

CAMBIO TECNOLÓGICO, EMPLEO Y SISTEMA EDUCATIVO

Por el Académico de Número
Excmo. Sr. D. Alfonso Novales Cinca*

Carl Sagan's (1980, p. 218):
*"If you wish to
make an apple pie from scratch, you must
first invent the universe."*

1. EL ACTUAL PROGRESO TECNOLÓGICO

Estamos asistiendo a un profundo cambio tecnológico. A lo largo de cada día efectuamos con toda naturalidad un conjunto de gestos que nos permiten ejecutar tareas que hace pocos años nos hubieran parecido increíbles. Parece que la capacidad del ser humano para asimilar innovaciones es enorme y que nuestra memoria es frágil. Cuando oí por primera vez a Steve Jobs decir en una conferencia que pronto llevaríamos el correo electrónico en el terminal telefónico no pude comprenderlo. Más increíble todavía me pareció el anuncio de que recibiríamos prensa y televisión en un aparato que llevamos tan cómodamente con nosotros. La realidad es que tenemos en nuestro móvil más capacidad de almacenamiento y en nuestro PC portátil más capacidad de cálculo que las que había en los grandes ordenadores de los años 1980.

Móviles y portátiles nos permiten celebrar teleconferencias gratuitamente con cualquier país. Intercambiamos mensajes de correo electrónico por

* Sesión del día 7 de noviembre de 2017

distintos medios basados en Internet, de manera gratuita, con todos los rincones del mundo; apagamos y encendemos calefacciones y luces, subimos y bajamos persianas en nuestras casas cuando nosotros estamos en cualquier rincón del mundo. Accedemos desde nuestro despacho a muchísima más información académica que cuando teníamos que invertir tiempo en visitar personalmente las bibliotecas universitarias para leer revistas y publicaciones. Nuestros propios trabajos de investigación entran en redes que los distribuyen por las distintas asociaciones de investigadores en el mismo momento en que los damos por terminados, adelantando en casi dos años su difusión y ampliándola considerablemente.

Compramos libros y música que se transmiten en formato digital y que disfrutamos a través de ordenador o aparatos electrónicos diseñados a tal fin (iPad, lector electrónico de libros). Vemos cine y competiciones deportivas en la televisión de nuestra casa a través de Internet. Gestionamos nuestras cuentas corrientes desde casa, sin necesidad de pasar por la oficina bancaria. Podemos formarnos recibiendo cursos online lo cual, por otra parte, facilita la llegada de la formación a rincones que carecen de centros formativos. Las aplicaciones a la salud, facilitando el diagnóstico de enfermedades y su tratamiento, e incluso realizando intervenciones quirúrgicas, crecen continuamente.

Estos avances técnicos están cambiando nuestras vidas desde los años 70 del pasado siglo, y su pleno desarrollo, lejos de haberse completado, todavía ha de generar innovaciones que hoy son impensables. Y, sin embargo, hablamos ya de una *Cuarta Revolución Industrial*, concepto introducido por Klaus Schwab, fundador y Chairman Ejecutivo del World Economic Forum para denominar un conjunto de notables progresos alcanzados en un número de campos tecnológicos: robótica, inteligencia artificial, aprendizaje automático (*machine learning*), nanotecnología, computación cuántica, la biotecnología, el Internet de las cosas, la realidad virtual, el desarrollo de nuevos materiales, la impresión 3D y los vehículos autónomos. Sólo la relación de los mismos ya sugiere que estamos ante un proceso de transformación de profundas implicaciones que cambiará el modo en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. Todos ellos tienen un gran potencial para conectar a miles de millones de personas a través de internet y mejorar con ello la eficiencia de empresas y organizaciones¹.

Cuando todavía una de cada seis personas vive sin electricidad y más de la mitad de la población mundial no tiene acceso a Internet, la velocidad con la que se introducen actualmente nuevas tecnologías, no tiene precedentes en la historia. Hace tan sólo 10 años, Apple lanzó al mercado el iPhone, el primer

¹ La Primera Revolución Industrial, la que asociamos a la máquina de vapor y el desarrollo del ferrocarril (1760 1840), y con epicentro en Inglaterra, tardó 120 años en llegar a todo el mundo; ahora los cambios son globales e inmediatos. Después de la Segunda Revolución Industrial (siglo XIX y principios del XX)

SmartPhone, y hoy hay 2.000 millones de teléfonos inteligentes en el mundo, convirtiéndose, en muchos casos, en elemento esencial del trabajo, y contribuyendo a aumentar la productividad.

En el núcleo de esta nueva revolución tecnológica encontramos nuevo software y sofisticados algoritmos que alimentados con suficiente información sobre las decisiones que las personas han tomado en distintos contextos, pueden aprender a tomar decisiones por sí solos. También encontramos redes de datos y de sistemas que cada vez están más integradas y conectadas entre sí y con el usuario, hoy convertido también en producto y dispuesto a ceder sus datos y su intimidad a cambio de mejorar el servicio que recibe. Con la revolución digital estamos viendo que campos como la economía y las finanzas van de la mano con la psicología; la biología y las ciencias de la salud se integran con la estadística y la genética para desarrollar nuevos productos sanitarios y tratamientos médicos hasta hace poco impensables incluso para los escritores de ciencia ficción y que generan en algunos casos conflictos éticos nada triviales.

Estamos en un momento de transición hacia una revolución tecnológica que va a afectar a todos los sectores: salud, servicios legales, sistema financiero, transporte, comercio, y las transiciones son dolorosas y están repletas de incertidumbre. Su impacto sobre el empleo y sobre los valores imperantes en la sociedad no es trivial y representa un gran reto tanto para el sector público como para la sociedad civil. El reto para la sociedad es integrar las nuevas tecnologías disruptivas de una manera inclusiva, de modo que todo el mundo pueda tener acceso a las mismas².

Las predicciones sobre el imparable avance de las nuevas tecnologías no son compartidas por todos. Según Robert Gordon, un conocido economista de Northwestern U., el periodo de mayor avance tecnológico no sería la computarización de finales del siglo XX y comienzos del XXI, sino los cien años transcurridos desde los primeros 1870 hasta los primeros 1970. Durante ese período, denominado de “Gran Innovación” se descubrió la electricidad y se desarrolló un conjunto de aparatos eléctricos, el motor de combustión interna, que revolucionó el transporte, una gran mejoría en condiciones sanitarias debido al agua corriente, fontanería y calefacción central, la tecnología que permitió el desarrollo de muchos productos farmacéuticos, los plásticos y otros productos químicos; y la introducción de la tecnología del entretenimiento y las comunicaciones (cine, TV). Desde entonces el cambio tecnológico estaría frenándose al ser cada vez más evidentes las dificultades que tiene la humanidad

fue posible por la llegada de la electricidad y la cadena de montaje. La tercera, comienza en la década de 1960 y la conocemos como la revolución informática que hizo posible el desarrollo de los semiconductores y los ordenadores personales (70s-80s) y, finalmente, la llegada de Internet en la década de los 90s.

² *Vivir en tiempos de la cuarta Revolución Industrial*, Luis Torras, World Economic Forum.

para descubrir innovaciones relevantes. El crecimiento anual de la renta per cápita en EEUU se aceleró hasta alcanzar un 2,5% en media entre 1950 y la crisis del petróleo de 1973. En las cuatro décadas siguientes, el crecimiento se ha reducido una tercera parte, y nunca se volvieron a alcanzar tasas de crecimiento por encima del 4%; una ralentización similar se ha producido en el resto del mundo desarrollado, aunque no de modo tan claro.

2. CAMBIOS EN HÁBITOS SOCIALES

Sea un cambio tecnológico limitado o uno en franca expansión, es indudable que genera un beneficio social, aunque no está exento de costes. Las agencias de viaje, las tiendas de discos, las librerías que conocíamos están en desaparición y, con ellas, la aportación cultural que en muchos casos representaban. También sus competidores iniciales, las grandes superficies, ven ahora como su negocio se desplaza a proveedores online, que están dando señales de querer convertirse en la gran superficie global y online del futuro.

Los cambios tecnológicos generan cambios en los hábitos sociales, muchos de los cuales han sido espolcados por lo que se ha dado en llamar la economía colaborativa. Muchos jóvenes se plantean que no necesitan tener un coche, lo que necesitan es movilidad, lo que explica que servicios de coche compartido estén teniendo tanto éxito. De hecho, grandes fabricantes de coches están comenzando a considerar estrategias adaptadas a un escenario futuro en el que posiblemente solo una pequeña parte de su producción vaya destinada a ser propiedad de particulares, y están creando sus propias compañías de coches compartidos.

También hay cambios en la concepción de empresa, tanto en su estructura como en sus modos de financiación. *The "big three" companies in Silicon Valley in 2014 had the same revenues as the big three Detroit car companies in 1990, three times the market capitalization, and one-tenth the workers.* Airbnb no tiene ninguna casa de su propiedad, pero su actividad consiste en alquilar alojamiento. Uber no tiene coches de su propiedad, pero su negocio consiste en vender trayectos en coche. Son compañías importantes, con un valor entre 30 y 50 m.m. de dólares pero con un inmovilizado material muy reducido, por lo que sus necesidades de financiación son asimismo pequeñas e incurrir en un reducido riesgo financiero. Estas empresas pueden operar ahora gracias a que andamos por la calle con una enorme capacidad de intercambio de información en nuestro bolsillo, que igual nos permite encontrar donde está aparcado un coche compartido, que hacer una reserva en un restaurante, o sacar entradas para el cine o teatro. Su plantilla está formada en gran parte por trabajadores autónomos, quienes aportan la mayor parte del capital físico de la empresa, por lo que el riesgo acerca de la evolución del negocio es asumido en buena parte precisamente por los trabajadores, no por la propia empresa.

Las nuevas tecnologías permiten también a las empresas tener acceso a vías de financiación que antes no existían (*crowdfunding*). Hacen posible que emprendedores modestos puedan encontrar financiación para sus proyectos, sin que quien aporta fondos tenga que asumir un coste elevado ni un riesgo importante sobre los resultados que puedan derivarse del proyecto empresarial en el que invierte. Facilitan unas posibilidades de inversión al margen de los mercados financieros, que están llamadas a ser muy significativas en el futuro.

La economía digital, y la economía colaborativa en particular, muestran otro de los grandes cambios sociales, la relación entre trabajadores y empresa. Las nuevas plataformas permiten organizar la actividad económica de modo muy diferente, haciendo que lo que antes realizaba el trabajador *full-time*, ahora lo haga un grupo de empresarios individuales y trabajadores contratados a demanda para la realización de proyectos específicos. En el futuro un porcentaje significativo de trabajadores tendrá relaciones con la empresa mediante contratos de corto plazo, para la realización de proyectos concretos y de tipo *freelance*, una tendencia que parece irreversible.

3. LA PREOCUPACIÓN POR EL DESEMPLEO: VISIONES ALTERNATIVAS

Al surgir en un momento en que las economías desarrolladas están estancadas en un contexto de baja productividad, el cambio tecnológico genera esperanzas de que el acceso a nuevas tecnologías mejore la productividad, y con ella el empleo, la renta y el bienestar. Desde este punto de vista, el progreso tecnológico no puede sino traer beneficios a la sociedad, generando actividades productivas nuevas que puedan acoger a los trabajadores que resulten excedentes debido a la incorporación de ordenadores y robots en las actividades productivas tradicionales.

Existe también una visión opuesta: los notables avances en computación y en robótica permiten automatizar muchas actividades productivas con mucho menor recurso a la mano de obra humana, sin que ello rebaje necesariamente ni la calidad del producto ni la seguridad del mismo. Apreciando la dificultad de reubicar trabajadores en otras actividades, Brynjolfsson y McAfee sugirieron en su libro de 2014 que estamos ante una "*Second Machine Age*": Los robots van siendo cada vez más baratos, a la vez que más capaces de realizar tareas crecientemente complejas. Esto hará que, en el futuro, las empresas mantengan trabajadores solo en la medida en que realicen tareas que los robots no puedan realizar, o que las lleven a cabo con un ahorro de costes frente a la introducción de robots y ordenadores: La consecuencia serán tasas de desempleo persistentemente elevadas, constituidas por un importante contingente de desempleados difícilmente empleables [*"Nunca ha habido un tiempo peor para*

ser un trabajador con las capacidades estándar, porque los robots las van a adquirir rápidamente”, *Second Machine Age*, Brynjolfsson y McAfee].

La preocupación por el desempleo tecnológico no es nueva. A lo largo de la historia, los procesos de destrucción creativa que han seguido a las innovaciones tecnológicas han creado mucha riqueza, pero también conflictos no deseados. Decía Schumpeter (1962) que no es la ausencia de ideas innovadoras lo que fija los límites al desarrollo económico, sino la existencia de poderosos intereses económicos y sociales que promueven el status quo tecnológico (en líneas similares se pronunció Mokyr (1998)). Acemoglu y Robinson citan el caso de W. Lee, inventor de la máquina para tejer medias en 1589. Quizá el levantamiento más conocido en contra del progreso tecnológico es el del movimiento Luddita³ entre 1811 y 1816, cuando un grupo de artesanos ingleses protestaron contra la automatización de la producción textil por la destrucción de empleo que implicaba, llamando a la destrucción de máquinas. De esta experiencia aprendimos, entre otras cosas, que la imposición de restricciones a la incorporación de tecnología en un intento de evitar la pérdida de empleos resulta contraproducente en el largo plazo.

La preocupación acerca de la sustitución de trabajadores por máquinas data de siglos atrás, pero se ha repetido durante las últimas 3 ó 4 décadas. [*Time* (1964), bajo presidente Johnson]. En 1978 *Der Spiegel* titulaba: “*La revolución de los ordenadores: el progreso crea desempleo*”. El argumento era que la generalización del uso de ordenadores difería de innovaciones tecnológicas previas, puesto que eliminaba puestos de trabajo en sectores automatizables, pero no contribuía a crear un número suficiente de nuevos empleos en la fabricación de ordenadores o en otras áreas de la economía. El artículo también citaba la predicción de un líder sindical acerca de que en el año 2000 una mayoría de empleos habría sido sustituidos por ordenadores.

La realidad es que el progreso tecnológico y la automatización que han tenido lugar a lo largo de los dos últimos siglos no han dejado obsoleto al trabajo humano. El porcentaje de población empleada creció a lo largo del siglo 20 a pesar de la notable incorporación de la mujer al mercado de trabajo y se ha mantenido bastante estable. Aunque la tasa de paro fluctúa con el ciclo económico, no hay ningún indicio de existencia de una tendencia de largo plazo al alza. Tampoco el desempleo ha experimentado una tendencia alcista a lo largo del tiempo, pues los trabajadores han encontrado nuevas oportunidades de empleo en industrias como la asistencia sanitaria, las finanzas, o las actividades de ocio y entretenimiento, cuyo aumento en términos relativos como porcentaje del empleo total hubiera sido difícil anticipar hace unas décadas.

³ El movimiento tiene la denominación de *Luddite* en inglés, por su líder Ned Ludd.

La evidencia empírica muestra que, en el largo plazo, las ganancias de productividad no han generado un descenso en la demanda de bienes y servicios. Al contrario, el consumo de los hogares ha crecido con en paralelo con la renta. Podríamos vivir ahora como en 1915 trabajando 17 semanas al año, pero preferimos trabajar más. Es cierto que en países de renta alta se trabaja menos, pero en ellos el consumo y el ocio parecen ser complementarios.

Que no haya habido efectos sobre el empleo no significa que no haya habido una importante recomposición sectorial del trabajo: en 1900, todavía un 41% de la mano de obra en EEUU trabajaba en la agricultura; en 2000, dicha proporción se había reducido a un 2%, debido, fundamentalmente, a un amplio rango de tecnologías, incluyendo la maquinaria automatizada, a pesar de lo cual, la producción agrícola es ahora mucho mayor. La producción en masa de automóviles redujo drásticamente la demanda de herreros y operarios mecánicos, del mismo modo que las sucesivas oleadas de equipamiento para mover tierra y herramientas potentes desplazaron mano de obra de la construcción. Los ordenadores hacen hoy buena parte del lento trabajo administrativo que antes se hacía sobre papel, con una dramática ganancia en almacenamiento, corrección de errores y localización de datos. En este tipo de actividades se ha producido un drástico descenso de empleo que se ha desplazado a otros sectores, en algunos casos nuevos: salud, ...

La negativa visión del impacto de las nuevas tecnologías sobre el empleo se basa en buena parte en la errónea percepción de que la cantidad de trabajo en la economía está dada. Si así fuese, el uso creciente de máquinas necesariamente reduciría el empleo disponible para los seres humanos. Esta es una falacia que ignora dos canales a través de los cuales las nuevas tecnologías pueden crear empleo: 1) una nueva tecnología está frecuentemente asociada a la aparición de nuevas industrias y ocupaciones. Las nuevas tecnologías crean trabajos que requieren una mayor capacitación que los que destruyen, tanto si es para el mantenimiento de un robot en sustitución de las tareas que éste ha asumido, o para interpretar el output de un algoritmo analítico en vez de hacer los cálculos que ahora hace realiza un ordenador, 2) se genera un estímulo que opera a través de cambios en los precios y en el gasto en consumo. Por ejemplo, la producción en masa en la industria textil generó un notable descenso en el precio de la ropa, que permitió a los consumidores comprar la misma cantidad de ropa a un precio menor, con un ahorro que pudieron canalizar hacia la compra de otros bienes y servicios. A su vez, al aumentar la demanda de esos otros bienes y servicios genera un incremento en producción y empleo en otros sectores de la economía, especialmente en aquellos que no están directamente expuestos a la nueva tecnología que ahorra en trabajo.

Además de estos canales de generación de empleo, conviene tener en cuenta que la automatización puede elevar el valor de las tareas que los trabajadores proporcionan de manera no sustituible. La mayoría de los procesos pro-

ductivos descansan en un conjunto de inputs de naturaleza múltiple, que requieren en determinadas dosis: trabajo, capital, inteligencia, creatividad, maestría técnica, intuición e inspiración. Todos ellos juegan un papel esencial, de modo que ganancias en productividad en alguna tarea incrementa el valor económico de las restantes tareas, que continúan siendo necesarias. Suele proponerse como ejemplo que hace años sacábamos dinero del banco acudiendo a la oficina y pidiéndolo al cajero. Hoy los cajeros automáticos hacen el trabajo. ¿Significa eso que ha descendido el empleo en la atención al público bancario? Al contrario, en países como EEUU hay muchos más empleados en oficinas bancarias que cuando se introdujeron los cajeros automáticos en los 90, solo que llevan a cabo servicios de mayor valor añadido, vendiendo otros productos financieros y asesoramiento a los clientes.

Es habitual sobreestimar el efecto negativo de la sustitución de trabajo humano por máquinas, ignorando estos efectos colaterales que pueden ser muy positivos, y que pueden compensar en buena parte el desplazamiento de trabajadores producido por la introducción de innovaciones tecnológicas.

En experiencias pasadas de cambio tecnológico el balance final del efecto sobre el empleo ha sido positivo, pero se argumenta con frecuencia que *esta vez es diferente*, y que un poder de computación mucho mayor que nunca, junto con la potencia de la inteligencia artificial para la resolución de problemas y el desarrollo técnico de la robótica generan un contexto mucho más favorable para la sustitución del trabajo humano por ordenadores y robots. En el pasado las máquinas nos asistían, nos ayudaban, pero esta vez es diferente, ahora contamos con máquinas “inteligentes” a las que podemos confiar la toma de decisiones. Es posible que el ritmo al que descubrimos formas de economizar en el uso de trabajo sea más rápido que el de encontrar nuevos usos para el trabajo (Keynes 1933) y que el desempleo aumente más que en episodios anteriores de cambio tecnológico.

Hasta ahora, el trabajo humano ha prevalecido por su capacidad para adoptar y adquirir nuevas capacidades mediante la educación [Goldin y Katz (2008)], pero según la computarización entra en dominios más cognitivos, la prevalencia del trabajador humano se puede hacer cada vez más difícil. En esta línea, Beaudry *et al.* (2013) documentan un descenso en la demanda de trabajadores de alto nivel educativo en los últimos años, a la vez que se ha ido produciendo una mayor oferta de los mismos. Cuando esto sucede, los trabajadores altamente capacitados descienden en la escala ocupacional, ocupando empleos que antes desarrollaban trabajadores de menor capacitación, y desplazando a estos más hacia abajo o incluso echándoles de la fuerza laboral. Lo cual genera dudas tanto acerca de la capacidad de la raza humana de ganar la carrera contra la tecnología por medio de la educación, y desencadena una preocupación acerca de cuál pueda ser el nivel de desempleo tecnológico al que nos enfrentemos en el futuro, según el progreso vaya elevando la rotación de trabajadores y con ello, el desempleo estructural.

Ahora bien, si tan grave es la amenaza sobre los puestos de trabajo actualmente existentes ¿no debería sorprendernos que la automatización no haya eliminado el empleo para la gran mayoría de trabajadores? Para responder a esta pregunta es preciso examinar más detalladamente la estructura y características del empleo.

4. DOS MODELOS: *SKILL-BASED TECHNOLOGICAL CHANGE (SBTC)* *FRENTE A TASK-BIASED TECHNOLOGICAL CHANGE (TBTC)*

La tecnología manufacturera del siglo XIX desplazó trabajos de cierto nivel de capacitación, sustituyendo talleres de artesanos por fábricas, mediante una simplificación y estandarización de las tareas que estos llevaban a cabo. Pero no es hasta finales del XIX cuando se observa la complementariedad entre capital productivo y competencias profesionales, como se apreció al sustituir el vapor y la energía hidráulica por energía eléctrica. A partir de la electrificación, hemos asistido a una carrera entre educación y tecnología. En la primera mitad del siglo XX, el movimiento que en EEUU se propuso implantar con carácter universal la educación a nivel de *high-school* coincidió con el momento en que la segunda revolución industrial llega a las oficinas. Esto hizo que el mayor número de graduados medios se encontrara con un recorte en la prima salarial que recibían las ocupaciones administrativas respecto de las de producción (fábrica) entre 1915 y 1980, debido a que la oferta de trabajadores con un grado medio creció todavía más rápidamente que su demanda. Desde 1980, tanto la brecha salarial a favor de los trabajadores de mayor nivel educativo como la desigualdad salarial han aumentado significativamente en un número de países, debido a la heterogénea complementariedad entre capacidades profesionales y tecnología.

Precisamente los ordenadores pasaron a ser un tema relevante en los años 90 al observarse que la brecha salarial entre trabajadores con educación universitaria y aquellos con un nivel educativo inferior había aumentado rápidamente en la década previa en EEUU y también en otros países desarrollados. Una explicación que se hizo popular era que se estaba produciendo un progreso técnico que era intensivo en mano de obra cualificada: la introducción de nuevas tecnologías y de máquinas aumenta la productividad de todos los trabajadores, pero dicha ganancia es mayor para los trabajadores más educados, lo que hace que las empresas aumenten su demanda de los mismos al ser más productivos, elevando sus salarios.

Mediante un detallado estudio de campo Autor, Levy y Murnane (2003) concluyeron que los ordenadores no tienen un impacto diferencial sobre trabajadores en función de su nivel educativo, sino que más bien influye sobre el contenido de las tareas que los trabajadores desempeñan en sus distintas ocu-

paciones, lo que les llevó a formular una teoría más refinada acerca de dicho impacto, conocida como *progreso técnico basado en tareas*.

De acuerdo con esta teoría, los ordenadores ejecutan perfectamente tareas que siguen una rutina bien pre - definida, fácilmente programable. Estas "tareas rutinarias" forman parte a menudo del trabajo productivo de carácter repetitivo: por ejemplo, las líneas de producción y montaje de coches requieren que se repitan exactamente los mismos pasos, con un mínimo margen para el error si queremos asegurar una alta calidad del producto y una fácil sustitución de los componentes cuando se estropeen. Los robots son mucho mejores que los humanos en ejecutar ese trabajo repetitivo con alta precisión. Las "tareas rutinarias" aparecen también en ocupaciones administrativas que se ocupan del proceso de datos, o del almacenamiento, extracción y transmisión de datos. Cuando tales tareas se realizan de acuerdo con unas reglas claramente especificadas pueden ser ejecutadas por un ordenador, lo que explica que los ordenadores realicen actualmente muchas tareas que hace solo treinta años eran realizadas por contables, administrativos o secretarías.

Pero aun siendo a menudo mejores que los humanos para tareas rutinarias, los ordenadores tienen importantes limitaciones en la ejecución de otro tipo de tareas. Las máquinas que siguen un programa pre - especificado no generan ideas nuevas ni innovaciones, y no reaccionan fácilmente a imprevistos, porque el número de contingencias que pueden incluirse en un programa informático es siempre limitado. Además, carecen de buenos interfaces para tratar con personas y objetos, son limitados en la comunicación verbal con humanos, y tienen dificultades en el reconocimiento y manejo de objetos, tareas todas ellas que requieren versatilidad y adaptación al entorno. El progreso técnico basado en tareas cataloga las tareas que implican intuición, creatividad, capacidad para resolver problemas, dotes de persuasión, etc., como "tareas abstractas". Estas dependen de la habilidad humana para reaccionar ante nuevos desarrollos y problemas y deducir nuevas ideas y soluciones. Son ocupaciones que habitualmente recaen en directivos, ingenieros, médicos, investigadores, que requieren un alto nivel de habilidad cognitiva. Los ordenadores no son buenos sustitutos del trabajo humano en estas tareas, pero pueden ser buenos complementos: muchas tareas abstractas pasan a ser más productivas cuando los ordenadores permiten un almacenamiento, procesamiento y transmisión de datos más rápido y barato. A modo de ejemplo, el efecto de la introducción del ordenador personal sobre la productividad de los investigadores en los últimos 30 años ha sido enorme.

El tercer grupo de tareas en TBTC es el de "tareas manuales", caracterizadas por una combinación de habilidades relacionadas con movimientos relativamente complejos, reconocimiento visual y comunicación verbal. Aparecen en servicios de atención personal, frecuentemente de bajo nivel de capa-

citación, como en camareros, cuidadores de niños, peluqueros, pero también en determinado tipo de transporte y en trabajos de reparación y construcción. Los trabajadores en estas ocupaciones requieren una formación educativa media, puesto que se trata de tareas que se basan en habilidades básicas como la comunicación verbal, el reconocimiento de personas y objetos, y el manejo y movimiento de determinados objetos con las manos. Los ordenadores tienen escaso impacto directo sobre este tipo de trabajos, que no son fácilmente automatizables, y que no se benefician substancialmente de una interacción con ordenadores en el lugar de trabajo. Comparados con los humanos, los robots suelen ser muy limitados en su adaptabilidad física y no pueden coger o limpiar muchos tipos de objetos. Por ejemplo, al limpiar una habitación un robot no es capaz de distinguir entre una caja de pizza y un joyero ¿debe tirarse a la basura una de ellas y no la otra? Este es el tipo de trabajos manuales que son difícilmente automatizables.

Por tanto, esta teoría nos sugiere pensar que los trabajos están compuestos por muchas tareas, y mientras la automatización y la computarización pueden sustituir algunas de ellas, la interacción entre tecnología y empleo va mucho más allá de una mera sustitución de personas por ordenadores y robots. Hemos de pensar acerca del rango de tareas involucradas en cada trabajo, y del modo en que el trabajo humano puede complementar a la nueva tecnología. Otra consideración es que los trabajadores humanos ejecutan a menudo un conjunto de tareas más diverso que aquellas que un ordenador o un robot pueden sustituir. El conductor de un camión de transporte no solo conduce; supervisa e incluso realiza tareas de carga y descarga, y se encarga de las tareas administrativas relacionadas. Frecuentemente, un trabajo puede disociarse en un conjunto de tareas algunas de las cuales son automatizables, pero no otras, como sucede con un cajero de banco, aunque no siempre es factible. Un ejemplo más extremo es el del piloto de aerolínea, que es no sustituible porque debe estar en condiciones de reaccionar ante muchos tipos de imprevistos.

5. POLARIZACIÓN DEL EMPLEO Y LOS SALARIOS

Autor y Dorn (2013) observaron que en la segunda mitad del siglo XX, el empleo evolucionó de acuerdo con las predicciones de la TBTC⁴. En las ocupaciones profesionales y de gestión y dirección, que son “tareas abstractas”, así como en servicios de baja capacitación, ricos en “tareas manuales”, el empleo ha aumentado desde los 80; simultáneamente, ha descendido en trabajos intensivos en tareas rutinarias, como suelen ser algunos de los trabajos minería, agricultura, construcción y transporte. Conclusiones similares emergen del análisis de Katz y Margo (2014) al examinar los cambios registrados en el número de

⁴ Autor (2015) observa resultados similares entre 1980 y 2012.

trabajadores empleados en siete categorías ocupacionales básicas⁵, ordenadas desde salarios bajos a altos durante dos periodos: 1940-1980 y 1980-2010. Estos autores muestran un comportamiento muy diferenciado del empleo en ambos periodos, como consecuencia de la predominancia de fuerzas distintas, según sea la oferta relativa de trabajadores con educación media o sin ella, la afiliación sindical, el grado de *offshoring*, la globalización de las cadenas de producción, etc.). Estas observaciones empíricas son plenamente consistentes con la teoría.

La TBTC implica efectos diferenciados de la computarización sobre ocupaciones que utilizan diferentes tareas, pero tiene también efectos indirectos sobre la desigualdad entre trabajadores con distinto nivel educativo o distinto nivel de renta. Esto se debe a que, como han señalado Goos y Manning (2007), las ocupaciones rutinarias en líneas de producción y en tareas administrativas, que son fácilmente automatizables, tienden a estar agrupadas hacia el centro de la distribución de salarios, por lo que la polarización del empleo entre trabajos manuales y abstractos tiende a generar mayor desigualdad en la distribución de salarios. Goos, Maning y de Salomon (2009) muestran que la evidencia de polarización salarial se observa en muchos países a pesar de las sustanciales diferencias que presentan los países analizados, entre los que se encuentra España, en términos de estructura productiva, regulación laboral y en pautas de crecimiento: en los 16 países europeos que consideran, además de EEUU, el porcentaje del empleo con salarios intermedios ha descendido, mientras que el empleo con salarios bajos o elevados ha aumentado.

Que la polarización del empleo genere una polarización salarial depende de tres fuerzas mitigantes: el grado de complementariedad de los trabajadores con las nuevas tecnologías, la elasticidad de la demanda, y la evolución de la oferta de trabajo [Autor (2015)]. Un análisis de estas fuerzas explica el fuerte crecimiento salarial observado generalmente en tareas abstractas⁶, a diferencia de lo que sucede en trabajos intensivos en tareas manuales, en los que las elasticidades respecto de la renta y los precios son moderadas, y la oferta de trabajadores es amplia. Por tanto, no es evidente que la polarización de empleos conduzca a una polarización salarial, aunque casi inevitablemente generará mayor desigualdad.

⁵ Ocupaciones agrícolas, servicios, operarios, artesanos, comerciales, gestores/managers, profesionales/técnicos.

⁶ Alta complementariedad, alta elasticidad de demanda, reducida oferta de trabajadores altamente capacitados.

6. SUSTITUCIÓN DE TRABAJADORES HUMANOS POR MÁQUINAS

¿Cuál es la magnitud de la sustitución de trabajadores humanos por máquinas? Entre los trabajos de investigación recientes que han estimado la posible destrucción de empleo debida a la gradual automatización de algunas tareas, quizá el más reconocido es el trabajo de Frey y Osborne (2013), quienes consideran 703 ocupaciones diferentes en Estados Unidos (tomadas de la base de datos O*NET) a cada una de las cuales atribuyen una probabilidad de automatización basada en los avances tecnológicos esperados⁷. Concluyen que el 33% del empleo actual se realiza en tareas que tienen una reducida probabilidad de ser automatizadas, el 19% del empleo se encuentra en tareas de probabilidad media, y el 47% del empleo en tareas de probabilidad alta. Sorprendentemente, existe bastante consistencia con los resultados alcanzados por otros estudios sobre la previsible evolución del empleo en la OCDE. También McKinsey estima que, con la tecnología actual, aproximadamente la mitad de las tareas que desarrollamos las personas pueden automatizarse.

No puede sorprender que la predicción acerca de la posible automatización de casi la mitad del empleo actual se haya convertido rápidamente en una referencia muy repetida en prensa y en páginas Web. Son cifras impactantes y, sin duda, hay que tenerlas en cuenta, si bien el tipo de análisis que las genera no está exento de limitaciones, puesto que: a) no establece un marco temporal a lo largo del cual pueda tener lugar el proceso de automatización, b) no considera que el hecho de que una tecnología pueda reemplazar a un trabajador no significa que ello vaya a producirse, pues depende de la evolución del coste relativo de trabajadores y máquinas, así como de aspectos legales, c) considera la destrucción de empleo en términos brutos, no netos, puesto que, como ya comenté, la automatización no impide la creación de nuevos empleos asociados a las nuevas tecnologías, o mediante la expansión del empleo en tareas no automatizables.

Pero lo que, a mi juicio, es quizá aún más interesante del análisis de Frey y Osborne, es la estimación de que solo 5% de los empleos se pueden automatizar por completo. Esto significa que, de modo creciente, todos los empleos se van a ver afectados, e irán cambiando, en algunos casos de modo dramático, según las máquinas, la inteligencia artificial y los algoritmos de aprendizaje automático vayan asumiendo tareas. Las personas nos iremos haciendo complementarios con el trabajo que realizan las máquinas, y aparecerán muchos trabajos que explotarán todas las nuevas oportunidades que ofrece la tecnología. Simultáneamente, también cambiará de manera sustancial el modo en que organizamos el trabajo, lo que nos irá alejando del empleo a tiempo completo y de la vinculación a una determinada empresa.

⁷ Utilizando una metodología similar a Blinder (2009) quien concluyó que entre 22% y 29% de los trabajos realizados en EEUU eran susceptibles de ser transferidos a otros países.

7. RETOS PARA LA POLÍTICA ECONÓMICA: CRECIMIENTO, EMPLEABILIDAD, DESIGUALDAD

¿Cómo decidimos cual es el ritmo óptimo de desarrollo y adopción de tecnologías? Una automatización rápida dejará sin trabajo a más personas, pero el hecho es que necesitamos las máquinas para continuar creciendo al ritmo necesario para alcanzar los niveles de prosperidad y bienestar deseados. Pero la automatización desplaza trabajo humano y el reto para la política económica será resolver el problema de reubicación masiva de trabajadores.

Esta es una de las cosas que no supimos hacer con la globalización, que resultó muy provechosa para el crecimiento económico y para los consumidores, quienes se beneficiaron de productos más baratos. Pero no nos ocupamos apropiadamente de los trabajadores que quedaron sin empleo o que tuvieron que desplazarse a otra parte del mundo. No podemos permitirnos que aparezca una clase de trabajadores que ni tienen empleo ni son empleables. Si los trabajadores no tienen una cierta confianza acerca de su renta futura ¿cómo van a comprar un coche o una casa? ¿cómo van a tener una cierta garantía de que sus hijos accedan a los niveles de educación que deseen?

Crecimiento y empleabilidad se beneficiarán si avanzamos en la reducción de las barreras a la creación de empleo, a la inversión y al crecimiento de las empresas, facilitando la financiación de actividades de emprendimiento, y vinculando los beneficios al trabajador más que al puesto de trabajo. En particular, España continúa apareciendo en mala posición en los *rankings* internacionales sobre los costes y trámites administrativos para la apertura de empresas, lo cual debiéramos mejorar definitivamente. La transformación tecnológica del sector público debería cumplir la promesa tantas veces anunciada de disponer de una ventanilla única en la que, además, las distancias instancias de la Administración compartan la información de que disponen, simplificando todo tipo de trámites.

Fiscalidad: Es preciso avanzar hacia una estructura fiscal eficiente que elimine deducciones fiscales y permita aproximar el tipo impositivo efectivo al tipo estipulado legalmente. El objetivo es disponer de un sistema redistributivo que ofrezca protección social sin perjudicar al empleo ni sea un freno a la inversión. Contra algunas propuestas, no parece que tenga sentido frenar el progreso con impuestos sobre el uso de inteligencia artificial, la utilización de *big data* o con impuestos sobre la automatización pues ¿cómo definiríamos qué es un robot? El reto consiste en diseñar formas para repartir equitativamente la riqueza, no en frenar su creación⁸.

⁸ *El futuro del empleo*, DOMENECH *et al.*, (2017), BBVA Research.

Políticas de empleo: Conviene mejorar la eficacia de las políticas activas y pasivas de empleo, en un intento de aumentar la empleabilidad, reducir la duración de los períodos de paro y mejorar la cobertura de las prestaciones de desempleo. El proceso de emparejamiento entre vacantes y desempleo puede ser más eficaz si se basa en una plataforma pública que utilice *big data* de forma inteligente y aproveche economías de escala, permitiendo anticipar las necesidades de las empresas y confiando la formación de trabajadores a centros de calidad. Harris y Krueger (2015) han hecho propuestas interesantes para modernizar las regulaciones laborales para el siglo XXI atendiendo a las necesidades de un profesional autónomo y de los nuevos intermediarios en el mercado de trabajo.

Desigualdad: El cambio tecnológico tiende a generar desigualdad entre trabajadores de distintas capacidades, entre empresas, entre regiones y entre países. Desigualdad entre empresas, pues se produce una importante brecha entre las empresas líderes en su campo, que saben cómo utilizar las nuevas tecnologías y mejorar su productividad, y muchas otras empresas, más pequeñas y más jóvenes, que van a tener dificultades en alcanzar dicha capacidad porque necesitan el personal con la adecuada capacitación, la gestión apropiada, los medios de financiación.

En países donde existe una estructura sectorial diferenciada por regiones, el cambio tecnológico puede incidir de modo muy distinto, generando desigualdad entre regiones. La preocupación por la pérdida del empleo será entonces muy diferente entre regiones, y este temor puede generar también una polarización política, como parece haber sido el caso en la última elección presidencial estadounidense.

Tampoco todos los países tienen la misma capacidad de computarización ni automatización: los países más avanzados encarnarán los cambios tecnológicos con mayor rapidez, pero los expertos destacan que son las economías emergentes las que podrán sacarle un mayor beneficio. Tengamos en cuenta que en África sub-sahariana hay más personas con teléfono que con acceso a agua potable (Hawking, 2016).

Cómo facilitar la búsqueda de empleo en un contexto de continuo y rápido progreso tecnológico y evitar el aumento de desigualdad que pueda desencadenar a distintos niveles son dos difíciles retos que se suman a las tareas de la política económica

8. EDUCACIÓN

Es habitual que los estudios que analizan el impacto del cambio tecnológico sobre el empleo finalicen apelando al importante papel que el sistema educativo debe desempeñar en el nuevo contexto laboral. Pero no se sugieren

reformas específicas, sino que se apela a la necesidad de un proceso continuado de formación y actualización de conocimientos que el sistema educativo deberá facilitar de algún modo.

Los ordenadores y la automatización están transformando la composición ocupacional del mercado laboral y ello hace que los jóvenes tomen parte hoy en el sistema educativo en un contexto de gran incertidumbre, por tres razones. Primero, porque muchos de ellos se enfrentarán a trabajos que no podemos ni imaginar ahora, y tendrán contacto con tecnologías que no hemos soñado. Segundo, inquietud acerca de las posibilidades de encontrar un empleo del que han visto disfrutar a las generaciones previas, porque las economías desarrolladas no están mostrando una gran capacidad de generar nuevos empleos. Tercero, porque no es sencillo saber en qué tipo de capacidades vale la pena invertir pensando en que resulten útiles durante los próximos 30 años. Quizá la contrapartida sea que en el futuro sean menos importantes los contenidos que se aprenden que las capacidades que se adquieran.

La polarización del empleo que antes describí es especialmente pronunciada entre los jóvenes, que se concentran desproporcionadamente en trabajos de alta y de baja remuneración salarial. La mayor disponibilidad de empleos en servicios de baja capacitación ofrece oportunidades laborales a trabajadores con poca educación formal, pero los trabajadores que se van a beneficiar más del cambio tecnológico serán aquellos en ocupaciones profesionales y de gestión, de salarios altos, cuya productividad ha aumentado gracias a la tecnología computacional. Parecería entonces que una política adecuada sería proporcionar mayor escolarización para ayudar a las cohortes de jóvenes trabajadores a triunfar en el mercado laboral. Después de todo, el aumento en la brecha salarial entre trabajadores con y sin educación universitaria sugiere que el crecimiento en la oferta de personas altamente cualificadas ha sido inferior al crecimiento que ha experimentado su demanda.

Pero una mayor escolarización no debería ser la única respuesta. También debe mejorar la percepción social de los empleos en el sector de servicios de atención al público, así como la calidad de los mismos, porque es un área que va a atraer buena parte del empleo.

En cuanto a contenidos educativos, los ordenadores y la automatización han cambiado y continuarán cambiando la demanda de tareas laborales, y la educación debería construir habilidades en aquellas tareas en las que las capacidades humanas permanecen superiores a las de las máquinas, y no en aquellas dimensiones en las que las máquinas tienen ventaja. ¿En que serán mejor las personas que los robots y los ordenadores? En tareas que requieran capacidades creativas, analíticas, humanas, la capacidad para conectar con otros, la capacidad de persuasión, la capacidad de comunicar con otros y de transmitir información: tareas de percepción y manipulación, tareas que requie-

ran inteligencia creativa, y tareas que precisen inteligencia social. Esto significa que si bien las carreras técnicas (STEM)⁹ proporcionan conocimientos que parecen adecuados para el cambio tecnológico, no son las únicas.

Estas perspectivas laborales también significan que la respuesta al cambio tecnológico no es simplemente más educación, sino una educación diferente. La inversión en capital humano debe estar en el centro de toda estrategia de largo plazo que pretende generar las capacidades que sean complementarias del cambio tecnológico. Da la impresión de que esta vez habrá que pensar detenidamente sobre la estructura adecuada de cursos y titulaciones, y sobre los contenidos pero, sobre todo, parece que deberán cambiar significativamente la manera en que se enseña y el modo en que se aprende. El *aprender a aprender* seguramente sea más necesario que nunca en el futuro.

En el mundo de la empresa una mayor atención a la interacción individualizada con los clientes, así como a las tareas de innovación y a la resolución de problemas puede proporcionar una perspectiva favorable para algunas de las ocupaciones en el rango intermedio de salarios, cuyo número está disminuyendo al ser automatizadas. Los trabajos productivos y administrativos que integran estas capacidades no pueden sustituirse tan fácilmente por ordenadores: un vendedor que aconseja a sus clientes de manera experta tiene interés para la empresa incluso en un contexto de automatización de las ventas, al contrario de lo que sucede con el vendedor que se limita a despachar los productos que le solicitan.

El mundo laboral no va a ser estático. La continuada introducción de nuevas técnicas generará nuevos trabajos y requerirá el aprendizaje de nuevas capacidades y la obtención de nuevas credenciales. Para los jóvenes actuales, lo único claro es que van a necesitar continuar aprendiendo a lo largo de toda su vida. La idea de que recibimos una formación cuando somos jóvenes para trabajar durante 40 o 50 años con ese bagaje educativo se ha terminado. Las políticas activas de empleo basadas en sistemas de formación que actualizan a los trabajadores para su inserción en actividades productivas diferentes de las que fueron desplazados no han funcionado en el pasado, y es una lástima, porque van a ser muy necesarias en el futuro.

La manera de impartir la docencia va a cambiar drásticamente. Los centros universitarios internacionales más prestigiosos están incorporando aulas de telepresencia, donde el profesor puede ver monitores de todos los alumnos a la vez que todos los alumnos le ven a él, y en las que los alumnos pueden interactuar entre ellos a pesar de estar físicamente separados. Sin duda que

⁹ *Science, technology, engineering, mathematics.*

algo se pierde son el contacto humano; pero generalmente ésta no es la única forma de interacción, sino solo un apoyo a otro tipo de sesiones. Por otra parte, hemos de valorar las posibilidades que la enseñanza online ofrece para permitir acceder a niveles educativos de excelencia o en temas avanzados a poblaciones que de otro modo lo tendrían completamente imposible, aun cuando la distancia impida otra forma de interacción.

Un formato educativo diferente está incorporado en las plataformas de cursos *online* ya existentes. Presentan una oferta de cursos a todos los niveles, incluyendo los técnicamente más avanzados, segmentados en módulos de breve duración (en torno a 3 meses) que se pueden agrupar para lograr una titulación. Están impartidos por profesores de las mejores universidades del mundo, con un calendario estricto, que permiten acceder desde casa a contenidos con una enorme facilidad, pudiendo conseguir una titulación en dichas universidades, además a un precio realmente reducido. No se aprecia donde pueda estar el límite a este tipo de tecnologías docentes, y la pregunta para nosotros es ¿cómo vamos a competir con esta oferta educativa?

Un director de consultoría de ingeniería me manifestaba recientemente que no tendría inconveniente en contratar una persona que teniendo una titulación de base en un centro técnico, hubiera aprendido las especialidades requeridas para el puesto de trabajo en este tipo de plataformas de cursos *online*. Además, muchas empresas manifiestan valorar cada vez más una formación de base transversal, con incidencia en los aspectos creativos, de comunicación, de coordinación de equipos y de resolución de problemas a los que antes hice referencia, que pueden permitir, como sucedió hace unos años, que los dos mejores gestores de carteras de renta variable en UK fuesen ambos licenciados en lingüística.

La duda estriba en saber si las sociedades desarrolladas están en condiciones de incorporar este tipo de cambios con suficiente rapidez y manteniendo la adaptabilidad a las innovaciones que vayan surgiendo.

RESUMEN

Con el progreso tecnológico muchos de los trabajos de cadenas productivas, así como los trabajos administrativos que se especializan en tareas fácilmente automatizables, se pierden de modo irreversible. Pero, más que desaparecer por completo, el empleo se desplaza desde los sectores que sufren en mayor medida la automatización hacia otros sectores que experimentan menor progreso técnico, así como a sectores emergentes que aparecen en relación con la nueva tecnología. Por tanto, es equívoco contabilizar únicamente la sustitución de personas por máquinas ignorando el desarrollo de nuevas tareas, nuevos trabajos y nuevas áreas de actividad productiva.

El análisis de las tareas desempeñadas en los distintos puestos de trabajo anticipa una polarización en el mercado de trabajo. Así se confirma en muchos países desarrollados desde los años 70 del pasado siglo, que vienen creando empleo significativamente en ocupaciones de gestión y de tipo profesional, que precisan liderazgo, creatividad, y la capacidad de resolver problemas y situaciones complejas que puedan presentarse. Generalmente requieren una cualificación educativa alta. También se crea empleo en servicios que combinan tareas de reconocimiento visual, comunicación verbal o habilidades relacionadas con movimientos no sistemáticos y difíciles de programar. Por el contrario, los trabajos basadas en tareas rutinarias apenas crean empleo y continúan perdiendo empleos debido a la automatización.

Probablemente, la polarización del empleo observada en las últimas décadas tenga un límite. La complementariedad entre personas y ordenadores y robots creará nuevas tareas que sean ejercidas por los mismos trabajadores que ven parte de su actividad sustituida por máquinas. Parece natural pensar que en el futuro puedan prevalecer una amplia gama de trabajos de capacitación media que combinen habilidades profesionales de carácter técnico con aquellas tareas en que los humanos tenemos ventaja: interacción personal, flexibilidad, adaptabilidad y resolución de problemas. Tareas para las que un sólido programa educativo de formación vocacional/profesional puede preparar. Muchas de estas tareas además, están intrínsecamente relacionadas entre sí, y no podrían desgajarse para ser asignadas a máquinas sin una pérdida de calidad en su realización.

En todo caso, para conocer el impacto final del progreso tecnológico sobre el empleo no pueden confrontarse las estimaciones de destrucción frente a creación de puestos de trabajo, porque las capacidades requeridas a los trabajadores que desempeñan unos y otros no son las mismas. Por eso será preciso disponer de un sistema educativo flexible y capaz de incorporar rápidamente la enseñanza de las capacidades que precise el desempeño de las tareas asociadas a las nuevas tecnologías.

El problema tiene, por tanto, dos caras: por un lado, debiéramos centrarnos en identificar las tareas y trabajos en que con mayor probabilidad los trabajadores humanos se verán desplazados por máquinas. Investigaciones como las desarrolladas por los profesores Frey y Osborne son muy útiles a este respecto. Por otro, querríamos anticipar las nuevas capacidades que puedan aparecer, pero esto es prácticamente imposible y la sociedad deberá prepararse para ajustarse con la mayor rapidez a las necesidades laborales que puedan surgir.

Aun no estando inequívocamente relacionadas, la polarización del empleo tiende a generar polarización salarial, de modo que aunque el cambio tecnológico pueda tener un efecto final relativamente pequeño sobre el empleo

total, contribuye a una mayor desigualdad laboral. También se genera desigualdad entre regiones que tienen una tipología diferente de la actividad productiva, y entre países que tienen diferente grado de acceso al progreso tecnológico; el rápido y profundo cambio tecnológico que se avecina puede dejar definitivamente descolgados a muchos países, con las consiguientes implicaciones sobre los procesos migratorios. En definitiva si, como algunos creen, la automatización modificará la composición del empleo más que reducir su volumen, la política económica no necesitará preocuparse por un desempleo masivo. En vez de eso, los retos surgirán de los notables cambios en el tipo de habilidades que las empresas demanden de los trabajadores y en el aumento de la desigualdad económica entre ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTOR, D., F. LEVY y R. MURNANE. 2003. The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *Quarterly Journal of Economics*, 118(4):1279-1333.
- AUTOR, D. y D. DORN. 2013. The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5):1553-1597.
- Autor, D., D. Dorn y G. Hanson. 2013. The Geography of Trade and Technology Shocks in the United States. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 103(3):220-225.
- BAUMOL, W. J. 1967. "Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis." *American Economic Review* 57(3):415-26.
- BEAUDRY, P., GREEN, D.A. y SAND, B.M. (2013). The great reversal in the demand for skill and cognitive tasks. Tech. Rep., *NBER Working Paper*, n°. 18901, National Bureau of Economic Research.
- BLINDER, A.S. (2009). How many US jobs might be offshorable? *World Economics*, vol. 10, no. 2:41.
- BOWEN, HAROLD R. (Chairman). 1966. *Report of the National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress: Volume I*. Washington: U.S. Government Printing Office.
- BRYNJOLFSSON, E., y A. MCAFEE. 2014. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York and London: W.W. Norton & Company
- FREY, C.B. y M.A. OSBORNE, 2013, *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?*, University of Oxford, Martin School, manuscript.
- GOLDIN, C. y L. F. KATZ. 2008. *The Race Between Education and Technology*. Cambridge MA: Belknap Press.
- GOOS, M. y MANNING, A. (2007). Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 89, n° 1:118-133.
- GOOS, M., MANNING, A. y SALOMONS, A. (2009). Job polarization in Europe. *The American Economic Review*, vol. 99, n° 2:58-63.
- HARRIS, S.D. y A.B.KRUEGER, 2015, A proposal for Modernizing Labor Laws for Twenty First Century Work: The "Independent Worker", *The Hamilton Project, Discussion paper* 2015-10.
- HAWKING, S., 2016, This is the most dangerous Time for our Planet, *The Guardian*, 1 diciembre 2016
- KATZ, L.F. y MARGO, R.A. (2013). Technical change and the relative demand for skilled labor: The united states in historical perspective. Tech. Rep., *NBER Working Paper*, n°. 18752, National Bureau of Economic Research.
- KEYNES, J.M. (1933). Economic possibilities for our grandchildren (1930). *Essays in persuasion*, :358-73.
- MOKYR, J. (1998). The political economy of technological change. *Technological revolutions in Europe*.39-64.
- SCHUMPETER, J.A. (1962). *Capitalism, socialism and democracy*. Harper & Row, New York.

