
Digitalización, robotización y economía. El poder de los algoritmos¹

Borrador

Los comentarios y sugerencias serán bien recibidos por correo electrónico:
carles.manera@uib.es

Dr. Carles Manera
Catedrático de Historia Económica
Universitat de les Illes Balears
Consejero del Banco de España
carles.manera@uib.es

RESUMEN:

Este trabajo esboza algunas líneas explicativas, basadas en investigaciones publicadas, sobre los procesos de robotización y automatización en la economía. Se distinguen diferentes aspectos que van desde la Industria 4.0, la robótica y la Inteligencia Artificial. El objetivo es persistir en un debate que está transformando significativamente el mercado laboral y que constituye un desafío para los científicos sociales y los *policymakers*.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia Artificial, Industria 4.0, Robótica, Tercera revolución industrial, Cuarta revolución industrial, Algoritmos.

Digitization, robotization and economy. The power of algorithms

Draft

Comments and suggestions will be well received by email:
carles.manera@uib.es

ABSTRACT:

This work outlines some explanatory lines, based on published research, on the processes of robotization and automation in the economy. Different aspects are distinguished ranging from Industry 4.0, robotics and Artificial Intelligence. The aim is to persist in a debate that is significantly transforming the labor market, and that constitutes a challenge for social scientists and *policymakers*.

KEY WORDS: Artificial Intelligence, Industry 4.0, Robotics, Third industrial revolution, Fourth industrial revolution, Algorithms.

¹ Este trabajo forma parte del proyecto de investigación competitivo: *¿Capitalismo Mediterráneo?: éxitos y fracasos del desarrollo industrial en España, 1720-2020*, PGC2018 093896-B-100, dirigido por el Dr. JORDI CATALAN, de la Universitat de Barcelona. Agradezco la financiación del Ministerio de Economía.

1. Digitalización múltiple

Las notas que siguen no provienen de un investigador experto en nuevas tecnologías, ni de un ingeniero informático. Se trata de reflexiones formuladas a partir de la investigación personal en economía regional y pensamiento económico, con el crecimiento económico como telón de fondo y la política económica actuando como gran palanca de desarrollo. Por tanto, se apreciarán con toda seguridad lagunas de conocimiento en el campo de la digitalización, la robótica y la inteligencia artificial. El sentido de estas reflexiones es reconocer que el importante cambio tecnológico al que asistimos está determinando los procesos de crecimiento y, en paralelo, las estrategias de producción de conocimiento y de I+D+i. Esto se produce, además, en un contexto de encendidas discusiones sobre posibilidades de cambios de modelos productivos, observados no solo desde prismas nacionales, sino desde ópticas regionales e incluso municipales.

Todo lo que se relaciona con las nuevas tecnologías adopta dimensiones de gran importancia. Los factores cognitivos de los *sapiens* se ven alterados por capacidades predictivas de algoritmos y máquinas inteligentes –en los casos más extremos que se vinculan a la ciencia ficción–; o esas iniciativas, que provienen de aplicaciones de *software* sofisticados aplicados a robots, sustituyen movimientos rutinarios de las personas en los procesos productivos. En tal sentido, es importante distinguir unas definiciones que encuadren el tema de la digitalización y sus grandes derivados:²

- La Industria 4.0, considerada como una de transformaciones que la aplicación de las diversas tecnologías modernas de tratamiento de la información hace posible en el tejido industrial. Los ejemplos son los sistemas expertos, la inteligencia artificial y los robots. No obstante, existen otras lecturas en relación al concepto de Industria 4.0, relacionadas con la emergencia de una denominada Cuarta Revolución Industrial o Nueva Revolución Industrial.³
- La Inteligencia Artificial (IA), formada por conjuntos de programas de ordenador que tienen como objetivo reproducir diversas funciones específicas de

² Sobre esto, seguimos en los párrafos siguientes a: J.M. VEGARA, “Los robots y la Unión Europea. Una nota”, Seminario en UGT, Barcelona, 2018. Agradezco al autor la proporción de este documento. Véase igualmente: R. I. NOURBAKSH, *Robot Futures*, The Mit Press, Massachusetts-Londres, 2017; J. CREWS, *Robonomics*, Createspace Independent Publishing Plateform, 2016; A. ORTEGA, *La imparable marcha de los robots*, Alianza Editorial, Madrid, 2016.

³ K. SCHWAB, *La Cuarta Revolución Industrial*, Debate, Madrid, 2016. P. BIANCHI, *4.0. La Nueva Revolución Industrial*, Alianza, Madrid, 2020.

la inteligencia humana. Ejemplos al respecto: realizar deducciones lógicas, interpretar el lenguaje natural, comparar alternativas o aprender. La IA utiliza diversos instrumentos: la lógica general o la booleana; la heurística, basada en reglas experimentadas; o el razonamiento probabilístico.

- Los robots, dispositivos que incluyen la posibilidad de realizar acciones físicas: mover objetos, modificarlos, soldar, cambiar la herramienta utilizada y la operación a realizar, conducir un vehículo. Para todo ello, disponen de los sensores y de los actuadores necesarios. En casos extremos, como por ejemplo el de las denominadas piernas biónicas, puede incluso existir control por señales que emite el sistema nervioso humano. Los robots avanzados incorporan diversas formas de inteligencia artificial.

Estos tres poderosos vectores implican una expansión de la digitalización y, a su vez, cambios en la especialización productiva. Unos factores concretos son relevantes:

1. La reorientación de la producción industrial, en el sentido de retornos efectivos de procesos de producción descentralizados en naciones emergentes, hacia países centrales (*offshoring a reshoring*). Cabe indicar que los cambios que se están produciendo en las pautas de demanda de los países más avanzados, contribuyen a este fenómeno: variabilidad en los gustos –por mayor acceso a la información digital– y, al mismo tiempo, la influencia de los preceptos de la economía circular, que infiere proximidades en la producción de manufacturas y alimentos, con la perspectiva de kilómetro cero.
2. La *servitización* influida por la existencia de una digitalización avanzada, con aplicaciones a sectores manufactureros muy relacionados con los servicios; e incluso a actividades turísticas imbricadas con otros sectores productivos.
3. Aumento de la producción y de la productividad –por la robotización– y la inclusión gradual de mano de obra en esas actividades –evaluada en un incremento del 10%–. El aumento de un robot por cada mil trabajadores supone un *reshoring* del orden del 3,5%⁴.

Estamos, por tanto, ante un cambio tecnológico importante, que va a afectar tanto a la producción como al consumo de energía.

⁴ A. KRENZ-K. PRETTNER-H. STRULIK, “Robots, Reshoring, and the Lot of Low-Skilled Workers”, *Center for European Governance and Economic Development Research* (CEGE), núm. 351, julio 2018, Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3208886> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3208886>.

2. Cambio tecnológico, nueva transformación industrial

La economista evolucionista Carlota Pérez ha aportado una visión cronológica de los cambios tecnológicos en el muy largo plazo.⁵ La autora enfatiza la existencia de cinco grandes transformaciones, que otros economistas e historiadores económicos ya habían insertado parcialmente en las dos primeras revoluciones industriales (la Primera, vinculada al carbón, al hierro, al vapor y al algodón, desde fines del siglo XVIII; y la Segunda, con el acero, la electricidad, la química y el motor de combustión como ejes centrales, a partir de la segunda mitad del Ochocientos).⁶ Ambas revoluciones detallan informaciones que son clave: los sectores productivos involucrados en los cambios, con resortes importantes en la innovación; las naciones pioneras y/o impulsoras de las iniciativas revolucionarias; las nuevas tecnologías que abren un poderoso haz que es aplicado a la producción, con incrementos constantes en la productividad; y las infraestructuras que se derivan de todos esos procesos. Esto sirve para situar dónde establecer, con arreglo a los parámetros enunciados, este avance de la digitalización y sus derivadas. Estaríamos, según Pérez, en una quinta revolución tecnológica, con la microelectrónica, los nuevos materiales, la extensión de la información en redes complejas pero muy accesibles, la generación de programas informáticos, la utilización de instrumentos digitales como la fibra óptica, el cable, y la conexión con satélites para dinamizar y facilitar los contactos e intercambios de información. Se ha bautizado todo esto con dos concepciones nuevas: la Tercera y la Cuarta revoluciones industriales.⁷

La Tercera Revolución Industrial es una propuesta del economista Jeremy Rifkin, que subraya unos elementos que considera esenciales en la transformación económica reciente: nuevas tecnologías de la información y la comunicación; las energías renovables; la información fluida y la revolución tecnológica; y un mundo en red, con un poder distribuido. El autor concreta más su visión al detallar la transición hacia una energía renovable –que presupone derivada del sol y del hidrógeno–: el despliegue de la tecnología del hidrógeno y de otros sistemas de almacenamiento energético en los edificios y en las redes de infraestructuras, para acumular energías renovables que son de flujo intermitente. Los impactos prácticos de esta idea son especificados:

⁵ C. PÉREZ, *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. Las dinámicas de las grandes burbujas y las épocas de bonanza*, Siglo XXI, México, 2004.

⁶ La bibliografía es amplísima. Al objeto de este trabajo, basta con la lectura de R. ALLEN, *Global Economic History: A Very Short Introduction*, Oxford University Press, Oxford, 2011.

⁷ J. RYFKIN, *La Tercera Revolución Industrial*, Paidós, Barcelona, 2011; K. SCHWAB, *op. cit.*

-
- Se trata de rediseñar los edificios para que se conviertan en micro-centrales eléctricas que generen, recojan y reaprovechen in situ las energías renovables.
 - Estimular el uso de la tecnología de Internet para transformar la red eléctrica en una “Inter-redes” de energía compartida, que funcione exactamente igual que Internet (millones de edificios podrían generar localmente pequeñas cantidades de energía y tal vez vender los excedentes que reingresen en la red, compartiendo esa electricidad con sus vecinos).
 - La transición de la actual flota de transportes hacia vehículos de motor eléctrico, con alimentación de red y/o con pilas de combustible, capaz de comprar y vender electricidad en una red eléctrica interactiva e inteligente.

La Cuarta Revolución Industrial se adscribe al economista y coordinador del Foro de Davos Klaus Schwab. Puede afirmarse que sus premisas complementan las de Rifkin –salvo en algún punto–, a la vez que lo escrito por este último se enriquece con la contribución de aquél. Schwab se centra en los avances en inteligencia artificial, y pone un énfasis especial en la robótica; remarca la importancia de la nanotecnología, la biotecnología, la neuro-tecnología, los drones, las impresores 3D, el 5G y la personalización de organismos (a partir de la manipulación del ADN); y contempla una economía que, con estos vectores, sería más centralizada, contrariamente a lo que defiende Rifkin con su tesis de descentralización. Schwab expone con mayor detalle su visión:

- Esta nueva industrialización trae consigo una tendencia a la automatización total de la manufactura. Su nombre proviene, de hecho, de un proyecto de estrategia de alta tecnología del gobierno de Alemania, sobre el que se trabaja desde 2013 para llevar su producción a una total independencia de la mano de obra humana.
- La automatización corre por cuenta de sistemas ciber-físicos, hechos posibles por la internet de las cosas y el *cloud computing* o computación en la nube. Los sistemas ciber-físicos, que combinan maquinaria física y tangible con procesos digitales, son capaces de tomar decisiones descentralizadas y de cooperar –entre ellos y con los humanos– mediante la internet de las cosas.
- El principio básico es que las empresas podrán crear redes inteligentes que se controlarán a sí mismas, a lo largo de toda la cadena de valor.

Según calculó la consultora *Accenture* en 2015, una versión a escala industrial de esta revolución podría agregar 14,2 billones de dólares a la economía mundial en los

próximos quince años; pero, al mismo tiempo, acabar con cinco millones de puestos de trabajo en los quince países más industrializados del mundo.⁸ Todo un desafío que se desagrega en espacios urbanos próximos.

3. Los distritos innovadores

En efecto, la transformación digital y la globalización impulsan un nuevo modelo de ciudad, con la valoración del talento, la interrelación entre actividades productivas y la aceleración de tiempo y procesos: son los distritos innovadores. Se explicitan cinco subsistemas en estos distritos, según Miquel Barceló:⁹

- El urbanístico, que define los espacios;
- La estrategia económica, adaptada a las características de cada ciudad y territorio;
- El sistema tecnológico y de conocimiento;
- El social, el entramado poblacional en el que se asienta y con el que debe interactuar y retroalimentarse;
- La gobernanza propia, que conecta a cada subsistema y lidera las acciones de cada ámbito. Además, hace de nexo de unión entre los organismos públicos y privados, así como con la ciudadanía.

El ecosistema que se genera en los distritos innovadores es capaz de atraer talento, que se convierte al mismo tiempo en el principal reclamo para inversiones de alto valor añadido. Funciona, por tanto, como un auténtico *hub* del talento y una fuente de riqueza. La formación del distrito 22@, que surgió en 2000 en el Poblenou, antiguo epicentro industrial de Barcelona, constituye un ejemplo. Entre sus objetivos: mantener el carácter productivo propio del barrio, la creación de conocimiento, el desarrollo de la innovación y crear un nuevo modelo de ciudad. Se promocionó así el primer gran distrito innovador, un modelo que ha sido estudiado en todo el mundo, que se ha podido

8

Véase: https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/Microsites/Documents11/Accenture-Technology-Vision-2015.pdf

⁹ Sobre todo a esto, a título introductorio, se ha seguido a: R. FLORIDA, *The rise of the creative class*, Ingram Pub, 2002. E. GLAESER, *El triunfo de las ciudades*, Taurus, Madrid, 2011. J. JACOBS, *Muerte y vida de las grandes ciudades*, Capitán Swing, Madrid, 2011. E. MORETTI, *The new geography of Jobs*, Houghton Mifflin Harcourt Pub. Co., 2012. B. KATZ-J. BRADLEY, *The metropolitan revolution*, Brooking Institution Press, 2013. B. KATZ, *The Rise of Innovation Districts*. <https://www.youtube.com/watch?v=uJ6BFm3hra8&t=521s>, 2014. D. P. STROH, *Systems Thinking for Social Change*, Chelsea Green Publishing, 2015. S. ISMAIL, *Organizaciones exponenciales*, Bubok Publishing, 2016. El Trabajo de M. BARCELÓ, *Innocities, urbanismo, economía, tecnología y cambio social*, Amazon, 2020, ha constituido una guía esencial para la redacción de esta parte del trabajo.

adaptar a las diferentes ciudades que han apostado por él: East London Tech City (Reino Unido), HafenCity (Hamburgo, Alemania), StartHub Boston (Estados Unidos), Digital Media City (Seúl, Corea del Sur) o el Skolkovo Innovation Center (Moscú, Rusia). El 22@ ha acogido más de 500 empresas cada año, un tercio dedicadas al conocimiento y la tecnología. Todo integrado en la ciudad, ya que conviven de forma natural con los vecinos, las universidades y nuevos espacios verdes, que han crecido hasta los 114.000 m². El 2021 se impulsará el 22@ con un nuevo plan que integrará otros casi 10.000 m² más y se prevé la creación de 90.000 nuevos puestos de trabajo a lo largo de esta década.

El enmarque general es claro. La expansión de las tecnologías de la información y la comunicación y la globalización han acelerado el crecimiento económico a nivel mundial, con el liderazgo de unas cuantas metrópolis, que forman una potente red de ciudades que protagonizan esa transformación. El binomio globalización-tecnología comporta un aumento de la complejidad del actual sistema económico, lo que obliga a nuevos enfoques y modelos de desarrollo económico y social. La tecnología está transformando la economía. Ahora bien, muchas de las políticas económicas actuales se llevan a cabo sin una comprensión del cambio tecnológico. La economía se está desarrollando a través de diversas teorías y disciplinas y, paralelamente, la tecnología evoluciona desde los semiconductores y sus aplicaciones, que transforman la economía global. Sin embargo, tenemos dificultades en establecer un puente entre ambas. He aquí un reto. En el fondo de los procesos de cambio económico, desde la Primera Revolución industrial hasta la actual revolución del conocimiento, observamos que, por razones que aún no entendemos del todo, de repente una determinada variable comienza a crecer más de lo normal. En la economía global se ponen de manifiesto procesos expansivos, que podemos enmarcar dentro del concepto de “economía exponencial”, que está estrechamente relacionada con la economía basada en el conocimiento y con la globalización; en realidad, la primera es el resultado del desarrollo de las dos últimas. Por ejemplo, incluye aquellas partes de la economía que evolucionan con unas tasas de crecimiento exponencial, como los ordenadores, las telecomunicaciones, la biotecnología o los servicios digitales, entre otros.

El nuevo modelo de movilidad, las redes eléctricas y la necesidad de espacios amplios fuera de la ciudad, conllevan un nuevo planeamiento urbanístico basado en la

zonificación. Es la ciudad extensa, la especialización de cada territorio, la distancia entre el centro de trabajo y barrio o urbanización donde habitan los trabajadores de las zonas industriales. El centro de esta nueva ciudad es el espacio de los servicios que se desplazan cada día, desde las zonas residenciales, los trabajadores de cuello blanco que llenan las oficinas de los centros urbanos. Unos y otros viven fuera de la ciudad. Con la nueva revolución basada en el conocimiento y en las nuevas tecnologías, es decir, con el dominio de los algoritmos, ¿cuál será el modelo urbanístico más adecuado a la lógica del nuevo sistema productivo? Hoy ya podemos afirmar que el espacio de actividad económica dominante del siglo XXI, de la ciudad creativa e innovadora, es y será el distrito innovador.

Entonces, se deberá tener en cuenta la ciudad como laboratorio vivo del desarrollo tecnológico urbano. El distrito deberá ser el espacio donde la ciudad experimenta con proyectos piloto innovadores del fenómeno urbano –siguiendo la idea de Richard Sennet^{–10} desde otros modelos de movilidad, hasta aplicaciones y servicios para la ciudadanía, pasando por iniciativas de conexión con el sistema educativo de la ciudad, entre otras propuestas. La sofisticación –por llamarlo de algún modo– del sector terciario de la economía, que se va especializando. En tal sentido, la nueva urbe debería ser un agente activo de la transición energética. Uno de los mayores retos de las nuevas ciudades es el cambio climático y estos distritos no pueden quedar al margen de los procesos necesarios: la aplicación de energías renovables, el ahorro y la eficiencia energética en el diseño, la construcción y gestión de los edificios y en modelos de movilidad basados en el vehículo eléctrico, entre otros factores.

Este bagaje de economía teórica y, lo que resulta más relevante, aplicada a realidades concretas, es el que se plantean, ahora mismo, diferentes espacios urbanos en Europa (como antaño acaeció con los distritos industriales y los *clusters*): uno de ellos, el levante urbano de la ciudad de Palma de Mallorca, una área muy degradada, manufacturera e industrial en sus orígenes, con un planteamiento ya muy avanzado de reestructuración y que se encuentra en proceso de debate. Administraciones locales, importantes empresas y universidad intervienen en este proyecto estratégico, que aguarda también aportaciones europeas del *Next Generation EU*. Y que prefigura otra pauta de crecimiento económico. Porque a parte de los grandes temas macroeconómicos, absolutamente cruciales, es relevante adentrarse en los vericuetos de

¹⁰ R. SENNETT, *Construir y habitar, ética para la ciudad*, Anagrama, Madrid, 2019.

las economías regionales, como laboratorios solventes del análisis económico, a partir de investigaciones sólidas, y con resultados que puedan ser, si procede, extrapolables para mejorar otras experiencias similares.

4. Un nuevo mercado de trabajo

Estos cambios importantes en el ámbito tecnológico están promoviendo ya nuevas sacudidas en el terreno laboral. En efecto, en cuanto a la tipología de los puestos de trabajo y robots cabe distinguir una doble diferenciación entre tareas *manuales* o bien *cognitivas*, por una parte; y *rutinarias* o *no rutinarias*, por otra. Las tareas manuales-rutinarias son las que se hallan más directamente amenazadas por la robótica; éste es el caso –en especial– de las actividades relacionadas con la logística y los transportes.¹¹ Estos aspectos hacen pensar en la búsqueda de permanencias laborales en este convulso mercado tecnológico. En tal sentido, existen propuestas modestas, pero también otras muy radicales. Por ejemplo, una solución está centrada en la transformación del denominado Tercer Sector, formado por las actividades voluntarias para cubrir las necesidades no cubiertas por los mercados o las políticas públicas y relacionadas, especialmente, con la educación, el medio ambiente, la sanidad o la atención a las personas mayores o discapacitadas. Estos trabajos serían realizados por ciudadanos receptores de una renta de ciudadanía: los afectados por el desempleo tecnológico causado por la robótica.¹²

Ahora bien, estas transformaciones están imbuyendo profundos trasvases entre sectores económicos, con un avance de lo que se ha calificado como *servitización*, es decir, la importancia de los servicios avanzados en tecnología. Esto supone un desarrollo mayor del sector cuaternario en la estructura económica (I+D+i) y una ligazón factible entre ese sector y el transformador de mercancías.¹³ Las cifras son ilustrativas: el peso del sector servicios sobre el comercio internacional es del 14%, mientras que tal porcentaje era del 5% en la década de 1980. Consultorías, ingenierías,

¹¹ Cf.: C. B. FREY-M. A. OSBORNE, *The Future of Employment: How susceptible are jobs, Machines and Employment Workshop*, Oxford University Engineering Sciences Department Program on the Impacts of Future Technology, Oxford, 2013.

¹² Sobre esto: M. ARNTZ-T. GREGORY-U. ZIERAHN, *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, OECD Social, Employment and Migration WorkingPapers, núm. 189, OECD Publishing, París; A. JÄGER- C. MOLL-CH. SANKER, Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Karlsruhe, 2013. Citados en: J. M. VEGARA, *op.cit.*

¹³ La información que sigue se sustenta en los datos de CaixaBank Research file:///Users/uib/Downloads/im03_21-09-dossier-1-es.pdf.

diagnósticos clínicos a través de imágenes, cirugías remotas, conexiones 5G: he aquí un amplio mosaico de actuaciones específicas de esa *servitización*, cada vez más arraigada. El poder, sin duda, de los algoritmos, que induce unos aspectos concretos:

- La mayor competencia de los países avanzados sobre los emergentes, a pesar del avance innegable de éstos: China, con 45 millones de universitarios graduados cada año, se está convirtiendo en una eficaz fábrica de capital humano de alto nivel.
- La tensión comercial y tecnológica entre Estados Unidos y China, apreciable incluso en las contiendas electorales norteamericanas.
- Derivado del punto anterior, el riesgo en el desarrollo de digitalización de Europa por su dependencia de los equipos chinos para desplegar la tecnología 5G, esencial para los procesos industriales 4.0.

El indicador DESI (Índice de la Economía y Sociedades Digitales, elaborado por la Comisión Europea),¹⁴ arroja información de interés, toda vez que aborda cinco aspectos esenciales: conectividad, capital humano, uso de servicios en internet, integración de la tecnología digital en empresas y servicios públicos.¹⁵ Esto es relevante para cotejar la situación de España con la de la Unión Europea. Así, algunas conclusiones se desprenden sobre el avance de la economía y de la sociedad digitales en sendos ámbitos.

En primer término, en cuanto a la sociedad en general:

- Se aprecia el progreso rápido de España, entre 2015 y 2020, de forma que se ha reducido la brecha con la Unión Europea.
- España destaca en conectividad y en servicios públicos digitales.
- Sin embargo, los indicadores son peores en capital humano: más del 40% de la población española no tiene competencias digitales básicas, y el 8% nunca ha utilizado Internet.

Las previsiones de la Agenda España Digital 2025 radican en que el 80% de las personas cuenten con competencias digitales. Esto se traduce en una fuerza laboral clave para aprovechar las posibilidades de las nuevas tecnologías.

En relación al tejido económico, el DESI aplicado al mundo empresarial introduce comparaciones entre pequeñas y medianas empresas y empresas grandes, igualmente contrastando España con la Unión Europea. Los datos indican:

- La existencia de una brecha respecto a países líderes.

¹⁴ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1022.

¹⁵ Cf.: CaixaBank Research file:///Users/uib/Downloads/im03_21-09-dossier-1-es.pdf.

-
- El bajo porcentaje de pymes que usa tecnología digital.
 - La importancia del capital humano como ámbito central de mejora, para el despliegue de las tecnologías digitales.
 - La orientación en dar impulso a la digitalización de sectores estratégicos: sanitario, turismo, automoción, comercio y agroalimentario.

Ahora bien, esta *servitización* tiene problemas de medición. Debe señalarse que el producto generado por las nuevas tecnologías de la información y comunicación se están aplicando a los servicios. Concretar aquí el avance de la productividad no es tarea fácil, habida cuenta que significa medir los incrementos en la variedad, las mejoras en los tiempos de reparto y los servicios más personalizados para el consumidor. Todo ello, poco o nada recogido en las estadísticas oficiales.¹⁶ El tema no es nuevo. Jeff Madrick ha señalado que el auge económico de Estados Unidos previo a esta crisis de la “nueva economía” se ha desarrollado, a diferencia de lo que sucedió en el pasado, sin grandes incrementos de la productividad en las empresas.¹⁷ Los datos que arguye sintetizan un crecimiento del 2,85% en el período 1947-1973 y un 1% entre 1973 y 1997, es decir, mucho menor en la etapa de mayor informatización de los procesos productivos y de servicios, lo cual ha hecho pensar que, tal vez, nos encontramos ante una época tecnológicamente avanzada de una economía más “artesanal”, amparada en la habilidad, el conocimiento y la inventiva de los trabajadores y de los pequeños empresarios, más que en el poder de las grandes fábricas y de las cadenas de distribución.

Los teóricos de la “segunda ruptura industrial” se convierten en principales referentes de esa perspectiva, junto a los innovadores análisis sobre los distritos industriales de los economistas regionales italianos. Según estos autores, se certifica un cambio técnico que afecta a la información y a la investigación, con incrementos en la flexibilidad y en los procesos de descentralización que incluyen la esfera más comercial, la que establece un contacto mucho más directo entre productor, proveedor y consumidor, a partir de la utilización de las redes informáticas y de los sistemas *just in time* y *business to business*.¹⁸

¹⁶ S. BASLANDZE, “The role of the IT Revolution in Knowledge Diffusion, Innovations and Reallocation”, *Meeting Papers*, Society for Economic Dinamics, núm. 1.509, 2016; E. BRYNJOLFSSON-S. YANG, “Information Technology and Productivity: a Review of Literature”, en M. ZELKOWITZ (Edit.), *Advanced in Computers*, Academic Press, vol. 43, 1996.

¹⁷ J. MADRICK, *Age of Greed*, Alfred Knopf, Nueva York, 2011; *Seven Bad Ideas*, Alfred Knopf, Nueva York, 2014.

¹⁸ G. BECATTINI-G. BIANCHI, “Analisi dello sviluppo multiregionale vs. analisi multiregionale dello sviluppo”, en G. BIANCHI-I. MAGNANI (Eds.), *Sviluppo multiregionale: teorie, metodi, problemi*,

El tema es, como puede apreciarse, muy discutible, toda vez que es posible observar, en la economía norteamericana, aumentos en el crecimiento de la productividad en los últimos años, fruto de esa denominada “nueva economía”, a pesar del escepticismo de algunos expertos que, como Paul Krugman, dudan de las mediciones efectuadas para calcular la productividad de un sector, el de servicios, más volátil que el claramente fabril, como decíamos anteriormente. Las cifras expuestas de Madrick y su interpretación no difieren de argumentos que aporta Manuel Castells, firme convencido de la enorme significación de la economía internacional digitalizada para explicar los incrementos de la productividad desde inicios del siglo XXI, en relación a décadas anteriores más próximas.¹⁹

Sin embargo, una pregunta se impone: la expansión de los algoritmos, ¿inician una nueva ola de crecimiento promovida por la inteligencia artificial?²⁰ La derivada es inmediata: ¿se puede medir el efecto de la automatización sobre el empleo? En tal sentido, el reciente trabajo de Daron Acemoglu y Pascual Restrepo responde parcialmente a ambos interrogantes.²¹ Acemoglu y Restrepo utilizan los datos de la Federación Internacional de Robots –que ofrece mediciones sobre la automatización en algunos países desde los años 1990–²² entre 1993 y 2007. Sus conclusiones enfatizan que la automatización tiene efectos negativos en el crecimiento del empleo y en los salarios. De hecho, subrayan los autores, cada robot adicional en la zona considerada supone una pérdida de seis empleos y una caída en el salario/hora. La robotización crea una mayor amenaza al empleo en trabajadores con menores índices de formación. Existen, sin embargo, problemas metodológicos en las métricas utilizadas –la distinción entre robots y otras máquinas, cosa que puede distorsionar los datos–; y la falta de

Franco Angeli, Roma, 1985. M. PIORE-C. SABEL, *La segunda ruptura industrial*, Alianza, Madrid, 1990.

¹⁹ P. KRUGMAN, *El internacionalismo “moderno”. La economía internacional y las mentiras de la competitividad*, Crítica, Barcelona, 1997. M. CASTELLS, *La era de la información*, Alianza, Madrid, 2000.

²⁰ Una reflexión de carácter general, de gran utilidad, en P. AGHION-C. ANTONIN-S. BUNEL, *El poder de la destrucción creativa. ¿Qué impulsa el crecimiento económico?*, Deusto, Barcelona, 2021, que inspira los párrafos que siguen en el texto. Igualmente: J. ZEIRA, “Workers, Machines and Economic Growth”, *Quarterly Journal of Economics*, núm. 114 (4), 1998. P. AGHION et alter, “Artificial intelligence and economic growth, NBER Working Papers”, núm. 23.928, 2017. D. ACEMOGLU-P. RESTREPO, “Robots and Jobs: evidence from US Labor Markets”, *Journal of Political Economy*, núm. 128 (6), 2020.

²¹ D. ACEMOGLU-P. RESTREPO, *op. cit.*; citado en P. AGHION-C. ANTONIN-S. BUNEL, *op. cit.* El trabajo de Acemoglu-Restrepo se refiere a Estados Unidos, analizando 722 zonas por sectores.

²² <https://ifr.org/worldrobotics/>, con diferentes bases de datos –todas ellas de pago– para acceder a diferentes variables sobre robotización sectorial, por países y por industrias.

información en su vertiente más local, toda vez que se disponen de magnitudes de perfil más general.

Philippe Aghion et alter han tratado de superar ese escollo con la introducción de una nueva medida de automatización, sobre empresas individuales.²³ Los autores analizan el consumo eléctrico de los motores utilizados de forma directa en la producción, como indicador de la automatización en las plantas productivas. Se trata entonces de medir, en fábricas particulares, las consecuencias sobre el empleo de un aumento en la automatización en un tiempo dado, y observar lo mismo varios años después. Los resultados de esta investigación indican que el impacto de automatizar es positivo en el empleo, habida cuenta que se incrementa a lo largo del tiempo. En concreto, un 1% de aumento en la automatización en una fábrica expande el empleo en un 0,25% tras dos años, y un 0,4% a los diez años. Aghion explica este hecho por la mayor productividad de las empresas, que les facilita su incursión en los mercados, ya que ofrecen productos mejores por el mismo precio que la competencia. El aumento de beneficios provoca que esas empresas más automatizadas produzcan a una escala mayor, de manera que necesitan elevar la contratación. En otras palabras: esta investigación encuentra una relación positiva entre automatización y empleo. A parte de lo señalado, otra clave es lo que Aghion califica como *efecto productividad*: una realidad que estaba presente en las revoluciones industriales previas, lo cual explica que ninguna de ellas generara desempleos masivos. Las pérdidas de empleo no está causada –señala el autor citado– por las empresas que automatizan, sino por las que no lo hacen, es decir, las que no innovan.

Nótese que estas afirmaciones no se avienen, por ejemplo, con la tesis de la Cuarta Revolución industrial, y la advertencia de pérdidas empleos, si bien se enfatiza la creación de otros. Sin embargo, pensamos que otras puntualizaciones deben hacerse a las tesis de Aghion:

- a) En las revoluciones industriales pasadas, los cambios sectoriales fueron graduales y, en cualquier caso, muy claros: el paso de la agricultura a la industria no se hizo de manera abrupta, pero el sector emergente generó externalidades positivas sobre la propia agricultura, sobre las actividades de transformación y, también, sobre el sector servicios, que empieza a crecer desde

²³ P. AGHION et alter, “What are the Labor and Product market effects of automation? New evidence from France”, *Sciences Po OFCE Working Papers*, 2020.

el segundo tercio del siglo XIX. La existencia, por tanto, de conexiones intersectoriales.

- b) Estos márgenes son los que abren posibilidades a nuevas ocupaciones, con pérdidas en las tradicionales –ya agrarias, ya artesanales–, con procesos de aprendizaje que no necesariamente eran nuevos, sino adaptativos.
- c) La expansión industrial se correlaciona a su vez con una nueva disposición de las plantas productivas y, al mismo tiempo, con un desarrollo urbano. Todo esto implica demandas intensas en sectores como el de la construcción –en todas sus vertientes– y los servicios, impulsados por nuevas necesidades derivadas del crecimiento económico –oficinas de gestión, servicios bancarios, personal doméstico–. En paralelo, el requerimiento de un capital humano mejor formado, con mayores capacitaciones impuestas sobre todo por el avance de la Segunda Revolución industrial, infirió la urgencia en implementar la investigación en el seno de las empresas que, por economías de escala, podían permitírselo (un caso significativo al respecto, pero no único, fue el de la firma *Bayer*): la formación, en definitiva, de gerentes, ingenieros, técnicos, contables, una pequeña constelación de nuevos empleos que supusieron el paso de las empresas de perfil familiar a otras como sociedades anónimas u otras formas organizativas en ese incipiente capitalismo industrial.²⁴

¿Qué márgenes hay ahora con la irrupción exponencial de los algoritmos, y de las economías a ellos vinculadas? Se abren recorridos específicos. Por un lado, el mercado laboral va a demandar un capital humano más y mejor conectado con esas nuevas tecnologías, a partir de conocimientos nuevos impelidos por la rápida transformación de la tecnología conocida. En tal sentido, el cambio de sector, el encadenamiento laboral, puede ser más complejo por la perentoriedad en conocer de manera más específica las técnicas innovadoras en un nuevo proceso de aprendizaje. Estos *linkages*, en expresión y concepto de Albert O Hirschman, eran más simples en anteriores revoluciones industriales, incluso en procesos más desarrollados: los trabajadores que laboraban en el campo podían, estacionalmente, desarrollar otra actividad productiva en el sector servicios, en tareas de baja capacitación. Pasar del sector terciario al primario; o del secundario al terciario y al revés, en función de los

²⁴ Cf. A. D. CHANDLER, Jr., *La mano visible*, Belloch Biblioteca de Gestión, Barcelona, 2008.

sectores considerados, no era una realidad excéntrica.²⁵ Ahora, esto puede quedar más constreñido: en el sector terciario más avanzado –nos referimos a aquellas economías desarrolladas cuyo sector servicios sea el dominante–, la bifurcación puede ser, a título de hipótesis:

- Un sector cuaternario en avance, con empleos que se pueden generar en el ámbito de la I+D con la innovación como transferencia esencial y una apuesta netamente pública con colaboraciones público-privadas cada vez más intensas. Aquí la automatización es considerable en fases del proceso, con elevado peso de la economía algorítmica;
- Y un sector quinario heterogéneo, en el que se insertan desde trabajadores calificados y otros menos en la esfera sanitaria, por ejemplo, hasta la consecución de empleos consagrados al cuidado de niños y, sobre todo, de personas mayores, con capacidades laborales no necesariamente altas en cuanto a titulaciones académicas. En este contexto, la automatización es parcial, y la intensidad de la fuerza de trabajo –con alguna formación específica– tal vez sea una vía plausible.

5. A modo de conclusión

Los retos económicos que se abren a partir de la COVID-19 no son nuevos. Pero, sin duda, la pandemia y sus consecuencias han acelerado un debate que ya estaba abierto en el mundo económico. En tal sentido, los desafíos no solo atañen a los procesos de automatización, robotización y desarrollo expansivo de la inteligencia artificial en todos los ámbitos. Existen más inquietudes, que van desde las consecuencias, ya bien apreciables, del cambio climático, hecho que está obligando a variar de forma importante las agendas y estrategias de todas las organizaciones –incluyendo las financieras–; la transición energética, ante los graves problemas de contaminación y, a su vez, de escasez de recursos como los combustibles fósiles y los

²⁵ A. O. HIRSCHMAN, *La estrategia del desarrollo económico*, FCE, México, 1958. En una reciente investigación en curso de publicación, hemos demostrado estos *linkages* en el caso de los inicios de la economía turística en una región altamente especializada, después, en turismo de masas, como es Baleares. El trasvase de población ocupada de la agricultura a los servicios, y al revés, con contingentes demográficos externos (particularmente, de Andalucía, Murcia y Extremadura) que fluctuaban entre Mallorca y sus pueblos peninsulares de origen, fue una de las estrategias empresariales para hacer despegar la industria turística en el archipiélago; véase: J.A. GARCÍA-BARRERO-C. MANERA, “The management of labour recruitment: The hotel chains during the Spanish tourismboom, 1959-1973”, *Annals of Tourism Research*, forthcoming.

metales, lo cual replantea de manera significativa los metabolismos biológicos y económicos y, por extensión, las pautas de consumo; los desequilibrios demográficos, que inciden en envejecimientos tangibles en las sociedades desarrolladas, lo cual infiere problemas sobre el futuro de las pensiones y de la captación de mano de obra inmigrante; o la movilidad bajo parámetros de los principios de la sostenibilidad, factor que determina a su vez la búsqueda de nuevas tecnologías que faciliten el transporte con menores impactos ecológicos. En todos estos aspectos, los algoritmos están ya interviniendo, y es previsible que su presencia sea cada vez mayor, si se atiende a las derivadas que se conocen –y que algunas de ellas se han expuesto en las páginas precedentes– de estas Tercera y Cuarta revoluciones industriales.

En tal contexto, la robotización va a ser –está siendo ya– un recurso productivo, que al mismo tiempo está abriendo vías de discusión en campos aleatorios: ¿fiscalidad sobre robots? es decir, ¿imposiciones sobre unidades robóticas, sobre resultados de su aplicación? ¿o elusión de cualquier presión fiscal? El debate está abierto, y en ese sentido debe recordarse que durante la Primera y la Segunda revoluciones industriales, las máquinas que implementaban los procesos productivos –y que incrementaban la productividad– fueron a su vez gravadas con tarifas específicas. ¿Qué hacer ahora? Esto indudablemente va a impactar, como antaño, en aquellas actividades recurrentes, rutinarias, que reproducen movimientos humanos o capacidades discursivas (decisiones adoptadas a partir de informaciones acumuladas en *big data*). Pero en otros subsectores productivos, seguirá siendo necesario el concurso del trabajo humano, sin menoscabo de que pueda utilizarse al mismo tiempo la automatización: operaciones quirúrgicas de precisión, cuidados gerontológicos y asistencias sociales, educación en primeros niveles, etc. Los sectores cuaternario y quinario de la economía van a ser, probablemente, protagonistas de esta neo-economía que urgirá destrezas nuevas para el capital humano y, sobre todo, su actitud adaptativa a los cambios relativamente rápidos que se van a generar. Todo esto de enorme interés para los proyectos de *Next Generation EU*, que van a ser determinantes para reformular los modelos de crecimiento.

Finalmente, un aspecto se revela esencial: la función del sector público, el papel del Estado. Esto plantea otros horizontes, que se relacionan con cambios en las visiones macroeconómicas convencionales, y en la actuación de los bancos centrales. Aquí va a radicar, a nuestro entender, otro de los desafíos con afectación directa en las principales instituciones económicas, y su porosidad a otras, con elementos clave: la deuda pública

y su gestión, la deuda privada, la generación de estímulos económicos y su mantenimiento en el tiempo, una fiscalidad que tenga más presente los fenómenos de la desigualdad y las externalidades ambientales, el control y la regulación en los movimientos de capital; en fin, un mosaico inter-conectado que puede inferir un cambio relevante en el paradigma de la economía –y una importante traslación a la sociedad y a la política–. Pero, sin lugar a dudas, en toda esa trayectoria los algoritmos van a seguir, impertérritos, modulando sus formulaciones y objetivos sobre los designios que marque y determine la política económica.