

MÁS ALLÁ DE LA INDUSTRIA 5.0: REALIDAD Y DESEO

Isabel De Val Pardo

Catedrático de Organización de Empresas

RESUMEN

Los humanos son la única especie de la naturaleza que ha violado los límites biológicos, fruto de su evolución exosomática más que endosomática. La mutación de los humanos hubiera sido más lenta, de haberse limitado exclusivamente a la evolución de los órganos dotados, con los que se hubieran ido adaptando de manera progresiva, como ha sido en los demás organismos y especies endosomáticos de la naturaleza. El texto alude a tecnologías e instrumentos que han contribuido a la evolución de los humanos y en la realización de sus trabajos, desde la Revolución Industrial hasta la incipiente denominada Industria 5.0 y cuestiona la realidad o deseo entre humanos y robots.

1. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico y la premura generalizada de los tiempos enumeran las revoluciones industriales con gran rapidez, de aquí la superposición que se observa, todo en aras de que los últimos avances sean pioneros y punto de arranque de la siguiente. La primera revolución industrial -se gestó en Inglaterra entre 1760 y 1830- supuso un cambio económico de la humanidad sin precedentes (Comín Comín, 2011:349) “*benefició a largo plazo, esencialmente a los consumidores y a los trabajadores sin cualificar, reduciendo la desigualdad en la distribución de la renta*” en aquellos países que se industrializaron. Considerada “*la segunda transformación económica esencial en la historia de la humanidad*” (Comín Comín, 2011:351) ocasionó el nacimiento de las sociedades industriales, un dominio sobre la naturaleza, y secuelas medioambientales; también incidió en las instituciones y la política económica.

Las tecnologías de partida -en la andadura de las revoluciones- que encauzaron las siguientes son la mecanización, la energía hidráulica y eléctrica, la máquina de vapor, la telefonía, la radio o el transporte aéreo así, irrumpió la producción en masa, la línea de montaje y la electricidad principalmente, a fin de atender el mercado mundial de productos y factores de producción al haberse mejorado las condiciones laborales y vitales de los trabajadores. Posteriormente, las tecnologías determinantes son la computación y automatización, finalmente los sistemas ciberfísicos son los que abren el camino hacia el nuevo estadio.

La cuarta revolución industrial, según Conill (2019:111), interpretada en sentido informacional es la que “*ha modificado la concepción de quienes somos y de nuestra posición en el cosmos, ahora convertido en infoesfera y ciberespacio*”, lo que induce a insistir en la “*potencia o capacidad de interacción*” dadas las posibilidades de la biotecnología aplicada al cerebro. ¿Los humanos y los robots -en general- son pares o dispares a pesar del conocimiento precario del cerebro? (Damasio, 2003:137-138; Fuster, 2014:292-311). Algunas acciones pueden ser similares al ser el hombre el que ha diseñado al robot a imagen y semejanza pero, ¿la actividad de la mente humana se puede simular por procedimientos no biológicos? ¿Cabe hablar de bucle biología-tecnología?

Los avances tecnológicos han perseguido máquinas complementarias al hombre en las que delegar capacidades humanas como la memorización, la interpretación de mapas, la orientación o la toma de decisiones. El cambio tecnológico se ha precipitado, en particular por la tecnología de la información; según Ray Kurzweil -Director de Ingeniería en Google- no es lineal sino exponencial, y su “ley de los rendimientos acelerados del progreso tecnológico” (Kurzweil, 2001) apunta que la fusión de la biología y tecnología se extenderá. Ya está presente con los implantes cibernéticos que facilitan la interacción de los humanos con las máquinas, esto puede ocasionar que el cerebro mejore vía substratos no biológicos y afloren nuevas habilidades físicas y cognitivas en los humanos. No hay duda del beneficio en desordenes neurológicas y según Bartra (2019: 122-123), la cosa puede ir más allá pues *“si el cerebro biológico es el único ejemplo conocido que funciona con inteligencia polivalente general, se puede experimentar con sistemas híbridos que combinen imitaciones de una red neuronal con mecanismos inventados para cumplir una función sin equivalente biológico”*.

En este camino, la inteligencia artificial está permitiendo a profesionales emular al cerebro vía ingeniería inversa, en cuanto a cómo archiva y recupera la información, es decir, en averiguar cómo es su dinámica de funcionamiento a fin de entender cómo los humanos piensan, aprenden y recuerdan, gracias a la acumulación de grandes cantidades de datos, el uso de algoritmos para procesarlos y la interconexión masiva de sistemas y dispositivos digitales. ¿Hay semejanza con el funcionamiento simultáneo del cerebro? Si *“muchos de los usos actuales de los algoritmos permanecen invisibles y ocultos”* (Du Sautoy, 2020: 184) ¿no es una decisión arriesgada tomar un segmento de un algoritmo entrenado, trasponerlo a otro entorno y añadir otros datos no relacionados de no aplicarse un criterio completo para decidir si la transportabilidad (Pearl y Bareinboim, 2014) es factible? ¿Eso es “un cerebro construido, una red neuronal potente”? ¿Los algoritmos son criterio de verdad?: los ejecutan un procesador pero el programador o investigador ¿es riguroso y objetivo con los datos que selecciona y utiliza? ¿Y la causalidad? ¿El saber se reduce al producido maquinalmente? Según Han (2020: 105-106), *“el hombre ha dejado de ser autor del saber ... abdica y entrega su soberanía a los datos... la producción de saber impulsada por datos se hace sin sujeto humano ni conciencia”*; es más, la cuantía ingente de datos *“genera un saber dominador que hace posible intervenir en la psique humana y manejarla”*.

2. HUMANOS Y ROBOTS

En los *humanos* el cerebro es el órgano biológico más complejo del cuerpo sobre el que se asienta la actividad intelectual, creativa y emocional; los sistemas y subsistemas del mismo interactúan con otras partes del cuerpo y el mundo exterior, gracias a lo cual, un proceso que se actualiza diariamente (Mora, 2002:163-175) ocasiona “la construcción del yo”, la identidad con una conciencia y mente. La información que procesa es (Rubia, 2009:109-110), “prácticamente inconsciente” (incluye la percepción de estímulos, el filtrado, la categorización e interpretación, las conexiones, el almacenaje en las memorias y la expresión vía conducta o recuperación), lo que supone la apertura por el enfrentamiento a situaciones diversas, frente al “consciente”, más económico por capacidad reducida y trabajo selectivo.

Procesos del cerebro y de la conciencia conforman la actividad de la mente y sin comprender como funciona se dice es la información que reside en la memoria de a corto plazo más toda la que se puede acceder a largo plazo, y se cree en la existencia de campos mentales por los que discurren comportamientos, intenciones e ideas conscientes e inconscientes; por esas “autopistas de información” viajan los pensamientos y la memoria de la especie: está por tanto sometida a la influencia del universo y deja su huella en el mismo, pues cada vez que aparece una nueva forma de comportamiento se construye una experiencia que involucra a un gran número de personas. En cuanto a la conciencia -sin entrar en teorías, propiedades (Mora, 2002:185), tipologías (Martinez-Freire, 2001:49-63; Damasio, 2010:257-270) o cómo opera (Tirapu-Ustárróz y Sanchez-Cubillo, 2008:176-276)- es un fenómeno biológico que ocurre en el cerebro y al relacionarla con la memoria se

distinguen otras variedades (De Noreña y Maéstú, 2008:191-199; Tirapu-Ustárróz y Sanchez-Cubillo, 2008:268), y es quién planifica a largo plazo (Eagleman, 2013:88-89,171), cual “director ejecutivo de la empresa” al poner metas, y el resto del sistema aprender a cumplirlas: “*existe para controlar los sistemas ajenos automatizados y para distribuir el control sobre ellos ... exige un mecanismos de alto nivel que permite que las partes se comuniquen, administre los recursos y asigne el control*”.

Respecto a la memoria, habilidad producto de la evolución del cerebro humano, es la capacidad que los humanos tienen para evocar cosas o la información de algo acaecido, y se experimenta a través del recuerdo y del reconocimiento: el primero funciona mediante la reconstrucción, por medio de pistas y conocimientos del contexto del objeto a recordar sujeto a distorsiones; en cuanto al segundo, es el proceso que funciona con poca conciencia deliberada y mejora con la experiencia. Se compone de fenómenos básicos como el registro o codificación, el almacenamiento de la información y la evocación; no es una entidad única pues junto a la memoria física (aquella que regula los procesos físicos internos y estar al margen de la conciencia deliberada) se identifican dos tipos básicos diferentes (de a corto plazo y de a largo plazo) que se dividen en subtipos al atender a la temporalidad: el almacenamiento y recuperación difieren al estar implicadas docenas de áreas del cerebro en una red compleja de interacciones (De Val Pardo, 2010:60-63). Su función, con independencia de la que se trate, es la asociación entre grupos de neuronas que al dispararse una de ellas, las demás lo hacen en sincronía y se crea un canon específico de actividad que se repite en circunstancias que favorecen su codificación. La memoria interactúa con las funciones ejecutivas (De Noreña y Maéstú, 2008) así, interviene en los procesos de codificación, mantenimiento y recuperación de la información mientras tales funciones, que se refieren a los procesos cognitivos (la memoria, el lenguaje, la percepción y el acto motor) implicados en el control consciente de las conductas y los pensamientos, tratan de desvelar la lógica de los procesos cerebrales que subyacen a los procesos mentales (Tirapu-Ustárróz y Luna-Lario, 2008:219-249).

La división entre memoria y pensamiento no es clara. El pensamiento reside en el funcionamiento del cerebro, es un hecho consciente pues la corteza frontal lleva a cabo su tarea a la vez que controla lo que hace. La neurología y neuropsicología apuntan que es el resultado de la actividad mental controlada y coordinada, que tiene lugar de manera simultánea por sistemas neuronales funcionales distintos y dispares en el cerebro, pero no todos los procesos de pensamiento se producen con la participación de la conciencia. En el pensamiento es clave el conocimiento -tácito o deliberado- vinculado a la inteligencia por la que los humanos comparan, sacan consecuencias y se adentran en procesos de creación mental; difiere en perfiles provenientes según su fuente y se tipifica en pensamiento lógico (hemisferio izquierdo) que se caracteriza por ser innovador (Guilford, 1950; De Bono, 1967) y matizarse en convergente y vertical; y el pensamiento creativo (hemisferio derecho) al que se debe la invención e incluye los denominados holístico, divergente, lateral, paralelo e irradiante (Morcillo, 2007:111).

¿La ingeniería inversa, la deconstrucción del cerebro humano puede desentrañar tanta complejidad? ¿Qué hay de la inteligencia (derivada de *intelligere* y las potenciales posibles según Gardner, 1995 y 2015), la intuición o las emociones que afectan la toma de decisiones, la resolución de problemas, el razonamiento y la creatividad? ¿Y la libertad? Ya se sabe del trabajo del cerebro por capas, pero otra cosa es el dominio de su funcionamiento simultáneo, de la dinámica de las neuronas, la sinapsis y el trasladar a unos artefactos u otros la relación causal del comportamiento de los organismos vivos: según Bartra (2019: 144), una singularidad de los humanos es la capacidad de interrumpir la cadena causal.

La inteligencia humana es un constructo de componentes innatos y aprendidos que les facilita comprender el entorno y utilizar el conocimiento de manera adaptativa, a fin de lograr los objetivos al seleccionar las respuestas adecuadas. Desde la neuropsicología se identifican ciertas variedades (Luna-Lario *et al.*, 2003) si bien las más conocidas son las “múltiples” (Gardner, 2015), según el sustrato neurológico propio y ofrecer un marco útil al recoger las competencias individuales que requieren de

estructuras sociales e instituciones. En los humanos se percibe un saber inconsciente, es la intuición, calificada por Damasio (2010:253) como “*el medio más refinado de conseguir el saber*” y sólo aflora tras acumularse los conocimientos y utilizar la razón para el análisis; ocasiona un conocimiento que, en principio, no tiene relación alguna con la actividad creadora de la mente. Es punto de partida de conocimiento y fundamento inicial en el que la mente realiza su análisis reflexivo así, crea conceptos y establece relaciones entre sensaciones; puede generar ideas, provocar mecanismos de invención, adquirir dimensión intelectual e introducirse en el campo de la conciencia deliberada. No se debe al azar, ni existe *per se* aislada de todo contexto, surge en la esfera del pensamiento y forma parte del sistema normal del procesado de la información al conectarse las distintas fuentes, a través de la resonancia del hemisferio derecho.

La intuición desempeña un papel clave en las emociones -fenómeno físico y visceral con correlaciones conductivas- consideradas inputs del pensamiento del mismo tipo al provocar respuestas sin la conciencia correspondiente; en los humanos están enraizadas en la motivación, se apoyan en los diferentes sistemas del cerebro, afectan a la función cognitiva, y su percepción se conceptualiza en términos de los procesos relacionados, que según Román y Sánchez-Navarro (2008) se concretan en la identificación de la información ambiental emocional relevante, la generación de la experiencia y la conducta emocional (adecuada en respuesta a la estimulación), la regulación de la experiencia y la conducta. Así, determinan el razonamiento y la toma de decisiones en las que entran en juego numerosos procesos cognitivos como el recuerdo, el procesamiento de estímulos presentes y la estimación de posibles consecuencias de las opciones, todos ellos relacionados con el sistema motivacional-emocional además, las decisiones están condicionadas por “contenidos de la memoria en una consulta inconsciente” (Rubia, 2009:14).

Las fases del proceso decisional humano las pueden posibilitar las tecnologías al concretarse en la fijación de objetivos, la definición y análisis de la situación, la captación de información, el análisis de alternativas, las soluciones o estrategias posibles, su evaluación, y la elección, implantación y control de las consecuencias buenas o malas; éstas últimas, caso de los humanos, inciden en la seguridad o confianza de sus juicios intuitivos y facilitan la solución de problemas sin razonamiento respecto a los mismos, al tratarse de cognición rápida con el conocimiento, parcialmente oculto, proveniente de las emociones y la práctica. ¿Esta facultad es posible tecnológicamente en decisiones no programadas? Las decisiones, en pocas ocasiones, se toman sólo a partir del pensamiento deliberado al sustentarse en apreciaciones intuitivas de naturaleza holística.

Del hacer se aprende y se gana en experiencia, en los humanos es a lo largo de la vida asociado a la estructura de aprendizaje (Hogarth, 2002; De Val Pardo, 2010:46-48), la duda surge en cuanto a la extensión a las tecnologías; si bien la programación incluye la realimentación que revierte en el objetivo ¿qué alcance tiene la modificación de parte del proceso?, ¿qué capacidad tienen de reaccionar ante situaciones inciertas de su contexto?, ¿ofrecen *per se* alternativas novedosas?

Las denominadas redes neuronales artificiales (RNAs), a partir del funcionamiento del cerebro humano, han ocasionado una arquitectura en red neuronal denominada “aprendizaje profundo” (*deep learning*) que actúa “*casi por completo en modo asociativo*” (Pearl y Mackenzie, 2020: 40-42) y consistir en una jerarquía de capas ocultas; cada una de ellas puede ayudar a identificar manifestaciones más abstractas de aquellos patrones que se estén investigando gracias a cantidades ingentes de datos; la precisión mejora con su cuantía pero se requiere de un modelo causal: los meros datos no responden a la formulación de preguntas y se requiere que “*formulemos un modelo del proceso que genera los datos o al menos algunos aspectos de ese proceso*” (Pearl y Mackenzie, 2020: 359-361), de no ser así el estudio es un mero compendio de datos pero adolece de interpretación alguna de los mismos y no formula hipótesis del funcionamiento de las cosas en la realidad. Lo puede ilustrar el desarrollo de nuevos antibióticos, con defensores (por ser más caros y económicamente rentables a corto plazo y aunque los costes bajasen en el futuro, se podrían abordar enfermedades sin

tratamiento y ser oportunidad de negocio) y detractores (los profesionales de la salud al recelar su prescripción por si se extiende la resistencia bacteriana).

En medicina, la predicción se sustenta en la cadena causal y las RNAs son incapaces de explicar los procesos de razonamiento en la toma de decisiones, son una auténtica caja negra al funcionar de manera estática, a partir de datos, sin atender a ningún tipo de contexto, es decir, no disponen de herramienta de rastreo de razonamiento causal, esto puede ser un problema en el caso de la salud, donde la generalización del uso masivo de datos al procesar los sintomáticos registrados, puede que ofrezcan un diagnóstico sin que se entienda la enfermedad ni argumente la conclusión, haya falsos positivos al no identificar lo causal, casual o excepcional de la enfermedad.

Los *robots* industriales tradicionales ganaron movilidad por medio del software de inteligencia artificial con capacidad de “aprendizaje automático” (*machine learning*), de aquí su autonomía y menor supervisión humana, aunque se ocupan de tareas repetitivas y tediosas, todo gracias al análisis de grandes bases de datos que les permiten adaptarse y mejorar su trabajo. Si bien el aprendizaje automático -vía inteligencia artificial que supera a la humana por la capacidad de acumular datos y su cómputo- no puede equipararse a la inteligencia general humana que combina diferentes habilidades cognitivas y pasa, de manera inmediata, de una tarea a otra y resuelve problemas. Estos robots están instalados normalmente en puntos fijos y trabajan de manera masiva ampliamente en plantas de montaje, pero en los inicios adolecían de inteligencia artificial, la movilidad estaba limitada a unas extensiones, y estaban programados para tareas repetitivas.

Hay avances que auguran herramientas que incrementan las capacidades humanas y resuelven retos lo que anima a proseguir con tal dinámica (Bartra, 2019:112-113), como muestra un programa de inteligencia artificial (AlphaGo) desarrollado por DeepMind, subsidiaria de Google, que aprendió por cuenta propia gracias al paradigma de “aprendizaje por refuerzo”, una técnica en la que el algoritmo aprende de sus acciones previas jugando consigo mismo que ni siquiera los programadores saben cómo el programa juega tan bien al transformarse en cada partida “*para mejorar su estrategia futura*” (Du Sautoy, 2020: 42); según Pearl y Mackenzie (2020: 368-369) “*nuestra comprensión del aprendizaje profundo es por completo empírica y carece de garantías*”. Algún robot (Bartra, 2019:102, 96), obtiene la energía que necesita de manera autónoma pero ni se autorepara, ni crece físicamente, ni se reproduce y de ser robots opacos como el AlphaGo, difícilmente se puede mantener conversación alguna con los mismos y carecen de conciencia. De asimilarlos a los humanos ¿qué hay de su código fuente?

Caso de los *cobots* (robots colaborativos), desde la automatización industrial, irrumpieron en la industria de automoción y se extendieron a la química, la electrónica, los plásticos, la aeronáutica, etc.; generalmente son compactos, ocupan poco espacio y se localizan indistintamente con facilidad, no sustituyen a los humanos sino que trabajan en colaboración y les liberan de tareas físicamente exigentes y repetitivas, de aquí que la productividad de estos sea mayor, aporten valor vía creatividad, innovación, resolución de problemas y capacidad crítica, dada su capacidad de reflexión y comprensión de las necesidades individuales y colectivas. Así, el trabajador en sincronía con tal asistente, sigue siendo el centro de la producción de un proceso inteligente orientado a la personalización del bien demandado. Se programan intuitiva y fácilmente, además se caracterizan por su seguridad, garantizada por sensores; dada la versatilidad pueden utilizarse de maneras distintas y en áreas dispares, lo que facilita la amplificación y complementariedad de las habilidades humanas y tecnológicas.

Pero la creatividad humana es producto de “*procesos cognitivos y reflexivos basados en la observación y la experiencia que requiere conocimientos, motivación y acción que se manifiesta vía intuición, improvisación, invención y talento*” (De Val Pardo, 2010:48); aporta manifestaciones que imprescindiblemente necesitan un trabajo racional previo, intenso y consciente que se nutre del pensamiento racional. La fase de incubación posterior, al facilitar “la relajación de la mente tras la

reflexión, ocasiona el reposo de la mente racional, el que aflore el inconsciente cognitivo y permita la fase de iluminación que se requiere para que haya un resultado” (De Val Pardo y Erro Garcés, 2017:12), y la voluntad o la libertad de la acción humana -condicionada- da lugar a la acción, cosa de la que adolece la tecnología: su margen de actuación le viene dado, está predeterminado, en su caso la percepción es vía sensores, distingue y discrimina, pero adolece del ciclo “percepción-acción” de los humanos, asociado a la consciencia y en el que entre una y otra media la emoción más que la racionalidad en la toma de decisiones, y se concreta así: “percepción-emoción-acción”.

3. CONCLUSIÓN

Desde la tecnología mecánica -cinta transportadora, la cadena de montaje, mecanización, automatización- hasta el uso en el proceso de información de circuitos electrónicos miniaturizados con el fin de sustituir al personal de apoyo o complementar sus capacidades mentales, el CAD, la TIC, la robótica o los *cobots*, la incidencia en las empresas del avance tecnológico es evidente, en cuanto a la realización del trabajo y la configuración interna, a fin de ser eficaces y eficientes; así, el avance tecnológico sustituye o complementa las capacidades físicas humanas. Se pretende incrementar la productividad, el rendimiento, la calidad, la innovación o variedad de productos o servicios y satisfacer necesidades mayores o singulares. La innovación tecnológica es un arma estratégica que requiere fuertes inversiones y formación, es una herramienta crítica en la ventaja competitiva asociada a opciones novedosas de organización y administración del sistema empresarial que oscila desde la autonomía a la integración -individual, grupal o colectiva- al incidir en el diseño de los procesos, las tareas y los grupos de trabajo.

Un rasgo del cerebro humano es “*la flexibilidad para aprender casi cualquier tipo de tarea que se presenta*” (Eagleman, 2013:89,142-145), al ser “*inteligentes de manera flexible*” y modelar los circuitos nerviosos a fin de ajustarlos a la acción: en la toma de decisiones humanas intervienen las emociones lo que determina el resultado en sentido positivo o negativo; la percepción y valoración del mismo genera una gratificación inmediata, pospuesta o diferida (la devaluación de la recompensa se denomina descuento por demora que obedece a un modelo conductual matemático: Fuster, 2014:180-185), pues ya la naturaleza desarrolló incentivos en organismos muy sencillos (Damasio, 2010:93-97). Si lo primero es factible en los robots, al adolecer de emoción lo ulterior es imposible.

Al particularizar, del texto se puede inferir el doble bucle “cerebro humano-robot humanoide” pero el *feedback*, positivo y negativo, no es paritario. ¿Cabe hablar de simbiosis humano-máquina por mera inserción de capas de inteligencia artificial en el cerebro humano o introducción de electrodos para descargar pensamientos? Los intentos humanos de similitud albergan el deseo de identidad aunque puede que sea mera utopía, por la imposibilidad de que un integrante de la evolución natural, el humano parte del todo, pueda replicarse o superarse artificialmente: el resultado del todo es más que el hacer de una parte. El logro es evidente y la máxima “*altius, fortius, citius*” impulsa al progreso en aras de un mayor desarrollo y bienestar social, sujeto al misterio y potencialidad del cerebro humano, con el soporte de otros órganos y las limitaciones insalvables de los órganos vivos de la naturaleza.

Hoy por hoy, de manera generalizada, los flujos desde la tecnología mejoran las capacidades y habilidades de los humanos, prueba de ello es la creación de la estación espacial internacional sostenible que requiere interacción y colaboración, pero la generación proviene de la naturaleza (las células cooperan para construir cuerpos complejos y funcionales ¿cómo lo saben?) y de los humanos (el poder generar neuronas a partir de células de la piel de un donante al utilizar tecnología de reprogramación celular): la tecnología no crea ni reproduce, es un medio.

4. BIBLIOGRAFÍA

BARTRA, R. (2019): *Chamanes y robots*, Editorial Anagrama, Barcelona.
COMÍN COMÍN, F. (2011): *Historia económica mundial*, Alianza Editorial, Madrid.

- CONILL, J. (2019): *Intimidad corporal y persona humana*, Tecnos, Madrid.
- DAMASIO, A. (2003): *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y los sentimientos*, Crítica, BarceloLna.
- DAMASIO, E. (2010): *Y el cerebro creó al hombre*, Ediciones Destino, Barcelona.
- DE BONO, E. (1967): *The use of lateral thinking*, Penguin McGraw-Hill, Londres.
- DE NOREÑA, D.; MAÉSTU, F. (2008): “Neuropsicología de la memoria” en Tirapu-Ustárrroz, J.; Ríos Lago, M.; Maéstu Unturbe, F. (ed): *Manual de Neuropsicología*, Viguera Editores, Barcelona, pp. 189-217.
- DE VAL PARDO, I. (2010): *Dirigir vía inducción. Una aproximación multidisciplinar*, Principios de Organización y Sistemas, Documento nº 20, AECA, Madrid.
- DE VAL PARDO, I.; ERRO GARCÉS, A. (2017): *Creatividad y emprendimiento. Capacidad y realidad*, Principios de Organización y Sistemas, Documento 24, AECA Madrid.
- DU SAUTOY, M. (2020): *Programados para crear*, Acantilado, Barcelona.
- EAGLEMAN, D. (2013): *Incógnito*, Anagrama, Barcelona.
- FUSTER, J. (2014): *Cerebro y libertad*, Ariel, Barcelona.
- GARDNER, H. (1995): *Inteligencias múltiples*, Paidós, Barcelona.
- GARDNER, H. (2015): *La inteligencia reformulada*, Kairós, Barcelona.
- GUILFORD, J.P. (1950): “Creativity”, *American Psychologist*, nº 5, pp. 444-454.
- HAN, B-CH. (2020): *La desaparición de los rituales*, Herder, Barcelona.
- HOGARTH, R. (2002): *Educación la intuición*, Paidós, Barcelona.
- KURWEIL, R. (2001): The law of accelerating returns, *KurweilAI.net*.
- LUNA-LARIO, P.; TIRAPU-USTÁRROZ, J.; IBAÑEZ ALFONSO, J.; GARCÍA MOLINA, A.; DUQUE, P. (2003): “Inteligencia y funciones ejecutivas” en Trapu, García, Ríos y Ardila, (es): *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*, Ediciones Viguera, Barcelona, pp. 329-350.
- MARTINEZ-FREIRE, P. (2001): “Algunos aspectos de la conciencia en la ciencia actual” en Mora, J. (ed.): *Neuropsicología cognitiva*, Ediciones ALJIBE, Málaga, pp. 49-72.
- MORA, F. (2002): *Cómo funciona el cerebro*, Alianza Editorial, Madrid.
- MORCILLO, P. (2007): *Cultura e innovación empresarial*, Thompson, Madrid.
- PEARL, J.; BAREINBOIM, E. (2014): “External validity: from do-calculus to transportability accross populations” *Statistical Science*, vol. 29, 4, pp. 579-596.
- PEARL, J.; MACKENZIE, D. (2020): *El libro del porqué. La nueva ciencia de la causa y el efecto*, Pasado y Presente, Barcelona.
- ROMAN, F.; SANCHEZ-NAVARRO, J.P. (2008): “Neuropsicología de la emoción” en Tirapu-Ustárrroz, J.; Ríos-Lago, M.; Maéstu Unturbe, F.: *Manual de neuropsicología*, Ediciones Viguera, Barcelona, pp. 283-303.
- RUBIA, F.J. (2009): *El fantasma de la libertad*, Crítica, Barcelona.
- TIRAPU-USTÁRROZ, J.; SANCHEZ-CUBILLO, I. (2008): “Neuropsicología de la conciencia y teoría de la mente” en Tirapu-Ustárrroz, J.; Ríos Lago, M.; Maéstu Unturbe, F.: *Manual de neuropsicología*, Ediciones Viguera, Barcelona, pp. 257-281.
- TIRAPU-USTÁRROZ, J.; LUNA-LARIO, P. (2008): “Neuropsicología de las funciones ejecutivas” en Tirapu-Ustárrroz, J.; Ríos Lago, M.: Maéstu Unturbe, F.: *Manual de neuropsicología*, Ediciones Viguera, Barcelona, pp. 219-256.