

PROSPECTIVA INDUSTRIAL

ADOLFO CASTILLA

Presidente del Capítulo Español
de la *World Future Society*

Vivimos en una sociedad tecnológicamente avanzada. La tecnología es ubicua y perversa en nuestro mundo y nos afecta de mil maneras. A nivel individual hace tiempo que una mayoría de los habitantes del planeta no podemos vivir sin la tecnología. Las empresas utilizan la tecnología profusamente para realizar su función de producir bienes y servicios,

distribuirlos y obtener beneficios de ello. La tecnología permite la inversión en todo tipo de actividades y muy especialmente la inversión industrial, la digital y la relacionada con las infraestructuras para los servicios avanzados. La economía y el crecimiento dependen de la tecnología existente y de las innovaciones tecnológicas que los hombres realizamos de forma continua. La sociedad recibe los impactos positivos, y a veces negativos, de la tecnología y de la industria y no puede hacer otra cosa que adaptarse a ellos. Dicha adaptación, por último, lleva consigo con frecuencia, la difusión de pensamientos e ideas distintos de los anteriores, el cambio de valores, el desarrollo de una nueva cultura y la aparición de nuevas actitudes y nuevos comportamientos (1).

En la actualidad, además, estamos entrando en una fase de evolución acelerada de la tecnología y de entrada de ésta en los mundos más recónditos del hombre, como su cerebro, su inteligencia y el interior mismo de sus células. Vivimos en la época de las innovaciones disruptivas, por decirlo con una palabra muy popular hoy, y estamos enfrentados todos, además, a conseguir un mundo inclusivo y sostenible.

Hablamos hoy de tecnologías exponenciales para referirnos a tecnologías como las digitales caracterizadas por un crecimiento acelerado de la innovación y el cambio tecnológico, que puede llevar, incluso, a la modificación profunda de la especie humana y a la aparición en un breve plazo de tiempo, según algunos autores, de un hombre posthumano (2).

Unido a esa presencia generalizada de lo tecnológico, el hombre moderno ha aprendido a girar 180 grados en su forma tradicional de avanzar mirando al pasado y lo hace ahora mirando al futuro. La inteligencia humana ha estado siempre relacionada a la capacidad del hombre, para prever e imaginar lo que está por venir.

No es extraño, por tanto, que existan actividades formales en nuestras sociedades relacionadas con pronosticar lo que puede ocurrir en el futuro, o simplemente reflexionar y conjeturar sobre ello, utilizando en el presente, único lugar, por cierto, en el que el hombre puede vivir, sentir, decidir y actuar, lo obtenido de esa reflexión.

Y no es extraño tampoco que gran parte de lo que indagamos sobre el futuro tenga que ver con la tecnología.

Ésta, de hecho, en comparación con otras dimensiones de la vida humana, como las creencias, las ideas o los valores, es más estable, tiene tendencias claras de evolución y, es, decididamente, más predecible.

Es entendible, por tanto, que exista un conjunto de actividades en nuestras sociedades relacionadas con lo que se ha dado en llamar «Prospectiva Tecnológica», «Prospectiva Industrial» y con un poco más de imaginación, «Prospectiva Tecnológica Industrial», nombre, éste último, muy unido al denominado «Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI)», especie de agencia pública creada en 1997 en España por el Ministerio de Industria y Energía de la época.

En este trabajo nos referimos a dichas actividades, pero lo haremos prestando atención más a los resultados conocidos de ellas que a la materia en sí misma, ya que no está claro que dicha materia tenga entidad suficiente como para ser tratada como una disciplina diferenciada, o que las instituciones que la practican sean de gran importancia por ello. Lo son, algunas de ellas, por los resultados que producen y precisamente a analizar algunos de dichos resultados es a lo que se dedica este trabajo fundamentalmente.

Damos nombres a muchas cosas y todos tratamos de hacer de nuestro campo de especialización una materia formal, seria y digna, pero disciplinas con bagaje suficiente de conceptos, teorías, leyes, métodos y técnicas, hay muy pocas.

PROSPECTIVA Y PREVISIÓN TECNOLÓGICA. UN BREVE RE-PASO HISTÓRICO ↓

Aunque nuestro trabajo no va ser conceptual ni va a referirse excesivamente a la materia en sí de su título, como hemos dicho ya, resulta inevitable hacer algunas consideraciones para situar los casos concretos que se discutirán en él un poco más adelante.

Puede que en España la actividad de Prospectiva Industrial haya sido definida y practicada con éxito por el ya mencionado OPTI. Una institución dedicada al estudio de la tecnología con enfoque industrial o sectorial, que tras sus tres primeros años de actividad fue transformada en Fundación y más recientemente, en 2012, unida a la Fundación EOI Escuela de Organización Industrial.

Su papel desde el principio y en esta última etapa está definido como sigue:

«El objetivo del Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial es generar una base de conocimiento sobre las tendencias tecnológicas más relevantes para el futuro desarrollo económico y social, que sirvan a su vez de apoyo a la toma de decisiones de carácter tecnológico tanto en el ámbito público como empresarial. Este objetivo es la respuesta a un panorama tecnológico que en nuestros días adquiere un carácter altamente complejo y cambiante. En este contexto, la prospectiva y la vigilancia tecnológica juegan un papel fundamental como herramienta estratégica al servicio de la empresa y las administraciones públicas».

Se pueden encontrar definiciones ad hoc de la Prospectiva Tecnológica tales como las siguientes:

«La observación a largo plazo del futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que, probablemente, produzcan mayores beneficios económicos y sociales».

«La perspectiva tecnológica es un proceso sistemático que analiza el estado actual y las perspectivas de progreso científico y tecnológico para identificar áreas estratégicas de investigación y tecnologías emergentes en las que concentrar los esfuerzos de inversión y así obtener los mayores beneficios económicos o sociales».

«La perspectiva tecnológica está orientada a un conjunto de técnicas que permiten definir la relevancia de una tecnología en un momento futuro. Una característica principal de la prospectiva es que parte de la existencias de varios posibles futuros (futurables y futuribles) los cuales se enmarcan en un contexto dado, que puede ser bajo la jurisdicción de un país, un sector o una empresa. La finalidad de la prospectiva tecnológica es facilitar la toma de decisiones donde la tecnología constituye un factor cada vez más determinante, y en el que el propio ritmo de cambio tecnológico, cada día más acelerado, incorpora un grado creciente de incertidumbre».

En cuanto a Prospectiva Industrial hay también definiciones, aunque no tanto con la intención de establecer un área específica de conocimientos, como de denominar estudios concretos.

Según InnovationPoint (3), una consultora internacional de innovación estratégica muy enfocada a tecnologías disruptivas, desarrollo de nuevos productos e innovación social, la Prospectiva Industrial busca:

«un conocimiento profundo de las tendencias emergentes, los drivers, los inhibidores y los elementos con capacidad de dislocar la situación de los mercados, con el objetivo de identificar las oportunidades de todo tipo que surjan en dichos mercados y en los sectores industriales diversos».

Creen además que:

«las organizaciones que practican la Prospectiva Industrial, están en mejor posición para establecer una estrategia que apoyándose en las tendencias de futuro les permita crear un liderazgo en los mercados».

La Prospectiva como marco de referencia ↓

Todas las definiciones sitúan las actividades de prospectiva industrial y prospectiva tecnológica bajo el paraguas de la Prospectiva, un área de conocimientos algo más amplia y más elaborada, con cierta tradición, autores conocidos, instituciones dedicadas a ella y proyectos destacados.

La Prospectiva como actividad formal de reflexión sobre el futuro, es decir, como imaginación o conjetura sobre lo no acontecido, tiene su origen, como se sabe, en la

Francia de los años 40 y en el París ocupado de la Segunda Guerra Mundial. Eso por lo que se refiere al uso moderno del término y por lo que podríamos llamar propiamente «Prospectiva Moderna». Respecto a lo primero fue el filósofo, hombre de empresa y administrador público francés, Gastón Berger (1896-1960), el que utilizó el término «*prospective*» para designar una actividad del pensamiento humano inversa a la recogida por la palabra más común, «*retrospective*», y que de forma similar a como esta última se refiere a recrear o mirar el pasado desde el presente, u observar hacia atrás, la primera tiene que ver con las mismas actividades relacionadas con lo que no ha ocurrido y está por venir. Es como girar 180 grados en la forma tradicional de como las sociedades humanas habían avanzado hasta entonces. Ambas son actividades de la mente del hombre de similar naturaleza, aunque es verdad que en lo relativo al pasado existen los hechos y su historia, cosa que no existe en lo relativo al futuro, aunque la mente humana pueda muy bien imaginarlos.

En los Estados Unidos el nombre por el que se conocieron inicialmente los estudios del futuro fue el de *Technological Forecasting*. Posteriormente se inventó, un poco artificialmente, la denominación *Futures Research* y más adelante se ha utilizado por algunos la de *Foresight*. Este último término sería el más cercano etimológicamente al francés *Prospective*, denominación esta última que nunca se ha abierto camino en inglés, probablemente por ser una palabra inglesa relacionada con el futuro pero con significado más específico (4).

Gran parte de la actividad realizada en ese país se debió a los primeros años de la RAND Corporation, una institución ligada a la Fuerza Aérea norteamericana que fue creada en 1948, justo después de la Segunda Guerra Mundial. Su labor de investigación fue fundamental para el ejército y la defensa de aquel país durante bastantes años. Gran parte de las técnicas de estudio del futuro como, el DELPHI, los Impactos Cruzados, el Análisis Morfológico, los Árboles de Relevancia o la Construcción de Escenarios, fue desarrollada por la RAND Corporation en los años más intensos de la Guerra Fría. Personajes como Herman Kahn, que fue Director de Estrategia de la institución durante dichos años, y varios otros como Olaf Helmer, Ted Gordon y muchos más, trabajaron en la RAND y al terminar sus contratos fueron los difusores de la Prospectiva o Previsión Tecnológica en los años 80 y siguientes. En la RAND, por otra parte, estuvieron como consultores personalidades de la máxima categoría mundial como John von Neumann, Kenneth Arrow, o Francis Fukuyama entre otros (5).

Posteriormente la institución dejó de dedicarse sólo a las Fuerzas Armadas americanas y orientó su actividad a miles de clientes públicos y privados realizando actividades de investigación y desarrollo para empresas e instituciones de todo el mundo. Siempre en relación con la tecnología y los cambios tecnológicos.

ALGUNOS EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA PROSPECTIVA INDUSTRIAL ↓

Ya podemos deducir de la revisión de la materia que nos ocupa realizada en el apartado anterior, que se trata en ella, siempre y en primer lugar, de identificar las tendencias más destacadas de tipo tecnológico, y por extensión, de otros tipos, en áreas industriales diversas, que se producen en nuestro mundo. También, de hacer predicciones basadas en dichas tendencias, así como conjeturas alternativas sobre lo que posiblemente ocurrirá. Siempre en el territorio de las diversas industrias existentes en nuestras sociedades o posibles industrias futuras, y, como es lógico, para ayudar en la toma de decisiones, en la formulación de políticas de actuación y en la gestión en general de empresas e instituciones diversas, incluidas las públicas.

Los trabajos realizados dentro de esta materia están especialmente al servicio de las actividades de I+D y se relacionan muy directamente con otras actividades cercanas como la Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva.

En la sociedad actual regida por el libre mercado y la competitividad, y con mercados y competidores cada vez más globales, todos, pero especialmente las empresas y los que las dirigen, deben prever acontecimientos con antelación y actuar con inteligencia, especialmente en el terreno de la tecnología. Equivocarse en cuanto a la tecnología elegida puede resultar catastrófico para una empresa.

Lo mejor en relación con esas cuestiones es analizar algunos ejemplos de Prospectiva Industrial y Prospectiva Tecnológica.

TechCast Global ↓

Una de las instituciones más destacadas a nivel mundial en cuanto a identificar las tendencias tecnológicas, hacer predicciones y analizar sus posibles impactos económicos y sociales, incluyendo los sectoriales, es *TechCast Global* (6).

Se trata de una empresa surgida de los trabajos de predicción tecnológica del Profesor William E. Halal y sus asociados en las universidades George Washington y George Mason.

Desde hace bastantes años Halal y su equipo han venido haciendo una intensa labor de investigación en el terreno de la predicción tecnológica que en 1998 llevaron a la constitución de una plataforma Web para hacer predicciones on-line, automatizadas y mejoradas continuamente. En realidad han llegado a crear un sistema de inteligencia compartida avanzado en el terreno de la tecnología sectorial o industrial.

Utilizan diversas técnicas de predicción y prospectiva, muy especialmente el Método DELPHI. Para ello disponen de un impresionante Panel de Expertos en el que se incluye más de 150 personalidades científicas.

FIGURA 1
PROSPECTIVA INDUSTRIAL AL SERVICIO DE LA DIRECCIÓN ESTRATÉGICA DE UNA EMPRESA



Fuente: Traducción de gráfico tomado de: www.techcastglobal.com

cas y técnicas de todo el mundo que trabajan en la vanguardia de los campos más avanzados.

El profesor Halal es una personalidad mundial en el terreno de lo que en inglés se denomina *Technological Forecasting*, es miembro de la *World Future Society*, conferenciante habitual en muchos foros y asesor de instituciones públicas y privadas de todo el mundo. Ha estado muy unido a los centros de actividades de predicción y a los diversos autores que especialmente en los Estados Unidos han dado forma a través de los años a estas actividades.

Como se ve en los escritos de William Halal y se describe en los folletos de Tech Cast Global y en su Página Web, su interpretación de la realidad actual está dominada por la idea de que la revolución tecnológica, la globalización y otros cambios transformadores de nuestro mundo, están dirigiendo los fenómenos de destrucción creativa de los mercados, la introducción de productos y servicios disruptivos y alterando de manera radical el trabajo en empresas y organizaciones diversas

Para ayudar a prever dichos cambios realizan una labor de recogida profunda de datos que someten a la inteligencia colectiva de su grupo de expertos globales,

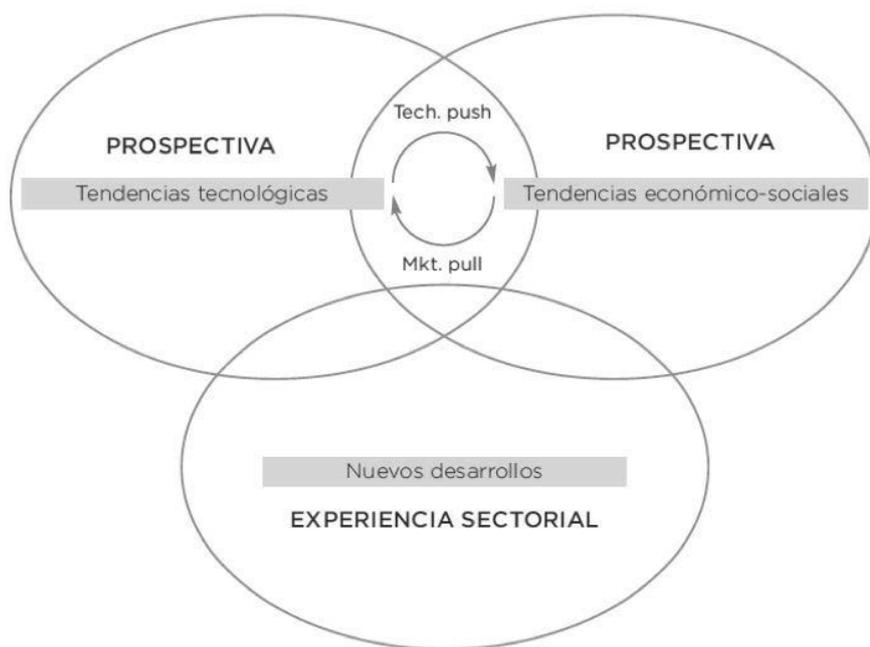
los cuales, con metodologías muy depuradas pronostican las tecnologías más importantes en el futuro, las innovaciones y procesos de cambio tecnológico más radicales, las tendencias sociales y de otro tipo y los comodines, o «*wild cards*», como se dice en inglés, que producen las transformaciones globales.

Prestan atención al corto plazo y a los detalles del mercado para uso práctico pero proporcionan una amplia cobertura a largo plazo de todos los posibles cambios estratégicos que una empresa debe adoptar, los niveles de adopción de una determinada tecnología, los tamaños potenciales de los mercados que se crearán y los impactos sociales más importantes que se generarán.

Proporcionan mediante una suscripción on-line un servicio completo de gran calidad y amplitud que permite relacionar los cambios tecnológicos a las estrategias de las empresas, tal como se ve en el siguiente gráfico tomado de la misma Página Web de TechCast (7).

TechCast Global realiza predicciones tecnológicas presentadas por industrias y también agrupadas por áreas estratégicas tales como: Energía y Medio Ambiente, Tecnologías de la Información, e-Commerce, Manu-

FIGURA 2
ESQUEMA METODOLÓGICO EMPLEADO POR EL OPTI



Fuente: Fundación OPTI, Oportunidades tecnológicas e industriales para el desarrollo de la economía española. Madrid, marzo 2010

factura y Robótica, Medicina y Biogenética, Transporte y Espacio.

En todas ellas se listan innovaciones y cambios tecnológicos que probablemente ocurrirán en los próximos 30 años, con fechas aproximadas de ocurrencia.

Lo más importante, por otra parte, de la labor de esta institución, es el servicio que prestan a sus miembros en cuanto al uso adecuado de las predicciones realizadas. En el gráfico anterior se indica el papel de ellos en la formulación de estrategias, en la cual deben influir las predicciones tecnológicas e industriales pero también varias otras dimensiones de la realidad.

Es por otra parte muy destacable la propuesta que se hace sobre cuatro aspectos imprescindibles para la gestión de la tecnología y que pueden muy bien practicarse con los resultados de prospectiva tecnológica que TechCast Global ofrece:

1. Seguimiento de las tecnologías estratégicas. Los sistemas de investigación en línea ofrecen ahora ventajas al rastrear tecnologías emergentes críticas y tendencias, y al anticipar su probable impacto en la empresa.
2. Desarrollar Oportunidades Creativas. Las tendencias deben ser exploradas cuidadosamente, para descubrir oportunidades creativas y para convertir avances disruptivos en empresas con éxito.
3. Involucrar a las partes interesadas. Conocimiento crítico, buenas ideas y compromiso, son aspectos

que se consiguen al trabajar conjuntamente con empleados, socios, clientes y otras partes interesadas.

4. Planificar tanto el fracaso como el éxito. El fracaso puede ofrecer lecciones de las que aprender y una buena gestión de la tecnología puede hacer que las empresas se protejan contra el riesgo.

El Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) ↓

Es obligado hacer referencia a esta institución española aunque su labor es muy conocida y seguramente será mencionada en otros trabajos de esta revista. Además de su nombre relacionado con el tema que tratamos, ellos mismos denominan a parte de su actividad como de Vigilancia Tecnológica (8).

La institución, como se ha dicho anteriormente, fue creada en 1997 por iniciativa del Ministerio de Industria y Energía y tres años después fue transformada en una Fundación. Posteriormente fusionada con la Fundación Escuela de Organización Industrial (Fundación EOI) y a partir de mayo de 2012 constituida como una Unidad de Negocio dentro de la EOI.

La labor realizada hasta ahora, especialmente la de publicación de informes de prospectiva industrial, ha sido muy importante. Uno de sus primeros informes, «Oportunidades tecnológicas e industriales para el desarrollo de la economía española», sigue siendo un trabajo de referencia de enorme calidad y utilidad. Es un ejemplo

notable de lo que probablemente debe ser la Prospectiva Industrial (9).

Trabajaron en él 200 expertos altamente cualificados que se agruparon en tres paneles distintos: Panel Estratégico (Paso 1: Síntesis documental, Paso 2: Primera selección de áreas y sectores); Paneles sectoriales (Paso 3: análisis especializado por áreas y sectores, Paso 4: Informes sectoriales); 2º Panel Estratégico (Paso 4: Informes sectoriales, Paso 5: Informe final).

Se identificaron 14 áreas de trabajo prioritarias, con potencial de crecimiento; 87 oportunidades de desarrollo sobre las cuales se aporta un análisis detallado; de las cuales se seleccionaron 15 oportunidades consideradas de alta relevancia y carácter estratégico, y 12 acciones transversales, que podían influir sobre la consecución de todas las oportunidades estudiadas.

Todo ello además referido a las siguientes industrias o sectores:

1. Agroalimentación; 2. Movilidad/intermodalidad; 3. Automoción; 4. Transporte por ferrocarril; 5. Tecnologías de producción; 6. Bienes de consumo; 7. E-Salud – Tecnología sanitaria; 8. Gestión de residuos sólidos; 9. Gestión del ciclo integral del agua; 10. EERR – Redes de distribución; 11. Eficiencia energética; 12. Energía nuclear; 13. Seguridad y Defensa; 14. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Posteriormente el OPTI ha seguido produciendo informes de gran valor, tales como: «Tecnologías para el Envejecimiento Activo» (10), «Informe de Prospectiva Tecnológica sobre el impacto de la Biotecnología en el sector Salud 2020» (11), «Informe de Prospectiva de Nuevos Materiales Inteligentes» (12), «Informe de Prospectiva de Energías Renovables» (13), «Informe de Prospectiva de Medio Ambiente y Servicios Públicos» (14) y varios otros.

Asimismo ha publicado unos informes más cortos a los que más propiamente llaman de Vigilancia Tecnológico, entre los que están los referidos a las siguientes industrias: Metal Mecánico, Agroalimentario, Plásticos, Acuicultura, Calzado, Pesca y Biomasa.

La labor del OPTI en cuanto a prospectiva tecnológica e Industrial es esquematizada en la figura situada más arriba tomada de uno de sus informes:

The Millennium Project ↓

Se puede mencionar también una institución muy destacada de carácter internacional. Se trata del llamado, *The Millennium Project*, un *think tank*, independiente, sin fines de lucro y orientado a la realización continua de estudios de prospectiva globales en régimen participativo con instituciones de todo el mundo. Su sede está en Washington DC y dispone de una red de más de 53 nodos alrededor de todo el mundo (15).

Publica multitud de informes de prospectiva con gran énfasis en las tecnologías de todo tipo. Entre los más importantes son los llamados, *State of the Future*, el último

de los cuales se refiere al periodo 2015-2016 (16). Existiendo otros regionales publicados cada año.

Publica además informes específicos sobre grandes problemas tecnológicos a los que el mundo se enfrenta hoy. Recientemente se ha preocupado por la automatización extrema del trabajo que está haciendo temer a todos la aparición de un desempleo masivo en el mundo, con particular influencia en los países desarrollados.

Puede haber esperanza, sin embargo, y de eso nos habla el último informe que ha producido recientemente *The Millennium Project*. Se trata de, *2050 Global Work/Technology Scenarios* (17).

Se formulan en él tres escenarios alternativos de contenido extenso, detallado y referente a todos los temas que nos preocupan hoy sobre la tecnología y el trabajo.

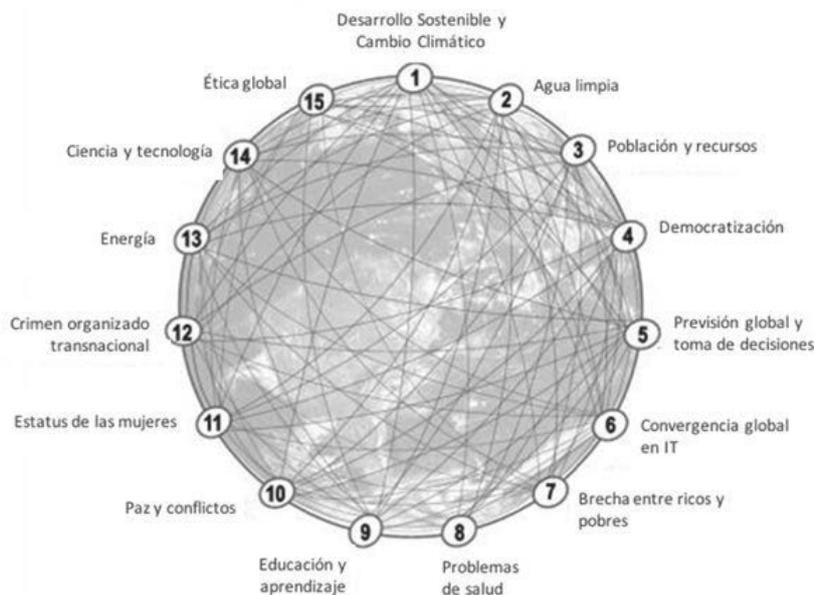
- El Escenario 1 es un escenario continuista en el que a pesar de la complejidad actual del tema trabajo/tecnología y de la mezcla de posibilidades positivas y negativas, el mundo termina teniendo un éxito relativo y el año 2050 aparece como aceptable para todos.
- El Escenario 2 descrito como de turbulencia política y social y de desesperación y pesimismo respecto al futuro, es el más negativo de los tres.
- El Escenario 3, por último, descrito como el de la liberalización total del hombre y sus capacidades y como el de la consecución de una economía y una sociedad de hombres autorealizados, es positivo en extremo y nos llena de esperanza e ilusión.

La red de nodos alrededor el mundo de *The Millennium Project*, lo hace único, y es probable que sea hoy la mejor y más sólida institución mundial en este terreno.

El informe mencionado y varios otros publicados por esta institución han puesto énfasis en la cada vez mayor automatización del trabajo, en el aumento de la inteligencia de las máquinas y en el desalojo de las personas de sus puestos de trabajo tradicionales que esos fenómenos traerán consigo. La Inteligencia Artificial Fuerte (*Strong Artificial Intelligence* o SAI), la Inteligencia Artificial General (*Artificial General Intelligence* o AGI) y la Inteligencia Artificial Superior (*Artificial Super Intelligence* o ASI), que se nos vienen encima sin remisión, auguran un futuro diferente para el hombre y para el trabajo.

Hacia 2020 considera el informe que las cosas irán lentas en cuanto a la aplicación de las tecnologías de automatización del trabajo, como la inteligencia artificial, la robótica, biología sintética, la impresión 3D / 4D y bio-impresión, la IO (Internet de las cosas), aviones no tripulados (y otros vehículos autónomos), la nanotecnología, VR (realidad virtual) y AR (realidad aumentada), análisis de la nube, y las sinergias entre otras tecnologías extraordinarias. A partir de ese año la adopción de esas tecnologías se acelerará en el mundo y su impacto será en principio muy negativo.

FIGURA 3
15 RETOS MUNDIALES SEGÚN THE MILLENNIUM PROJECT



Fuente: State of the Future 2015-2016

La incertidumbre se difunde hoy el mundo a gran velocidad, tanto en temas económicos, como sociales y políticos, y el informe que comentamos se refiere a ello. Y es curioso porque vivimos una época plena de innovación tecnológica y creatividad en la que existen innumerables áreas de actividad. Son áreas desde luego muy distintas a las que prevalecían en el mundo hace aproximadamente un siglo, relacionadas, como se sabe, con la electricidad y electrificación de las ciudades, con el automóvil y toda la industria automovilista, con el transporte aéreo, con la construcción de grandes ciudades, grandes edificios y grandes infraestructuras, con las telecomunicaciones y sus redes, con la mejora de las viviendas y la utilización masiva de electrodomésticos, con el desarrollo de la industria química, y mil cosas más, todas intensivas en capital y en empleo.

En línea con esas predicciones, los informes anuales publicados por esta institución prestan atención a los grandes retos a los que se enfrenta la humanidad, deteniéndose siempre en las posibilidades de la ciencia y la tecnología para conjurarlos. En uno de sus últimos informes anuales se mencionan los grandes retos identificados en la figura anterior.

10 Tendencias tecnológicas del grupo Gartner para 2017 ;

Aparte de las tres instituciones mencionadas hasta ahora dedicadas a la Prospectiva en general y a la Prospectiva Tecnológica y a la Industrial, existen hoy multitud de otras instituciones que hacen estudios de Prospectiva Tecnológica.

Recogemos por su interés, y como ejemplo, las 10 tendencias más destacadas del sector digital que el Grupo Gartner publicó en octubre del pasado año (18). La

compañía Gartner Inc., con sede en Stamford, Connecticut, Estados Unidos, conocida como Gartner Group hasta el año 2001, es una empresa consultora y de investigación fuertemente especializada en las tecnologías de la información. Las tendencias incluidas en su informe pertenecen sólo al sector de la información, la comunicación y el conocimiento

Las diez tendencias descritas y analizadas en el informe Gartner son:

1. Avances destacados en la Inteligencia Artificial y en el Aprendizaje de las Máquinas. Las tecnologías relacionadas con el deep learning de las máquinas, las redes neuronales y el procesamiento del lenguaje natural, avanzarán de forma importante en los próximos años. Esto puede producir sistemas avanzados capaces de entender, aprender, predecir, adaptarse y potencialmente operar automáticamente actividades muy diversas.
2. Apps cada vez más inteligentes. Se avanzará mucho en el terreno de las aplicaciones inteligentes, que incluyen tecnologías como los Asistentes Personales Virtuales (APV), las cuales tienen el potencial de transformar el lugar de trabajo facilitando las tareas cotidianas (priorizando los correos electrónicos) y sus usuarios (destacando contenidos e interacciones importantes).
3. Cosas inteligentes. Dicho de una manera general, las cosas inteligentes se dividen en tres categorías: robots, drones y vehículos autónomos. Cada una de estas áreas evolucionará de una forma importante para impactar un segmento más grande del mercado y soportar una nueva fase del negocio

digital, pero éstas representan sólo una faceta de las cosas inteligentes.

4. Realidad virtual y realidad aumentada. La realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR) transforman la forma en que los individuos interactúan entre sí y con los sistemas de software creando entornos inmersivos.
5. Gemelos digitales. Dentro de tres a cinco años, miles de millones de cosas serán representadas por gemelos digitales (*digital twin*), unos modelos de software dinámicos de una cosa o sistema físico. Utilizando datos físicos sobre cómo los componentes de una cosa operan y responden al medio ambiente, así como los datos proporcionados por los sensores en el mundo físico, un gemelo digital puede ser utilizado para analizar y simular las condiciones del mundo real, cómo responde a los cambios, y cómo se pueden mejorar las operaciones y agregar valor.
6. Cadena de bloqueo. Una cadena de bloques (blockchain) es un tipo de libro de contabilidad o de control distribuido en el que las transacciones de cambio de valor (en bitcoin u otro símbolo) se agrupan secuencialmente en bloques. Los conceptos de cadena de bloques y libros de contabilidad distribuidos están ganando terreno porque encierran la promesa de transformar modelos operativos de la industria de que se trate en sectores como la distribución de música, la verificación de identidades y el registro de títulos.
7. Sistemas conversacionales. Los sistemas de conversación en lenguajes humanos realizados a través de las máquinas pueden ir desde simples conversaciones de texto o voz bidireccionales, como una respuesta a «¿Qué hora es?», a interacciones más complejas como la recopilación de testimonios orales de testigos de delitos para generar un boceto de un sospechoso. Se espera una evolución acelerada de estos sistemas.
8. Aplicación de las mallas y cambios en la arquitectura de servicios. Se difundirán de forma destacada en los próximos años las mallas digitales inteligentes (mesh en inglés), las cuales requerirán cambios en la arquitectura, tecnología y herramientas utilizadas para desarrollar soluciones digitales.
9. Plataformas de tecnología digital. Se desarrollarán de forma muy importante las plataformas de tecnología digital las cuales proporcionan las herramientas de construcción de múltiples negocios digitales y son necesarias para la entrada en el mundo digital. Cinco tipos de plataformas serán necesarias: sistemas de información, experiencia del cliente, análisis e inteligencia, Internet de Cosas y ecosistemas empresariales.
10. Arquitectura de seguridad de las redes adaptable. La evolución de las mallas digitales inteligentes, las plataformas de tecnología digital y las arquitectu-

ras de aplicaciones, significa que la seguridad tiene que ser fluida y adaptable. La seguridad en el entorno del Internet de las Cosas particularmente, representa un reto destacado de futuro.

UNIDO. *United Nations Industrial Development Organization* ↓

La UNIDO, o ONUDI, es la agencia especializada de las Naciones Unidas que promueve el desarrollo industrial para la reducción de la pobreza, la globalización inclusiva y la sostenibilidad ambiental.

Fue constituida como unidad autónoma de las Naciones Unidas en noviembre de 1966 con la misión de promover y acelerar la industrialización de los países en vías de desarrollo.

En su última conferencia plenaria celebrada en Lima en 2013 se actualizó su misión como la de promover y acelerar un «desarrollo industrial inclusivo y sostenible» (acuñándose el acrónimo ISID para definitivo).

En línea con ese enfoque ONUDI ha adoptado más recientemente la «Agenda para el Desarrollo Sostenible y Objetivos relacionados con dicho Desarrollo para el año 2030 (SDGs)» la cual está destinada a «Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación».

Mencionamos aquí esta institución porque desde hace algún tiempo práctica de forma importante lo que llama *Technology Foresight*, concibiendo su práctica como uno de los elementos más actuales y avanzados del proceso de desarrollo industrial. Considera esta institución que la prospectiva tecnológica proporciona elementos importantes para la formulación de políticas y estrategias y para la guía y orientación de todo tipo de infraestructuras tecnológicas, además de proporcionar soporte a la innovación, ayuda a las empresas en el terreno de la gestión de la tecnología en general y en el de la transferencia de tecnología en particular, lo cual permite aumentar la competitividad y el crecimiento.

Como se explica en su página Web, la ONUDI, en respuesta a las solicitudes de los países miembros, está aplicando iniciativas mundiales y regionales sobre prospectiva tecnológica. El objetivo es crear la capacidad de utilizar la previsión como una herramienta práctica para diseñar políticas y estrategias que exploten las tecnologías emergentes y las tecnologías críticas en beneficio de los países en desarrollo y los países con economías en transición. Actualmente, la ONUDI está llevando a cabo iniciativas regionales en Asia, América Latina, Europa Central y Oriental (CEE) y los Nuevos Estados Independientes (NEI) (19).

La iniciativa de prospectiva tecnológica también ofrece metodologías adecuadas para promover el desarrollo sostenible e innovador, fomentando los beneficios económicos, ambientales y sociales a nivel nacional y regional. Sus resultados son políticas y programas que se ocupan de la innovación, el crecimiento industrial y la competitividad.

ONUDI tiene actualmente iniciativas de Technology Foresight en Asia, en Europa (CEE/NIS), en Latinoamérica y otras de carácter global. Según lo que se indica en las páginas Web de esta organización, los objetivos en cada caso son:

- Asia. Los objetivos de la Iniciativa Regional del FT en Asia son crear conciencia sobre la prospectiva tecnológica para diseñar estrategias de desarrollo tecnológico futuro, compartir el pensamiento actual con un enfoque regional y establecer las bases para la cooperación entre la ONUDI y la región d. el sudeste asiático.
- Europa. La iniciativa tiene por objeto responder a la necesidad de una visión de desarrollo a medio y largo plazo de la región, así como para centrar más la tecnología en las instituciones nacionales y regionales pertinentes basadas en el conocimiento.
- América Latina. TF en América Latina y el Caribe. Este programa fortalece la capacidad institucional mediante proyectos de prospectiva regional o multinacional centrados en sectores económicos críticos.
- Global. La iniciativa mundial de la ONUDI sobre prospectiva tecnológica se basa en experiencias regionales destinadas a proporcionar instrumentos y metodologías para aplicar la prospectiva a la toma de decisiones estratégicas, al tiempo que establece una red comunitaria abierta para el intercambio de conocimientos y la difusión de experiencias de FT entre los agentes interesados de las regiones.

Transformación digital de la industria española, Industria 4.0 y Agenda digital

Cabría mencionar, por último, las actividades desarrolladas en España por diversos ministerios e instituciones en favor de una digitalización de la empresa, de la economía y de la sociedad. Entre otras iniciativas pueden mencionarse las siguientes.

Como se indica en su página Web, la iniciativa Agenda Digital para España del Ministerio de Industria, Turismo y Agenda Digital tiene seis objetivos:

1. Fomentar el despliegue de redes y servicios para garantizar la conectividad digital
2. Desarrollar la economía digital para el crecimiento, la competitividad y la internacionalización de la empresa española
3. Mejorar la administración electrónica y los servicios públicos digitales
4. Reforzar la confianza en el ámbito digital
5. Impulsar la I+D+i en las industrias de futuro
6. Promover la inclusión y alfabetización digital y la formación de nuevos profesionales TIC (20).

Relacionado con la iniciativa anterior existe un informe de gran interés sobre la transformación digital de la Industria Española (Industria conectada 4.0) realizado en 2014 y actualmente en fase de implementación. Como se indica en su prólogo, redactado por el ministro de industria de ese momento, «La transformación digital permitirá obtener productos con un mayor valor añadido, permitirá disponer de procesos productivos más eficientes y abrirá la oportunidad a nuevos modelos de negocio».

Otras iniciativas españolas tiene que ver con Internet de las Cosas, *Smart Cities* y todo un conjunto de transformaciones tecnológicas destinadas a cambiar de forma importante nuestra sociedad.

Todo a su vez está relacionado con las revoluciones tecnológicas en marcha, *Wittherconwt* (la cuarta revolución industrial), las cuales, dicho muy brevemente, tienen que ver con las siguientes revoluciones o, pequeñas revoluciones:

- la relacionada con la tecnología digital y especialmente con Internet que nos lleva con rapidez a la denominada Era Digital;
- la Convergencia NBIC (Nanotecnología-Biotecnología-Infotecnología-Cognotecnología);
- los avances relacionados con el conocimiento del cerebro, con la inteligencia artificial fuerte, con la mente y la consciencia;
- todo lo que tiene que ver con la mecánica cuántica; y
- el conocimiento del Universo en sus dimensiones cósmicas.

Lo que nos espera puede ser algo muy diferente a lo que hemos vivido. Nicholas Negroponte, uno de los grandes gurús tecnológicos de nuestro tiempo, presidente fundador del Media Lab del MIT, centro en el que se han gestado muchas de las aplicaciones «multimedia» avanzadas hoy en fase de difusión en la sociedad, lo dijo hace algunos años en Madrid: «La Sociedad de la Información, como revolución, es algo ya pasado. Lo que se nos viene ahora encima es mucho más importante: puede que estemos ante una nueva Civilización».

Los Estados Unidos, el país más avanzado del mundo científica y tecnológicamente hablando, y también quizás el de mayor vigor actual en términos intelectuales y culturales, ha venido anunciando las revoluciones científicas de largo alcance relacionadas con la Biología y la Nanotecnología, ha prestado una atención inusitada desde antiguo a las Ciencias Cognitivas y, más recientemente, ha mostrado un interés serio por el transhumanismo y el hombre post-humano. Por no hablar de la propia revolución digital y de la Sociedad de la Información, obras americanas dónde las haya.

Más recientemente (hace varios años ya) han dado un aldabonazo enormemente sonoro al anunciar lo que puede ser la gran convergencia tecnológica del siglo XXI. Se trata de lo que ellos llaman la «Convergencia NBIC (Nano-Bio-Info-Cogno)», es decir, la simbiosis profunda de las tecnologías de la información con la genética y la biotecnología, la nanotecnología y las ciencias del conocimiento.

Uno de los hilos conductores de esa convergencia está formado por la revolución digital, por el consecuente avance de los ordenadores y por la aplicación de ambos a otras áreas activas científica y tecnológicamente hablando. La Sociedad de la Información y sobre todo la tecnología digital en la que se basa, tiene por ello más trascendencia de lo que muchos imaginan. Puede que el máximo de su potencial en cuanto a impacto en la economía, en la sociedad y en los individuos aislados, haya sido de momento alcanzado a través de la gran convergencia entre las Telecomunicaciones, la Informática y Tecnologías de la Información y los Medios, especialmente los Audiovisuales, en el centro de la que nos encontramos. Mucho se ha escrito ya y mucho se discute hoy sobre esta convergencia, la cual dará todavía mucho de sí. Pero mucho más cabe esperar de la interrelación de la tecnología digital, que está en la base de esa Sociedad, con otras tecnologías. Es otra gran convergencia de alcance mucho mayor que la vivida.

La Sociedad de la Información, de la Comunicación o del Conocimiento, como alternativamente se la conoce, hace referencia, sobre todo, a los resultados producidos por esa convergencia de la Telecomunicaciones, la Información y los Medios en términos de tecnología, nuevos productos y servicios, nuevo tipo de empresas, nuevos tipos de trabajos, nuevas profesiones, y en general, nueva economía. También y, como consecuencia, nueva organización social, nuevas instituciones, nueva legislación. Y finalmente, y a su debido tiempo, nuevas mentalidades, nuevas culturas, nuevos comportamientos y nuevos valores.

CONCLUSIONES: LA ABUNDANTE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA DISPONIBLE SOBRE EL FUTURO ↓

De lo revisado en este trabajo se puede concluir que la prospectiva tecnológica con enfoque industrial es muy practicada en nuestros días. También que hay multitud de estudios sobre las tecnologías del futuro. No hay de hecho ni un solo área industrial en la que no se disponga de predicciones de todo tipo. Hay, efectivamente, mucha más información de la que se utiliza de una forma generalizada y concreta, lo cual es debido en parte, a que no hay -- dependiendo del país, claro está -- tantas empresas tecnológicas y tanta actividad sería y sólida de I+D, como cabría pensar.

Una mayoría de países tienen estudios concretos de prospectiva tecnológica e industrial y muchos tienen

instituciones que realizan dichos estudios de forma continua.

Más difícil es encontrar explicaciones detalladas de cómo, gobiernos, empresas, e instituciones determinadas, emplean la información disponible sobre tendencias tecnológicas, predicciones y escenarios alternativos. Sabemos que todos esos temas son importantes, como se ha dicho ya, para que las políticas de actuación, las actuaciones propiamente dichas y las decisiones a tomar en el presente, sean mejores. Y, por supuesto, para reducir la incertidumbre sobre las inversiones a realizar y sobre los recursos a poner en marcha.

La prospectiva en este sentido es sólo un truco lógico que nos permite imaginar lo que puede ser el futuro para traerlo al presente y, junto con lo que nos muestra el pasado y lo que nos indica el análisis de la realidad en el momento en que se viva, permite tomar mejores decisiones en todos los sentidos.

La tecnología es un terreno en el que dicho proceso de imaginar el futuro y superponerlo sobre lo que nos dice el pasado y lo que refleja el presente, es más fácil de llevar a cabo. Se refiere a hechos físicos, los cambios son inerciales, las tendencias son medibles, para las predicciones hay múltiples técnicas y las conjeturas son relativamente fáciles de hacer.

NOTAS ↓

- [1] El blog del autor de este trabajo, Cosmovisiones, se dedica a analizar los cambios en las interpretaciones de los hombres sobre su mundo y su existencia deducidas de los grandes descubrimientos científicos. Ver: <http://acandas.es/cosmovisiones/>
- [2] Nunca como ahora, por ejemplo, han estado tan activas las instituciones dedicadas a la regulación y legislación de las nuevas tecnologías. Las leyes se quedan obsoletas y en todos los países y en Europa en su conjunto, se revisan todas las leyes y se preparan cambios fundamentales. Ver por ejemplo: G7 DECLARATION ON RESPONSIBLE STATES BEHAVIOR IN CYBERSPACE y P8_TA-PROV (2017) 0051. Normas de derecho civil sobre robótica, del Parlamento Europeo.
- [3] <http://www.innovation-point.com/>
- [4] En otros lugares hemos escrito ampliamente sobre Prospectiva y los interesados pueden consultar varias referencias. Nuestro énfasis en este trabajo, como se ha dicho ya, se va a concentrar más bien en comentar y dar noticia de algunos proyectos e instituciones relacionados con la Prospectiva Tecnológica y la Industrial. Una última publicación puede verse en <http://prospektiker-prospectiva20.blogspot.com>
- [5] <https://www.rand.org/>
- [6] <https://www.techcastglobal.com/>
- [7] <https://www.techcastglobal.com/>
- [8] <http://opti.org/que.asp>.
- [9] <http://www.opti.org/publicaciones/pdf/texto142.pdf>. Marzo de 2010.
- [10] <http://www.opti.org/publicaciones/pdf/texto218.pdf>
- [11] <http://www.opti.org/publicaciones/pdf/texto205.pdf>

- [12] <http://www.opti.org/publicaciones/pdf/texto222.pdf>
 [13] <http://www.opti.org/publicaciones/pdf/texto221.pdf>
 [14] <http://www.opti.org/publicaciones/pdf/texto223.pdf>
 [15] <http://millennium-project.org/>
 [16] <http://millennium-project.org/millennium/201516SOF.html>
 [17] <http://www.millennium-project.org/millennium/Work-Tech-2050-Scenarios.pdf>
 [18] <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technology-trends-2017/>
 [19] <http://www.unido.org/>
 [20] <http://www.agendadigital.gob.es/agenda-digital/Paginas/agenda-digital.aspx>

BIBLIOGRAFÍA

- Armstrong, J.E. y W.W. Harman (1980) *Strategies for conducting technology y assessment*, Westview Press, Bouldes.
 Bostron, Nick (2014), *Superintelligence. Paths, Dangers, Strategies*, Oxford, University Press. Oxford, UK.
 Braun, Ernst (1986) *Tecnología Rebelde*, Fundesco, Madrid.
 Brockman, John (2015), *What to think about machines that think*, Harper Perennial, NY.
 Castells, Manuel (1996) *La Era de la Información. Economía, Sociedad y Cultura. 3 Volúmenes. Vol.1: La Sociedad Red, Vol.2: Brockman, John (Editor) (2002) The next fifty years*, Vintage Books, New York. *El Poder de la Identidad, Vol.3: Fin de Milenio*, Alianza Editorial, Madrid.
 Castilla, Adolfo (1980), *Innovación industrial*. Fundación Universidad-Empresa. Madrid,
 Castilla, Adolfo (1981), *La innovación industrial y el empleo*. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, Madrid,
 Castilla, Adolfo (1987), *La sociedad española ante las nuevas tecnologías*. Fundesco, Madrid.
 Castilla, Adolfo (1989), «Historias de la Informática». *Revista CHIP*, Madrid. .
 Castilla, Adolfo (1989) (Co-editor), *La economía de las telecomunicaciones, la información y los medios de comunicación*. Fundesco, Madrid..
 Castilla, Adolfo y José Antonio Díaz (1989), *Ocio, trabajo y nuevas tecnologías*. Fundesco, Madrid.
 Castilla, Adolfo (1990) (Coautor), *España 1999. Imágenes del Futuro*. Ediciones Temas de Hoy, Madrid.
 Castilla, Adolfo (1997), «Valores humanos y valores económicos: tendencias y contradicciones» en *Tendencias de Futuro en la Sociedad Española*. Editores: José Felix Tezanos, José Manuel Montero y José Antonio Díaz. Editorial Sistema, Madrid, 1997
 Castilla, Adolfo (2000), «Cambios tecnológicos y escenarios del nuevo siglo» en *Escenarios del nuevo siglo*. Editor: José Felix Tezanos. Editorial Sistema. Madrid.
 Castilla, Adolfo (2000), «Las Tecnologías del Siglo XXI: Tendencias y Escenarios. El Futuro de la Sociedad Post-Industrial», publicado en Conferencias, Ponencias, Comunicados y Conclusiones del VI Congreso de Ingenieros del ICAI. Madrid.
 Castilla, Adolfo (2002), «Control Social de la Técnica» (Posibilidades ante un futuro Post-Humano del hombre), en *Nuevas Tecnologías y Futuro del Hombre*. Editor: A Blanch. Universidad Pontificia Comillas. Madrid.
 Comings, David (1996) *The Gene Bomb*, Hope Press, Duarte.

- Dyaz, Antonio (1999) *Mundo Artificial*, Ediciones Temas de Hoy, S.A., Madrid.
 Dyson, Freeman (2017), *Sueños de Tierra y Cielo*, Debate, Barcelona.
 Ellul, Jacques (1964) *The Technological Society*, Knopf, New York.
 Elster, John (1982) *Explaining Technical Change*, Cambridge University Press. Cambridge, MA.
 Fukuyama, Francis (2002) *Our Posthuman Future, Consequences of the Biotechnology Revolution*. Farrar, Straus and Giroux, New York.
 Häggström, Olle (2016), *Aquí hay dragones. Ciencia, tecnología y futuro de la humanidad*, Editorial TEELL, España.
 Halal, William E. (2012), «Business Strategy for the Technology Revolution: Competing at the Edge of Creative Destruction», *J. Knowl. Econ.* 152 .
 Halal, William E. (2013), «Forecasting the Technology Revolution: Results and learnings from the TechCast Project», *Technological Forecasting & Social Change*, 80. 1635–1643.
 Halal, William E. y Asociados (1998), «The GW forecast of emerging technologies, Technol», *Technological Forecasting and Social Change*, 50, 89-110.
 Harman, Willis (1979) *An Incomplete Guide to the Future*, W. W. Norton, New York.
 Harman, Willis (1995) «Our Hopeful Future: Creating a Sustainable Global Society», Porter McGinn Associates, Junio, Nº 2
 Harman, Willis (1998) *Global Mind Change, The Promise of the 21st Century*, Institute of Noetic Sciences y Berret-Koehler Publishers, Inc., San Francisco, CA.
 Hetman, Francois (1973) *Society and the assessment of technology*, OCDE, París.
 Kaku, Michio (1998) *Visiones*, Temas de Debate, Madrid.
 Kurzweil, Ray (2005), *The Singularity is Near*, Penguin Books, NY
 Kurzveil, Ray (1999) *The Age of Spiritual Machines*, Viking, Penguin Group, New York
 Mitcham, Carl (1989), *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, Anthropos, Barcelona.
 Mitcham, Carl y Alois Hünig (Editores) (1986) *Philosophy and Technology II. Information Technology and Computers in Theory and Practice*, Boston Studies in the Philosophy of Science, Volumen 90, D. Reidel Publishing Company.
 Muñoz, Emilio (2001) *Biotecnología y sociedad. Encuentros y desencuentros*, Cambridge University Press, Madrid.
 National Research Council (2010), *Persistent Forecasting of Disruptive Technologies*, National Academies Press, Washington, DC.
 OTA (1985) «Information Technology Research and Development. Critical Trends and Issues». Washington, Febrero.
 Silver, Lee M. (1998) *Vuelta al Edén. Más allá de la clonación en un mundo feliz*, Taurus, Pensamiento, Madrid.
 Stock, Gregory (1993) *Metaman*, Simon & Schuster, New York.
 Stock, Gregory (2002), *Redesigning HUMANS. Our Inevitable Genetic Future*. Houghton Mifflin Company, Boston-New York.
 Strasser, Gabor (1972) «Methodolgy for Technology Assessment. Experience of the United States». Seminario sobre Evaluación de la Tecnología, OCDE, París.
 Tapscott, Dan y Alex Tapscott (2017), *La revolución blockchain*, Deusto, Barcelona

Truett Anderson, Walter (1996) *Evolution. Isn't what it used to be*, W.H. Freeman and Company, New York.

Tuiningan, T.J. (1988) «El debate sobre la evaluación de la tecnología. ¿Dónde están los políticos» *Telos*, pp 72.83, Fundesco, Diciembre/Febrero.

Turoff, Linstone H. (1975) *The Delphi method*. Addison-Wesley, London

Winner, Langdon (1979) *Tecnología autónoma*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

Winner, Langdon (1987) *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, Gedisa, Barcelona