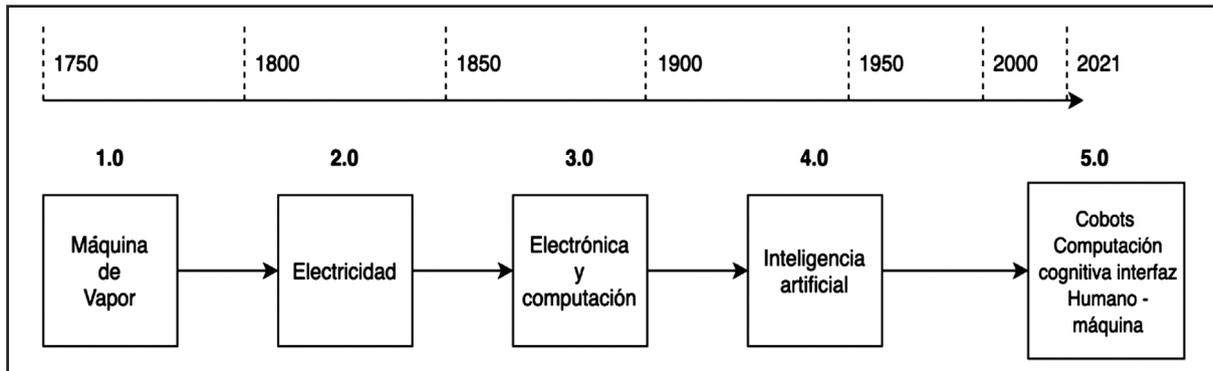


Figura 1. Línea de tiempo de las revoluciones industriales.

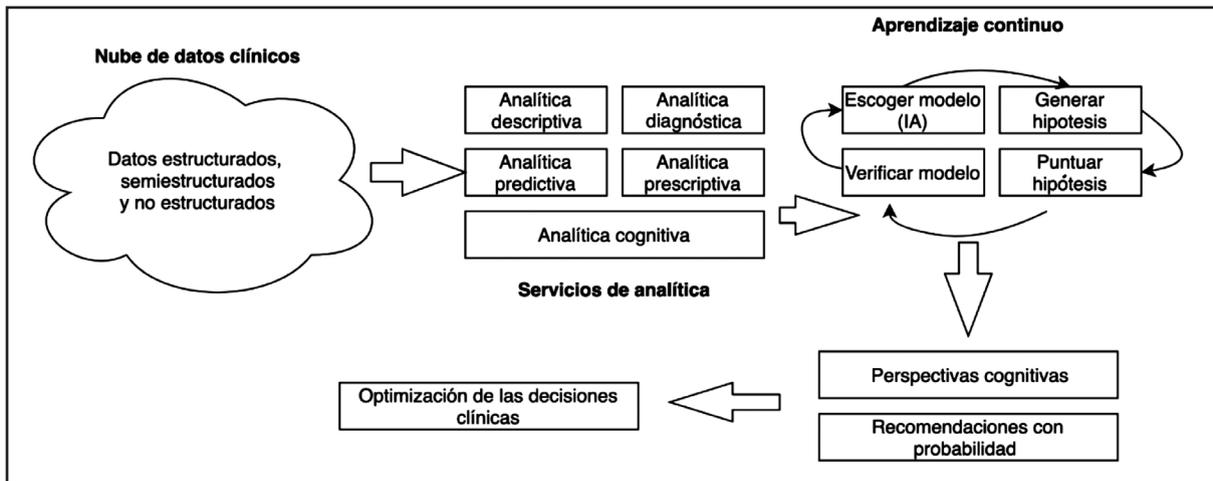


Figura 2. Modelo conceptual de computación cognitiva en medicina.

(Adaptado con autorización de Behera RK, Bala PK, Dhir A. The emerging role of cognitive computing in healthcare: A systematic literature review. Int J Med Inform. septiembre de 2019;129:154–66.).

Tabla 1. Lista no exhaustiva de las aplicaciones actuales y potenciales de la IA como tecnología 4.0 en medicina.

Investigación biomédica básica	Investigación traslacional	Práctica clínica
Experimentos automatizados	Descubrimiento de biomarcadores	Diagnóstico de enfermedades
Recopilación de datos automatizada	Descubrimiento de nuevos medicamentos	Selección de tratamiento
Anotación de función genética	Priorización de objetivos de medicamentos	Interpretación de genomas de pacientes
Predicción de los sitios de unión del factor de transcripción	Reutilización de fármacos	Cirugía automatizada
Simulación de dinámica molecular	Predicción de toxicidad química	Tele-Monitoreo de pacientes
Minería de literatura	Anotación de variante genética	Estratificación del riesgo de los pacientes

Toda la interconexión de datos masivos generados en dispositivos autónomos para compartir y generar datos, algunos incluso intracorpóreos, enviando información de forma continua a través de internet a la nube y la subsecuente creación del Big-Data en gestión interminable por algoritmos de inteligencia artificial son la base para la medicina de la sociedad 5.0, en la que probablemente la computación cognitiva ayudará a los seres humanos a través de cobots que influirán profundamente no solo en las decisiones médicas, sino en las grandes decisiones del ser humano en los próximos años.

### **Desde la computación cognitiva hasta las interfaces humano - máquina en medicina**

La computación cognitiva en medicina es un conjunto de sistemas que recopilan datos individuales, clínicos y sociales de diferentes fuentes y usa la combinación multidisciplinaria de tecnologías como aprendizaje de máquina, Big Data Analytics (BDA), inteligencia artificial, procesamiento natural del lenguaje, visualización de datos y aprendizaje profundo, permitiendo crear un contexto de cooperación humano-máquina capaz de enfrentar problemas clínicos complejos que requieren procesamiento y visualización acertada de grandes cantidades de datos para que el clínico dirija una decisión más precisa con su paciente (11).

Para lograr este tipo de sistemas de soporte al razonamiento clínico se requiere de una correcta gestión y un nivel de madurez hospitalaria en la gestión de los datos y en los sistemas derivados de tecnologías 4.0 que permita a los algoritmos predictivos basados en inteligencia artificial encontrar predicciones correctas con el nivel de personalización que requiere el contexto individual de cada paciente. Para esto se ha esquematizado un modelo conceptual de computación cognitiva en salud (11) .

En este punto, el desarrollo de robots industriales colaborativos (Cobots) juega un papel importante en la automatización y apoyo al equipo de salud para la resolución eficaz de problemas clínicos o quirúrgicos difíciles de resolver, y así se configura una colaboración en tiempo real de máquinas entrenadas con algoritmos de inteligencia artificial y clínicos en tareas de pronóstico, diagnóstico, tratamiento, flujo de trabajo del médico, expandiendo la experticia clínica a lugares que por no disponibilidad de talento humano u otros factores no era posible llegar. Todo lo anterior, debido a que un modelo de aprendizaje automático aprende los patrones y trayectorias de enfermedades de un gran número de pacientes. Además, estos modelos pueden determinar cuándo un signo sutil que es particular a un paciente está dentro del rango normal o indica un valor atípico. Estos sistemas de IA pueden analizar en tiempo real pacientes con condiciones similares que reciben tratamientos similares en un gran sistema de salud con decenas de miles de médicos que tratan a decenas de millones de pacientes. Con el problema de oferta de talento humano en salud, el aprendizaje automático puede ampliar el alcance de los médicos para proporcionar una evaluación médica de nivel experto sin participación personal directa con sistemas entrenados por expertos para resolver problemas específicos (12).

### **Ciencia convergente y transhumanismo**

La ciencia convergente o NBIC por sus siglas en inglés (13) agrupa la biotecnología, la nanotecnología, las tecnologías de la información y las ciencias cognitivas para el mejoramiento humano; esto surge como resultado de compartir las metodologías e ideas de los médicos con los químicos, físicos, ingenieros, científicos de datos, matemáticos e informáticos en múltiples campos e industrias. El objetivo de la medicina convergente es la renovación de la salud basada en el trabajo conjunto interdisciplinario y la mentalidad transdisciplinar.

Este enfoque ha llevado a un campo activo de investigación donde el principal foco son los desarrollos tecnológicos para cubrir necesidades humanas afectadas por enfermedades, tal como se describe en un trabajo publicado recientemente sobre la implantación de un electrodo intracerebral en un paciente con anartria para lograr a través de redes neuronales, la producción del lenguaje por la interpretación del electroencefalograma (14). Se viene avanzando en investigación en ratones, a los que se les conectan electrodos microscópicos cerebrales con el fin de detectar actividad cerebral conectados a un puerto USB (Neuralink) (15). Cuando se investiga no con fines terapéuticos, sino de mejoramiento de habilidades humanas, se plantean dilemas éticos basados en la idea del surgimiento de un nuevo tipo de ser humano “mejorado” (16), por lo cual existen guías de valoración ética sobre intervenciones en el cuerpo humano con fines de mejoramiento, que intentan orientar las decisiones y el papel del médico en relación con el uso de tecnologías 5.0 o de perfeccionamiento humano para la medicina.

## Referencias

1. Park H-A. Are We Ready for the Fourth Industrial Revolution? *Yearb Med Inform.* 2016;(1):1–3.
2. The Fourth Industrial Revolution, by Klaus Schwab [Internet]. [citado 3 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab/>
3. Taylor C, Dewsbury BM. On the Problem and Promise of Metaphor Use in Science and Science Communication. *J Microbiol Biol Educ* [Internet]. 2018;19(1). Doi: <http://dx.doi.org/10.1128/jmbe.v19i1.1538>
4. Stoléru S. Reading the Freudian theory of sexual drives from a functional neuroimaging perspective. *Front Hum Neurosci.* 2014;8:157.
5. Alejandro Hernández-Arango. La disrupción tecnológica del acto médico [Internet]. 2021 [citado 3 de octubre de 2021]. Doi: <https://aipocrates.org/2021/08/08/la-disrupcion-tecnologica-del-acto-medico/>
6. From G, Sølvkjær M, Bansler J. [Copy and paste in electronic health records]. *Ugeskr Laeger* [Internet]. 27 de mayo de 2019;181(22). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31140410>
7. Morquin D. [Legitimate resistance without technophobia: Analysis of electronic medical records impacts on the medical profession]. *Rev Med Internet.* 2020;41(9):617–21.
8. Ioppolo G, Vazquez F, Hennerici MG, Andrés E. Medicine 4.0: New Technologies as Tools for a Society 5.0. *J Clin Med Res* [Internet]. 2020;9(7). Doi: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm9072198>
9. Mayor S. Transhumanism: five minutes with . . . Mark O'Connell. *BMJ.* 29 de mayo de 2018;361:k2327.
10. Yu K-H, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng.* 2018;2(10):719–31.
11. Behera RK, Bala PK, Dhir A. The emerging role of cognitive computing in healthcare: A systematic literature review. *Int J Med Inform.* 2019;129:154–66.
12. Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine Learning in Medicine. *N Engl J Med.* 2019;380(14):1347–58.
13. Bainbridge WS. *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science.* Springer Science & Business Media; 2013. 468 p.
14. Moses DA, Metzger SL, Liu JR, Anumanchipalli GK, Makin JG, Sun PF, et al. Neuroprosthesis for Decoding Speech in a Paralyzed Person with Anarthria. *N Engl J Med.* 2021;385(3):217–27.
15. Musk E, Neuralink. An Integrated Brain-Machine Interface Platform With Thousands of Channels. *J Med Internet Res.* 2019;21(10):e16194.
16. Echeverría IAO. Parte 2: transhumanismo, poshumanismo y singularidad tecnológica. Capítulo 1: El poshumanismo como crítica al humanismo ilustrado del transhumanismo [Internet]. 2020. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15332/dt.inv.2019.02497>
17. Topol E. *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again.* Hachette UK; 2019. 400 p.

**Recibido:** 12 de noviembre de 2021

**Aceptado:** 22 de noviembre de 2021

**Correspondencia:**

Alejandro Hernández-Arango  
[alejandro.hernandez@udea.edu.co](mailto:alejandro.hernandez@udea.edu.co)