



**Tecnologías disruptivas
del proceso de globalización**



Jesús Alberto Navas-Sierra
(Editor)



**Disruptive technologies
of the globalization process**



Resumen

Para la elaboración de los capítulos que conforman este libro, se convocó a catorce reconocidos especialistas latinoamericanos para cubrir nueve temas fundamentales. Cinco autores son mexicanos, siete colombianos y dos estadounidenses. Sus aportes son resultado de su experiencia académica y profesional en las áreas tratadas por cada uno de ellos. Sin embargo, como es propio a la bibliografía del caso, este primer volumen de la colección Pensamiento global, no abarca la totalidad de temáticas que, por su vertiginosa dinámica, sobrepasa cualquier intento editorial al respecto. Por lo mismo, este aporte del Centro de Pensamiento Global (CEPEG) tiene como objetivo principal la divulgación didáctica de una de las más complejas tendencias del actual proceso globalizador. Su contenido y lenguaje combinan lo puramente técnico con lo propiamente divulgativo, con el fin de alcanzar la más amplia y plural audiencia.

Como se advierte en un principio, la ‘disrupción’ en sí no es un fenómeno económico y tecnológico que hubiera aparecido con el actual proceso de globalización. Simplemente, tomó una dinámica inusitada que en algunos casos —como el de la ‘inteligencia artificial’ (IA)— parece augurar un futuro humano ciertamente impredecible. Sin poder predecir los muchos futuros posibles de esa humanidad posglobal, el presente libro recoge muchas de estas inquietudes y sugiere opciones válidas de reflexión.

Palabras claves: biogenética, globalización, impresión 3D, informática, inteligencia artificial, internet de las cosas, nanotecnología, robótica, tecnologías disruptivas

¿Cómo citar este libro? / How to cite this book?

Navas-Sierra, J. A. (Ed.) (2019). *Tecnologías disruptivas del proceso de globalización*. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. DOI: <http://dx.doi.org/10.16925/9789587601268>

Abstract

For the writing of this book, fourteen recognized Latin American specialists were invited to cover nine fundamental topics. Five authors are Mexican, seven Colombian and two North American. Their contributions are the result of their academic and professional experience in the areas treated by each one of them. However, as is proper to the bibliography of the case, this first volume of the collection Pensamiento global does not cover the totality of topics that, due to its vertiginous dynamic, surpasses any editorial attempt in this regard. For this reason, this contribution of the Centro de Pensamiento Global (CEPEG) has as its main objective the didactic disclosure of one of the most complex trends of the current globalization process. Its content and language combine the purely technical with the properly informative, in order to reach the widest and most diverse audience. As it is noticed at the beginning of the book, the 'disruption' itself is not an economic and technological phenomenon that would have appeared with the current globalization process. It simply took an unusual dynamic that in some cases --such as that of "artificial intelligence" (AI) -- seems to augur a human future that is certainly unpredictable. Without being able to predict the many possible futures of that post-global humanity, this book collects many of these concerns and suggests valid options for reflection.

Keywords: biogenetics, globalization, 3D printing, computer science, artificial intelligence, internet of things, nanotechnology, robotics, disruptive technologies

¿Cómo citar este libro? / How to cite this book?

Navas-Sierra, J. A. (Ed.) (2019). *Tecnologías disruptivas del proceso de globalización*. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/9789587601268>

Tecnologías disruptivas del proceso de globalización

Jesús Alberto Navas-Sierra
(Editor)

Disruptive technologies
of the globalization process



Catalogación en la publicación - Biblioteca Nacional de Colombia

Tecnologías disruptivas del proceso de globalización - disruptive technologies of the globalization process / Jesús Alberto Navas-Sierra (editor) ; autores, Silvia Johana Cañas Duarte ... [et al.]. - Bogotá : Universidad Cooperativa de Colombia, 2019.

p. - (Colección pensamiento global)

Incluye datos biográficos de los autores. -- Incluye referencias bibliográficas. -- Texto en español con resumen en inglés.

ISBN 978-958-760-125-1 -- 978-958-760-126-8 (digital)

1. Tecnologías disruptivas 2. Innovaciones tecnológicas
I. Navas Sierra, Jesús Alberto, ed. II. Cañas Duarte, Silvia Johana III. Serie

CDD: 303.4834 ed. 23 / 338.064

CO-BoBN- al038588

Título libro

Tecnologías disruptivas del proceso de globalización

© Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, febrero del 2019

© Jesús Alberto Navas-Sierra (Ed.), Silvia Johana Cañas-Duarte, Jaime Enrique Cascante-Vega, Geraldine Andrea Cuéllar-Alturo, Mario Fernando De la Rosa-Rosero, Guillermo Foladori, Miguel García-Guerrero, Noela Invernizzi, Juan Guillermo Lalinde-Pulido, Gloria Lizeth Ochoa-Adame, María Isabel Pérez-López, Olga Lucía Quintero-Montoya, Roberto Javier Rueda-Esteban, María José Serna-Ayala, Aldo Josafat Torres-García

ISBN (impreso): 978-958-760-125-1 ISBN (digital): 978-958-760-126-8

DOI: <http://dx.doi.org/10.16925/9789587601268>

Colección Pensamiento Global

Proceso de arbitraje doble ciego

Recepción: septiembre del 2017

Evaluación propuesta de obra: marzo del 2018

Evaluación de contenidos: 22 de agosto del 2018

Correcciones de autor: septiembre del 2018

Aprobación: octubre del 2018

Fondo editorial

Director Nacional Editorial, Julián Pacheco Martínez

Especialista en Gestión Editorial, Daniel Urquijo Molina

Especialista en Producción Editorial (libros), Camilo Moncada Morales

Especialista en Producción Editorial (revistas), Andrés Felipe Andrade Cañón

Analista editorial, Claudia Carolina Caicedo Baquero

Proceso editorial

Corrección de estilo y lectura de pruebas, María Carolina Ochoa

Diagramación y diseño de portada, Diego Abello Rico

Impresión, Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S.



Universidad Cooperativa
de Colombia



EDICIONES
Universidad Cooperativa
de Colombia



Pensamiento
Global

Impreso en Bogotá, Colombia.
Depósito legal según el Decreto 460 de 1995.

Contenido

Introducción <i>Edgar Vieira-Posada</i>	13
Las innovaciones disruptivas: el punto de vista de las humanidades Disruptive innovations: the Humanities point of view <i>Jesús Alberto Navas-Sierra</i>	23
Una visión crítica de las nanotecnologías disruptivas A critical vision of Disruptive Nanotechnologies <i>Guillermo Ricardo Foladori y Noela Invernizzi</i>	63
La fiebre de las nanotecnologías: promesas, inversión y resultados cortos en la era de la tecnociencia The fever of nanotechnologies: promises, investment and short results in the era of technoscience <i>Miguel García-Guerrero</i>	85
Edición de genomas con CRISPR/Cas9 Editing genomes with CRISPR / Cas9 <i>Silvia Johana Cañas-Duarte y María Isabel Pérez-López</i>	107
El futuro de la informática The Future of Information Technology <i>Juan Guillermo Lalinde-Pulido</i>	129
Impacto de la impresión 3D en los mecanismos principales de la globalización Impact of 3D printing on the main mechanisms of globalization <i>Geraldine Andrea Cuéllar-Alturo, Roberto Javier Rueda-Esteban, Jaime Enrique Cascante-Vega y Mariajosé Serna-Ayala</i>	151

Avances de la robótica	171
Advances in Robotics	
<i>Mario Fernando De la Rosa-Rosero</i>	
Las posibilidades de desarrollo de inteligencia artificial	195
The possibilities of artificial intelligence development	
<i>Olga Lucía Quintero-Montoya</i>	
Impacto de cambios tecnológicos en el trabajo: una revisión de la evidencia empírica para América Latina	215
Impact of technological changes in the workplace: a review of the empirical evidence for Latin America	
<i>Gloria Lizeth Ochoa-Adame y Aldo Torres-García</i>	

Introducción

Con este libro sobre tecnologías disruptivas en el contexto del proceso globalizador, se inicia la Colección Pensamiento Global del Centro de Pensamiento Global – CEPEG, en cumplimiento de sus responsabilidades de difundir y poner al alcance de profesores, estudiantes e interesados los hechos y cambios principales que vive el mundo; estos serán abordados de manera simultánea en una misma publicación por diversos autores, lo que permite mayor diversidad temática y la incorporación de perspectivas diferentes. Se trata de obras de investigación y de divulgación científica, con la participación de autores de diversa procedencia universitaria, algunos como resultado de convocatoria nacional e internacional.

Se da comienzo a la Colección Pensamiento Global con el tema de las tecnologías disruptivas; son disruptivas porque rompen lo tecnológico anterior y generan nuevas cadenas de producción, de materiales, de fuentes de energía, de medios de transmisión, de nuevas funcionalidades. Estos cambios bruscos son característica esencial del proceso de globalización multidimensional en el que se encuentra el mundo hace ya más de veinticinco años, en los que las transformaciones en curso y los efectos a corto y a mediano plazo aportados por las tecnologías disruptivas modificarán las condiciones productivas y de vida hasta ahora conocidas, en lo que constituye el ingreso a una cuarta revolución industrial con presencia de la nanotecnología, la biogenética, la informática y la computación, el Internet de las cosas (*Internet of things* - IoT), la impresión 3D, la robotización y la inteligencia artificial, entre las más sobresalientes.

¿Cómo citar este capítulo? / How to cite this chapter?

Vieira-Posada, E. (2019). Introducción. En J. A. Navas-Sierra (Ed.), *Tecnologías disruptivas del proceso de globalización* (pp. 13-21). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. DOI: <http://dx.doi.org/10.16925/9789587601268>

Este impacto preponderante de lo tecnológico en procesos multidimensionales de globalización¹ ha ocurrido no solo en la actual etapa de globalización, sino también en etapas anteriores. Fue el caso de la primera etapa eurocéntrica del siglo xv en tiempos del Renacimiento y la Reforma, en la que Europa aprovechó conocimientos de las culturas griega, árabe, hindú y china en imprenta, papel, lentes, pólvora, altos hornos, telares, matemáticas y astronomía, y en el desarrollo de instrumentos náuticos como la brújula, la ballestilla, el astrolabio y el catalejo, para lanzarse mar abierto a la realización de grandes descubrimientos territoriales y al establecimiento de una primera interacción planetaria de comercio transcontinental con participación de antiguos continentes como el europeo, el asiático y el africano, y con el involucramiento del nuevo continente americano.

La segunda etapa de globalización se produjo entre mediados del siglo xix y comienzos del siglo xx, etapa también eurocéntrica con la fase de expansión de los imperios europeos durante la segunda revolución industrial de consolidación del capitalismo; época de gran intercambio mundial gracias a avances tecnológicos en buques de turbina de vapor y casco de acero, la aparición del ferrocarril, la construcción de los dos canales interoceánicos de Suez y de Panamá que acortaron distancias, la comunicación transcontinental entre Europa y América por el cable submarino y el telégrafo; la comunicación interna por el teléfono, el automóvil, la bicicleta y el metro y la comunicación externa por la aviación; y los inventos de la electricidad, la radio, el cine, la fotografía y el gramófono, entre los más destacados. De igual forma, contribuyeron el meridiano cero de Greenwich para la unificación de los horarios a nivel planetario y grandes avances de la ciencia a inicios del siglo xx con el descubrimiento de Louis Pasteur de microbios y bacterias, la teoría de la relatividad de Albert Einstein y el principio de indeterminación de la física cuántica de Karl Heisenberg. Todos implicaron un salto cualitativo en el conocimiento y en las condiciones de vida de la humanidad, y prepararon el terreno para la actual etapa de globalización desarrollada a partir de los años ochenta y noventa bajo el liderazgo de Estados Unidos y el reposicionamiento de China en la escena internacional.

La actual etapa del proceso globalizador se sustenta también en profundos e impactantes avances tecnológicos, comenzando por la *revolución de las comunicaciones* con el surgimiento en los años setenta de Internet y su gradual masificación, que ha permitido la universalización del proceso al volver el mundo

1 Ver al respecto el capítulo 5 de mi libro *La globalización en un mundo en transformación* (2012), de la Colección Globalización e Integración del Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA, Bogotá; y el capítulo 2 de mi libro *Los actuales desafíos del proceso de globalización* (2016), de la Colección Acontecer Mundial del Centro de Pensamiento Global – CEPEG de la Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá.

interdependiente e interconectado². Internet estuvo acompañado del proceso de miniaturización de los componentes electrónicos, en el que la revolución de los chips y microprocesadores permitió llegar al *personal computer* o PC, lo cual facilitó el desarrollo de la *industria aeroespacial*, de los viajes tripulados al espacio y de la *comunicación satelital*, que contribuye a la interconexión del planeta. Pero no se trata solamente del Internet de las personas con acceso móvil de banda ancha, teléfonos inteligentes y aplicaciones de las redes sociales, sino también del complemento con el IoT, que conducirá a la interacción entre humanos y cosas con una presencia multipropósito de Internet en pantallas murales en toda clase de sitios.

Uno de los resultados más importantes y de mayor alcance del proceso de miniaturización ha sido el desarrollo de la *nanotecnología*, que permite el trabajo mediante potentes microscopios electrónicos al nivel de partículas elementales de átomos y moléculas en tamaños de una millonésima de milímetro (un nano), con grandes posibilidades en el desarrollo de nuevos materiales como los nanotubos de carbono o el grafeno, y en campos de la informática, la química, la física y la medicina, entre otros. Esto ha conducido a una miniaturización mayor y a la aparición de diversas partículas subatómicas, las cuales se trabajan en el gran colisionador de hadrones en la frontera entre Suiza y Francia, donde se experimenta en la reproducción del *Big Bang* y en la comprobación de la existencia de componentes desconocidos del universo como la materia y la energía oscura.

En paralelo a llegar al origen de la materia mediante el trabajo a nivel de átomos en la nanotecnología, la humanidad avanzó todavía más profundamente al lograr el acceso a la composición de la célula, que es el origen mismo de la vida, mediante los espectaculares avances en *biogenética*. Ya desde el siglo pasado se había descubierto la estructura del ADN (ácido desoxirribonucleico), el responsable de la herencia genética a través de los códigos de la vida representados en los ácidos nucleicos A, T, C y G (adenina, timina, citosina y guanina). Esto permitió avanzar en genética molecular y desarrollar el Proyecto Genoma Humano para trabajar en la secuenciación del ADN de las personas, con proyecciones de grandes cambios en las condiciones de vida de los habitantes del planeta.

2 Los avances en la comunicación humana han sido sorprendentes y permanentes, con la generalización del correo electrónico, la aparición de las redes sociales, los videos, video-llamadas y videos digitales, la reproducción de música, el uso de agendas electrónicas, el GPS y la navegación por Internet, el teléfono inteligente o *smartphone*, el acceso con redes inalámbricas (wifi), la USB, la conexión sin cable *bluetooth* y las plataformas de comunicación en la nube. Y seguirá desarrollándose con la incorporación de redes móviles para mayor comunicación de la población mundial y la utilización de una red móvil 5G con velocidad máxima superior a 10 gbps (gigas por segundo).

La nanotecnología, la biogenética y la informática han avanzado en diferentes combinaciones como bionanotecnología, bioinformática, nanoelectrónica, nanotecnología molecular o nanoingeniería y nanomedicina, fusionando la física y la medicina en nuevas ramas de medicina molecular y medicina genómica.

Uno de los avances tecnológicos que se está desarrollando en tiempos inferiores a los previstos inicialmente es el de la *robotización*, que luego de comenzar en la fase industrial con el reemplazo de operaciones repetitivas (como poner remaches en el chasis de la línea de ensamble automotriz), ha ido traspasando cada vez más funciones del ser humano a la máquina en un proceso de robotización acelerada, en países desarrollados e incluso en países poseedores de abundante mano de obra como China, en busca de mayor productividad y, por consiguiente, de mayor competitividad; así como al mejoramiento de las condiciones de vida principalmente de poblaciones de adultos mayores, con el acompañamiento y la realización de todo tipo de tareas domésticas por parte de robots humanoides.

La nanotecnología está y estará más presente en nuevas aplicaciones y nuevos materiales como los nanotubos de carbono o el grafeno ya mencionados, que irán sustituyendo materiales de uso tradicional hasta ahora como el acero o el silicio. La bionanotecnología, las posibilidades de reingeniería del cuerpo humano y la combinación con otras tecnologías novedosas, como la computación, la biogenética y la robotización con el desarrollo, por ejemplo, de nanorrobots, permitirán cambios de gran impacto en la medicina, que ya no será curativa sino preventiva, con la significativa prolongación de la longevidad de los seres humanos y su impacto en las condiciones de trabajo y en los regímenes de pensiones.

Se está en un crecimiento exponencial de la capacidad en la tecnología de la *información*, en el que la parte no biológica de la inteligencia será mucho más poderosa que la inteligencia humana producto de la biología, pues antes de lo previsto se han producido espectaculares avances en *computación* y en *inteligencia artificial*, y en la combinación de estos con la *robotización*.³ Ya son una realidad los primeros equipos de qbits de operaciones simultáneas en *computación cuántica* en países como Estados Unidos, Reino Unido y China; la experimentación de los primeros robots incorporando mayor información y mayor autonomía y el desarrollo de la inteligencia artificial con el apoyo de información en la nube (*cloud computing*); el *aprendizaje de máquinas* (*machine learning*) utilizando técnicas del *big*

3 Según Ray Kurzweil (2012), estudioso de los avances tecnológicos y autor de *La singularidad está cerca*, en computación se procurará desarrollar: circuitos de nanotubos; computación molecular; autoensamblado de circuitos de nanotubos (por avance de la nanotecnología); sistemas biológicos que emularán circuitos de ensamblado con proteínas autorreplicantes (por avance de la biogenética); computación con ADN, con el *spin* de electrones, con luz láser; y la computación cuántica (a la que acabamos de hacer referencia).

data y de la construcción de mejores algoritmos; y el *aprendizaje profundo* (*deep learning*), en el que un conjunto de algoritmos de cómputo avanzado procesan una cantidad masiva de datos, “aprendiendo” en el proceso a detectar patrones y anomalías.

Es que el ritmo de los cambios tecnológicos será tan rápido y su repercusión será tan profunda que la vida humana se verá transformada de forma irreversible en las próximas dos décadas. Pero cambios tan pronunciados y tan rápidos son difíciles de asimilar y generan reacciones contrarias de muchas personas, principalmente del medio rural o de baja cualificación profesional cuando la brecha formativa es mayor, quienes ven con temor las consecuencias en las condiciones de trabajo. El peligro real de efectos negativos en las *condiciones de empleo*, sobre todo en Latinoamérica, y la sustitución gradual del ser humano por la máquina son realidades de los cambios tecnológicos que hay que saber enfrentar si no se quiere que incluso en el campo de la política continúe incrementándose la votación antisistema.

La realidad es que labores de menor cualificación, y de menor exigencia de formación, conocimiento y raciocinio, están más expuestas a situaciones de desempleo, por lo cual uno de los retos de los gobiernos y de las universidades será ayudar a la incorporación en la modernidad, mediante la recomposición de los programas de educación que capaciten mejor a las nuevas generaciones y mejoren el *nivel de formación cualificada* de quienes ya están en el mercado laboral para que logren reposicionarse más fácilmente.

Inteligencia artificial y *robotización* comenzarán muy pronto a cambiar definitivamente los paradigmas dominantes hasta ahora en las sociedades, cuya preocupación no debe ser tanto que en un mundo futuro nos dominen las máquinas, sino que el peligro real es el mal uso que podrán hacer de ellas los seres humanos. Unos seres humanos con mayor tiempo libre como consecuencia de la robotización de las operaciones laborales, donde habrá que *reinventar la educación de los adultos* antes de que se consolide, como dice el historiador israelí Yuval Noah Harari, una nueva clase social “inútil”.

Otro reto es prepararse para consecuencias negativas del avance tecnológico en el manejo y la circulación de la información y del conocimiento, dada la concentración cada vez más evidente de las *grandes bases de datos* (*big data*), cuyo control por unos pocos será una grave amenaza para las libertades y para la misma democracia. El tema de la ciberseguridad pasa a ser una prioridad mundial, pues cada vez más países están empezando a incorporar capacidades cibernéticas a sus herramientas gubernamentales y los ataques cibernéticos se pueden convertir en una herramienta de lucha que supere varios de los armamentos más sofisticados, lo que convierte a la ciberseguridad de los aparatos de IoT en una cuestión estratégica de la era digital, donde habrá que asegurar la seguridad de los dispositivos

conectados a Internet ante la generalización de ataques de los *hackers* a todo tipo de aparatos conectados.

A su vez, tiene lugar el facilismo en la obtención de *información superficial y rápida* que desestimula y limita el análisis y la investigación de mayor profundidad; y la peligrosa propagación, tergiversación y uso de *informaciones falsas (fake news y deepfake)* que desestabilizan gobiernos, cambian resultados electorales y destrozan reputaciones personales, lo cual puede no convertir los avances de las tecnologías disruptivas en la oportunidad esperada para contar con un mayor desarrollo y mejoramiento de las condiciones de vida, y en su lugar volverse una época complicada de uso de peligrosas herramientas de desestabilización de la sociedad y del mismo orden mundial.

Con la advertencia anterior, la generalización gradual de vehículos autoconducidos y de sistemas supereficientes de transporte, el intercambio masivo de información con la *big data* y el IoT, el comercio de bienes y servicios digitales, la incorporación de robots en la enseñanza y en la cirugía, la computación inteligente de desempeño ultraalto, los avances en ciencias cognitivas y en tecnología de robótica humanoide, la biodiversidad y conservación de los recursos naturales, la bioseguridad y tecnología de defensa, las tecnologías de nanomateriales, de medicina regenerativa o de satélites, la tecnología inmersiva de entretenimiento, son algunas de las áreas prioritarias del sorprendente desarrollo de tecnologías disruptivas en la cuarta revolución industrial que caracteriza el actual proceso de globalización, en el que se borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico, y sobre las cuales el conjunto de la sociedad debe disponer de unos conocimientos básicos acerca de sus desarrollos y consecuencias.

Desde la dirección del Centro de Pensamiento Global (CEPEG) de la Universidad Cooperativa de Colombia, tenemos como editor invitado de este primer libro de la Colección Pensamiento Global al historiador e investigador en ciencias sociales Jesús Alberto Navas-Sierra, quien además de la organización y revisión del presente volumen, escribió el primer capítulo en el que analiza y desarrolla un importante marco teórico sobre las tecnologías o innovaciones disruptivas.

Estructura de la obra

En el primer capítulo: *Las innovaciones disruptivas. El punto de vista de las humanidades*, el editor invitado Alberto Navas Sierra analiza el marco conceptual y teórico en el que se ha desarrollado desde la década de los noventa el concepto de tecnologías o innovaciones disruptivas en la Escuela de Negocios de Harvard (ENH), principalmente por C. Christensen, la versión modernizada que esta puede representar de la ‘destrucción creativa’ de J. A. Schumpeter, y las críticas y respues-

tas a otros autores críticos de Christensen. Queda planteado si la innovación debe ‘disruptir’ todo para que la sociedad tenga cosas nuevas y mejores, y si además de exponencial y globalizante, será más y más impredecible y toda afectación disruptiva es y será irreversible, por lo que según el editor invitado la vida individual y el orden socioeconómico nunca más volverán a ser los mismos.

En el segundo capítulo: *Una visión crítica de las nanotecnologías disruptivas*, Guillermo Foladori, de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México, y Noela Invernizzi, de la Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil, analizan el carácter disruptivo con el que las nanotecnologías se desarrollan en un contexto económico mundial con el cambio en las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los materiales en nanoescala, y un contexto sociopolítico dominado por las grandes compañías, pero donde algunas naciones emergentes van encontrando también un nicho. Se evalúan sus beneficios y también sus efectos perjudiciales, así como las barreras potenciales de contribuir a un desarrollo inclusivo.

En el tercer capítulo: *La fiebre de las nanotecnologías: promesas, inversión y resultados cortos en la era de la tecnociencia*, Miguel García-Guerrero, de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México, hace una recopilación histórica acerca del átomo, la física cuántica y la ingeniería molecular, componentes fundamentales del trabajo a escala “nano” en el que las propiedades físicas y químicas de los materiales son tremendamente diferentes a las de objetos más grandes; y también sobre la orientación investigativa y productiva hacia nanopartículas útiles en el mercado; el aporte posible como tecnología de carácter general a otras tecnologías, principalmente en seis grandes áreas; así como la necesidad de profundizar sobre posibles riesgos en los que participen sectores sociales.

En el cuarto capítulo: *Edición de genomas con CRISPR/Cas9*, Silvia Johana Cañas-Duarte, del Departamento de Biología de Sistemas de Harvard Medical School, Boston, Estados Unidos, y María Isabel Pérez-López, asistente del mismo departamento, analizan la revolución en el área de la ingeniería genética representada por un sistema que permite realizar de manera sencilla modificaciones precisas en el ADN al adicionar, remover o alterar elementos en la secuencia de ADN en posiciones específicas del cromosoma de un organismo (elementos que contienen el material genético en el núcleo de las células), y señalan su aplicación en la agricultura, la industria de biocombustibles, la medicina personalizada y la terapia génica para enfermedades genéticas. Las autoras explican su historia, las características que lo hacen revolucionario, exploran algunas de las aplicaciones en las que ha sido implementado y comentan su futuro.

En el quinto capítulo: *El futuro de la informática*, Juan G. Lalinde Pulido, de la Universidad Eafit de Medellín, Colombia, explica el origen y estado actual de la informática, define lo que es un algoritmo y establece sus limitaciones, y explica las

tecnologías de la información y las comunicaciones (Internet, Internet de las cosas y *big data*), el crecimiento exponencial en capacidad de cómputo y almacenamiento y en velocidad de transmisión de la información, nuevas técnicas de aprendizaje de máquinas basadas en inteligencia artificial, la relación entre la informática y las ciencias de la información, nuevas formas de computación como la biológica y la cuántica, y explora posibles escenarios sobre la informática, las posibilidades del *blockchain* y el aprendizaje de máquinas y el aprendizaje profundo, la inteligencia artificial y el futuro de la informática.

En el sexto capítulo: *Impacto de la impresión 3D en los mecanismos principales de la globalización*, Roberto Javier Rueda-Esteban, Jaime Enrique Cascante-Vega, Geraldine Andrea Cuéllar-Alturo y Mariajosé Serna-Ayala, de la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, explican las diferencias existentes entre distintas tecnologías de impresión 3D, con sus respectivos alcances y aplicaciones en la medicina (medicina regenerativa, ortopedia y educación médica), en usos industriales (materiales metálicos, motores), en armas, en joyería y moda, y en arquitectura y gastronomía. Así, finalizan evaluando cómo la impresión 3D puede favorecer o interrumpir las dinámicas del proceso de globalización facilitando el regreso de empresas medianas y pequeñas a la producción local y al tiempo su incorporación a grandes compañías con el desarrollo de nuevos prototipos y situaciones de mayor accesibilidad mundial.

En el séptimo capítulo: *Avances de la robótica*, Mario Fernando De la Rosa-Rosero, de la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, considera diversas soluciones disruptivas que la robótica industrial y la robótica móvil están aportando en las actividades cotidianas de la vida de las personas y de la sociedad: transporte (vehículos autónomos, vehículos de asistencia a discapacitados, vehículos aéreos o drones y vehículos de exploración espacial), manufactura y cadenas de abastecimiento (automatización, robótica industrial y móvil, manufactura ecológica, movilización en bodega, robótica cooperativa), medicina (procedimientos quirúrgicos, conexión cerebral-muscular, robots móviles en hospitales, telemedicina y prótesis), robótica de servicio para público y profesionales (robots de ayuda en oficios, en entretenimiento, en acompañamiento, vigilancia, agricultura, minería, hotelería), fábricas robotizadas y educación e investigación.

En el octavo capítulo: *Las posibilidades de desarrollo de inteligencia artificial*, Olga Lucía Quintero-Montoya, de la Universidad Eafit de Medellín, Colombia, hace una revisión cronológica de los sistemas inteligentes y su gestación en los años sesenta buscando desarrollar estrategias que permitieran entender cómo trabaja el cerebro. Explica la base del razonamiento lógico bajo incertidumbre y el principio de aprendizaje por entrenamiento, el desarrollo de la base de la analítica de datos, el procesamiento de datos e información y el aprendizaje profundo,

principales elementos de los algoritmos inteligentes que permitan el entendimiento de los procesos cognitivos y funcionales del cerebro y que reconozcan objetos y diferencien patrones, ubiquen tendencias y sugieran compras. Finaliza con comentarios sobre los diferentes campos en los que la inteligencia artificial puede ser desarrollada tanto en el mundo como en Colombia.

En el noveno capítulo: *Impacto de cambios tecnológicos en el trabajo: una revisión de la evidencia empírica para América Latina*, Gloria Lizeth Ochoa-Adame y Aldo Josafat Torres-García, de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México, realizan una revisión de análisis recientes sobre el impacto del cambio tecnológico en el mercado laboral en los países de América Latina, y presentan una propuesta metodológica para que los institutos de estadística midan y recuperen datos. Los resultados de la revisión bibliográfica indican distintos efectos en los países latinoamericanos de aplicarse allí la hipótesis planteada para países desarrollados, y muestran que se debe explorar más el impacto del cambio tecnológico en el mercado de trabajo siguiendo la recomendación para el levantamiento de los datos.

Invitamos a leer con atención los planteamientos de los diferentes autores formulados en este libro para comprender los impactos de los profundos cambios tecnológicos que nos afectan en diferentes órdenes.

Edgar Vieira-Posada