

Cambio tecnológico y progreso social: ¿es posible un futuro mejor?

Alfonso Novales

Robert J. Gordon

The Rise and Fall of American Growth. The U.S standard of living since the Civil War
Princeton, Princeton University Press, 2016 784 pp. \$39.95

Visiones alternativas del cambio tecnológico

Estamos asistiendo a la materialización de unos procesos de innovación tecnológica que a todos nos sorprenden, no sólo por su relevancia, sino porque la velocidad con que se producen y se incorporan a nuestra vida diaria no tiene precedentes en la historia. Apple introdujo el iPhone hace diez años. Cuando todavía una de cada seis personas vive sin electricidad y más de la mitad de la población mundial no tiene acceso a Internet, el número de tarjetas SIM supera ya a dicha población. Resulta difícil mantenerse actualizado respecto a todas las innovaciones que se producen y, en el plazo de una vida, estamos viendo que los usos de las generaciones más jóvenes y las de mayor edad son bien diferentes, en términos de cómo establecen sus relaciones con otras personas, así como del modo en que difunden y reciben información. Los entretenimientos han cambiado drásticamente. Los hábitos de lectura también han cambiado, al igual que los sistemas de aprendizaje, en los que las plataformas *online* han entrado con fuerza y ofrecen posibilidades de formación antes impensables y llegan a lugares donde apenas existe infraestructura educativa.

Son avances técnicos que están cambiando nuestras vidas desde los años setenta del pasado siglo, afectando a todos los ámbitos: salud, ocio y entretenimiento, modos productivos, estructura empresarial, etc. Su pleno desarrollo, lejos de haberse completado, todavía ha de generar innovaciones que hoy no imaginamos. Y, sin embargo, hablamos ya de una Cuarta Revolución Industrial, concepto introducido por Klaus Schwab, fundador y presidente ejecutivo del World Economic Forum, para denominar un conjunto de notables avances tecnológicos con un gran potencial para conectar a miles de millones de personas a través de Internet y mejorar con ello la eficiencia de empresas y organizaciones: robótica, inteligencia artificial, aprendizaje automático (*machine learning*), nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, Internet de las cosas, realidad virtual, con nuevos materiales como el grafeno, la impresión 3D y los vehículos autónomos. Sólo la relación de unos elementos con otros sugiere ya que estamos ante un proceso de transformación de profundas implicaciones que cambiará el modo en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos.

También se verá afectada la organización del trabajo que, nos dicen los tecnooptimistas, puede incluso conducir a una fase de paro masivo según las máquinas van haciéndose cargo de muchas de las labores que hasta ahora desempeñaban las personas[1]. De hecho, los estudios existentes apuntan a que un porcentaje muy

notable de los actuales empleos podrían ser desempeñados por ordenadores o robots en un futuro próximo. Como el cambio es tan rápido, no habría tiempo de que surgieran actividades laborales alternativas que pudieran acoger a los trabajadores desplazados, quienes, en todo caso, no estarían preparados para las mismas, y la consecuencia sería una fase de elevado y persistente desempleo.

El punto de vista de los llamados tecnopesimistas se inclina por un futuro en el que las máquinas no se harían cargo de muchos puestos de trabajo por completo. Más bien se trataría de una actuación complementaria entre trabajadores humanos y máquinas que elevaría la productividad, conduciendo a una etapa de mayor prosperidad. En todo caso, los nuevos modos de producción van a requerir un empleo cualificado, y el continuado cambio en tecnología, en técnicas de computación y en materiales van a demandar de los trabajadores capacidades que, además, es previsible que cambien frecuentemente. El hecho es que el ritmo de innovación es tan rápido que hace que sea impredecible imaginarse qué nuevos desarrollos veremos en los próximos años.

Cuando parecía que el dilema se centraba en los dos puntos de vista antagónicos (tecnooptimistas y tecnopesimistas) acerca de los efectos de la automatización y robotización sobre los usos sociales y, muy en particular, sobre el empleo, el profesor Robert J. Gordon, conocido economista de la Northwestern University, publica una [obra extensa](#), muy pormenorizada en detalles históricos y empíricos. Su argumento básico es que la época de mayor avance tecnológico no sería la digitalización de finales del siglo XX y comienzos del XXI, sino los cien años transcurridos desde comienzos de la década 1870 hasta los inicios de la década de 1970. Durante ese período se descubrió la electricidad y se desarrollaron un conjunto de aparatos eléctricos, como el motor de combustión interna, que revolucionaron el transporte; se produjo una gran mejoría en condiciones sanitarias debido al agua corriente, la fontanería y la calefacción central. Se descubrieron los procesos que permitieron el desarrollo de muchos productos farmacéuticos, los plásticos y otros productos químicos; y se introdujo la tecnología del entretenimiento y de las comunicaciones (cine, televisión). Desde entonces el cambio tecnológico estaría frenándose, al ser cada vez más evidentes las dificultades que tiene la humanidad para realizar innovaciones tan relevantes como las mencionadas. Como evidencia, Gordon cita que el crecimiento anual de la renta per cápita en Estados Unidos se aceleró entre 1950 y la crisis del petróleo de 1973, para reducirse muy significativamente en las cuatro décadas siguientes. Una ralentización similar se ha producido en el resto del mundo desarrollado, aunque no de modo tan claro.

Es posible que algunos lectores acudan al libro de Gordon buscando un análisis del potencial de progreso futuro, puesto en perspectiva histórica. El título sugiere, además, un tratamiento simétrico del antes y después de la fase más brillante de crecimiento de la economía estadounidense. Pero esa no es la estructura del libro. Sus dos primeras partes, caprichosamente divididas por el año 1940, constituyen un detallado tratado de historia económica del largo período 1870-2015 para quien quiera aproximarse a este tipo de análisis, con el aliciente añadido de que proporciona una amena lectura. Su tercera y última parte consta de tres capítulos en los que: 1) se analizan las causas que hicieron posible el período de mayor crecimiento, que el autor sitúa entre 1920 y 1950; 2) se hace una reflexión sobre la capacidad de las potenciales innovaciones futuras para replicar los efectos de las Grandes Innovaciones ocurridas durante el «siglo especial» (*special century*) de crecimiento, el que transcurrió entre 1870 y 1970; y 3)

se describen los cuatro vientos en contra ya mencionados, que limitarán las posibilidades de crecimiento económico durante las próximas décadas. El libro está bien estructurado y su tercera parte, que comprende los tres ensayos citados, puede leerse por separado de las dos primeras. El libro incluye asimismo unos «entre actos», a modo de enlace argumental entre sus diversas partes, así como una introducción y un epílogo de cierre; estos cuatro estudios constituyen una lectura amena que proporciona, además, una rápida visión de las ideas que se describen detalladamente a lo largo del libro.

Una discusión sobre el progreso a través del tiempo sin apelación a los datos económicos nos llevaría al terreno de lo infinitamente debatible[2]. Tal reflexión puede ser admisible en un contexto filosófico, pero el rigor en un debate de naturaleza económica exige concreción cuantitativa. Gordon centra su análisis alrededor de la renta per cápita, medida obtenida a través del cociente entre PIB y la población en cada momento del tiempo, como indicador de estándar de vida y, por tanto, de bienestar[3]. Es prácticamente imposible que una elección particular responda plenamente al objetivo que se persigue y, de hecho, es bien conocido el extenso debate existente acerca de la limitación del PIB como indicador de bienestar. Gordon no considera todos los aspectos de tal debate, pero dedica un esfuerzo apreciable en distintos momentos a analizar las razones por las cuales el PIB o la renta per cápita subestiman el nivel de bienestar, análisis que constituye para el lector, por sí solo, una interesante lección de economía. Una de las razones es que la mejora en la calidad de la mayoría de los bienes producidos hace que el bienestar que genera un determinado nivel de consumo sea mayor según transcurre el tiempo, sin que ello tenga reflejo en las cifras del PIB. Otra razón proviene del hecho de que los nuevos productos tardan un tiempo en ser considerados a efectos de la contabilización del PIB, por lo que el bienestar puede estar aumentando significativamente sin que encuentre un reflejo estadístico.

El libro sigue un enfoque tradicional en economía, al considerar que las ganancias a largo plazo en renta per cápita y con ello, en bienestar, serán generalmente debidas a mejoras en productividad. En términos de productividad, Gordon utiliza dos alternativas: el PIB generado por hora trabajada en la economía, y la productividad total de los factores (PTF). El primero es un concepto claramente definido, cuya limitación básica proviene de que, como todo indicador agregado, considera por igual las horas trabajadas en todos los sectores, por más que su productividad pueda ser bien diferente. El segundo indicador recoge el crecimiento del PIB de una economía una vez que se deduce del mismo la contribución generada por aumentos en los factores productivos, como el trabajo o el capital[4].

El indicador utilizado como estándar de vida, el PIB per cápita, es el producto de dos factores: la productividad, medida como la cantidad de producto generado por hora trabajada, y el número de horas trabajadas por persona. Los determinantes de ambos factores son bien diferentes: la productividad responde a aspectos técnicos y a la estructura de modos de producción; el número de horas trabajadas por persona tiene un fuerte componente cíclico y también depende de cuestiones demográficas y cambios sociológicos, como la incorporación de la mujer al mercado de trabajo[5]. Esta descomposición es ampliamente utilizada por Gordon en su libro para analizar los determinantes de la evolución de la renta per cápita, como describiré más adelante.

Trataré de resumir en las próximas secciones las principales tesis de este libro de más de setecientas páginas para ponerlo posteriormente en el contexto de las aportaciones de otros autores acerca del impacto potencial del cambio tecnológico sobre el futuro del empleo y del bienestar social[6].

La era de las Grandes Invencciones: 1870-1940

Gordon puntualiza que, tras la Guerra Civil, se vivió una auténtica revolución en Estados Unidos, pero no política, sino económica, que liberó a los hogares de una enorme cantidad de incesantes y penosas tareas diarias, de vivir en oscuridad durante buena parte del día, del aislamiento y de la muerte temprana. Tan sólo cien años después, la vida diaria había cambiado de modo irreconocible, y un niño recién nacido podía esperar vivir no hasta los cuarenta y cinco, sino hasta los setenta y dos años de edad.

Las grandes innovaciones que impulsaron esta fase de progreso no comenzaron en 1870; muchos avances, como el tren, el barco de vapor o el telégrafo, provienen de los cincuenta años anteriores a 1870. Pero sólo desde entonces disponemos de datos estadísticos relativamente homogéneos, lo que permite establecer un análisis empírico sólido únicamente a partir de ese momento. El flujo de inventos que siguió a la Guerra Civil es tan extraordinario que transformó definitivamente el modo de vida: la electricidad cambió la manera en que se generaba la luz; el ascensor permitió construir viviendas verticalmente y transformó las ciudades; las máquinas eléctricas, tanto fijas como manuales, permitieron mecanizar y automatizar muchas tareas; las noticias comenzaron a difundirse con rapidez; los coches mecánicos sustituyeron a los caballos como el primer sistema de transporte interurbano. Ya no fue necesario tener una cuarta parte de la fuerza de trabajo del país dedicada a tareas agrícolas. Los grandes medios de transporte alcanzaron su pleno desarrollo en algo más de un siglo: el tren primitivo sustituyó a la caravana en la década de 1830, y el Boeing 707 voló casi a la velocidad del sonido ya en 1958. El tiempo preciso para las tareas domésticas se redujo notablemente, la ropa dejó de hacerse en casa y en 1920 se compraba en almacenes que cincuenta años antes no existían. Otros indicadores que no desempeñan ningún papel en la estimación numérica del PIB proporcionan una evidencia incluso más objetiva del progreso alcanzado en ese período: el aumento en esperanza de vida y la reducción en mortalidad infantil, el desarrollo de la anestesia, que permitió amputaciones sin dolor, el descubrimiento de los antibióticos o la introducción de los rayos X y de los primeros tratamientos contra el cáncer.

Lo que hace único a ese período de cien años no es sólo la magnitud de las transiciones entre formas de vida, sino la velocidad con que fueron completadas (como, por otra parte, sucede también actualmente). Aunque no había una sola casa con electricidad en 1880, la práctica totalidad de las viviendas urbanas ya tenía electricidad en 1940, y la mayoría de ellas contaba con agua corriente y tuberías para desagües, así como con calefacción, cocinas y neveras. En 1970, las condiciones de trabajo en casa y en la oficina habían mejorado muy sustancialmente; el propio concepto del tiempo había cambiado, incluyendo la aparición de los derechos del trabajador en forma de tiempo de ocio, como los fines de semana y el período de jubilación, que resultaban impensables cien años antes. Gracias a estos cambios irreversibles, se pasó de una

sociedad agraria, formada por pequeñas ciudades apenas conectadas entre sí, a una sociedad industrial con instituciones públicas y privadas fuertes y sólidamente desarrolladas y una población crecientemente diversa. El porcentaje de la nación clasificada como urbana pasó de un 25% en 1870 a un 74% en 1970.

La propuesta de Gordon es que la revolución económica que se vivió entre 1870 y 1970 ha sido irreplicable y única en la historia, aunque tengamos una sorprendente propensión a olvidar lo recientes que son avances como el baño diario, el agua caliente, la luz eléctrica, los electrodomésticos, el gas en las viviendas o la disponibilidad de calefacción en todas las habitaciones de la casa, sin los cuales nos parece difícil vivir hoy.

La irregularidad en el ritmo de crecimiento económico

Examinemos ahora los momentos concretos en que se introdujeron las innovaciones más importantes. Gordon repasa las tres revoluciones industriales reconocidas hasta ahora para explicar el auge y la subsiguiente debilidad del crecimiento en Estados Unidos. La primera Revolución Industrial, basada en el motor de vapor y sus derivados –tren, barcos de vapor, así como en un desplazamiento desde la madera hacia el hierro y el acero–, surge de inventos que se produjeron entre 1770 y 1820, pero que eran suficientemente profundos como para que su pleno desarrollo precisase la mayor parte del siglo XIX. La segunda Revolución Industrial reflejó los inventos de finales del siglo XIX, en particular la electricidad y el motor de combustión interna, y tuvo su mayor impacto sobre el PIB per cápita y sobre la productividad en el medio siglo que va de 1920 a 1970. Tres de sus más importantes innovaciones alcanzaron su actual forma hace unos cuarenta años y son responsables del mayor crecimiento de la productividad total de los factores durante el período 1940-1970: el sistema de autopistas, la navegación comercial aérea, y el omnipresente aire acondicionado, que ha facilitado el trabajo y estimulado la productividad en todo el mundo desarrollado, pero que ha tenido una incidencia especial en algunas regiones de Estados Unidos, donde el calor y la humedad durante buena parte del año reducía las horas trabajadas y el esfuerzo. Mientras, el mundo del entretenimiento se veía alterado para siempre por la llegada de la televisión. La tercera Revolución Industrial, asociada con la tecnología de la información y la comunicación, comenzó en 1960 y continúa actualmente. Al igual que la segunda Revolución Industrial, también implica un notable cambio, pero, según Gordon, en una esfera de la actividad humana más restringida: mientras el dominio de la segunda Revolución Industrial afectaba a casi todas las necesidades y deseos humanos (alimentos, vestido, vivienda, transporte, entretenimiento, comunicación, salud, información, medicina y condiciones de trabajo), la tercera Revolución Industrial se centraba en el entretenimiento, la información y la comunicación. Este ámbito más reducido de las innovaciones, junto con la amortiguación de los efectos de las innovaciones de la segunda Revolución Industrial, explica la ralentización observada en el crecimiento del PIB per cápita y de la productividad a partir de 1970 y los menores efectos que los cambios tecnológicos tuvieron sobre el bienestar.

El hecho más notable que deduce Gordon de su análisis de estas fases históricas es que el rápido crecimiento económico en Estados Unidos no se ha distribuido igualmente a lo largo de las más de doce décadas transcurridas desde 1890, sino que se concentra en un episodio de cinco décadas a mediados del siglo XX, con una tasa anual media de

crecimiento de la productividad total de los factores de 1,9% entre 1920 y 1970, debido al efecto de la segunda Revolución Industrial. Por su parte, el momento culminante de la tercera Revolución Industrial se produjo en 1994-2004, con crecimiento anual de la PTF de un 1%, que es la mitad del registrado en 1920-1970, pero que es más del doble del crecimiento registrado posteriormente, con excepción del período 1994-2004. El mejor comportamiento en este último período se debe a una revolución que se produjo en un momento único del tiempo, cuando los ordenadores personales comenzaron a desempeñar un importante papel en las comunicaciones y aparecieron los buscadores de Internet. En ese momento, las oficinas comenzaron a abandonar el papel y cambiaron por completo las necesidades de personal en las mismas.

Pero, ¿qué conjunto de milagros creó el Gran Salto hacia el futuro (1920-1950)?[7] La mayoría de las Grandes Invencciones de finales del siglo XIX, como la electricidad, la disponibilidad de gas, teléfono y agua corriente, la existencia de alcantarillado público o el vehículo motorizado, que transformó tanto el ambiente rural como el urbano, ya habían llegado a las familias en 1928, pero el mayor crecimiento económico derivado de las mismas se produjo entre 1928 y 1950. La razón es que muchas de las importantes Invencciones de los años veinte no se habían desarrollado aún plenamente en 1928. De hecho, los años treinta constituyen la década más productiva en términos del número de inventos y patentes en relación con el tamaño de la economía. El progreso tecnológico en esa década incluye la mejora de calidad y la amplia difusión de los electrodomésticos, mejoras en la calidad de los automóviles, la implantación del transporte aéreo, la proliferación de programas de radio tanto de ocio como de noticias, o el cine, la llegada de la electricidad a las granjas y aldeas, y continuas mejoras en salud, con el desarrollo de las primeras sulfamidas.

En realidad, resulta difícil explicar el impacto que tuvieron sobre la economía los procesos de innovación tecnológica en el período 1928-1950, porque durante ese período la economía apenas estuvo funcionando en un régimen normal, ya que pronto entró en la oscuridad de la Gran Recesión y, pocos años después, en el milagro productivo que trajo consigo la Segunda Guerra Mundial. Es difícil estimar la evolución de variables clave como el PIB y la productividad, porque la Segunda Guerra ocasionó una cierta interrupción en la recogida y publicación de información estadística. Además, la Gran Recesión hizo que, entre 1929 y 1933, la producción, las horas trabajadas y el empleo se colapsaran. Muchas máquinas estuvieron paradas y no podemos saber mucho sobre la tasa de innovación tecnológica de ese período. Las distorsiones continuaron a lo largo de la recuperación parcial de 1933-1937, así como durante la importante aunque corta recesión de 1938 y durante la explosión de la producción entre 1938 y 1945, período en el que revivió la economía, estimulada por el enorme gasto público en tiempos de guerra.

Gordon concluye que quizá fue la segunda Guerra Mundial el suceso que más contribuyó a materializar el Gran Salto hacia el futuro

Aun con información estadística incompleta, Gordon concluye que quizá fue la segunda Guerra Mundial el suceso que más contribuyó a materializar el Gran Salto hacia el futuro: la guerra estimuló el ahorro de las familias, que a partir de 1945 se canalizó hacia el consumo de muchos bienes que no habían estado disponibles durante el período de guerra. En el lado de la oferta productiva, el gobierno estadounidense

financió la construcción de muchas fábricas y equipo productivo nuevo, al igual que importantes infraestructuras. En 1944, el gasto militar había alcanzado un 80% del tamaño que tenía la economía estadounidense en 1939 y el PIB real (es decir, corregido por los efectos de la inflación) fue casi el doble en 1944 que en 1939 (1.163 y 2.237 billones, en dólares de 2009). Se trata, por tanto, de un enorme impulso generado por la gran expansión del gasto público. La cantidad invertida fue ingente; en términos reales, fue igual a la mitad del *stock* de capital de propiedad privada que existía en 1941. Además, la nueva maquinaria era más moderna y, por tanto, más productiva que el equipamiento antiguo. La Segunda Guerra Mundial generó milagros productivos que enseñaron a empresas y trabajadores cómo operar más eficientemente, y las lecciones aprendidas no se olvidaron una vez finalizada la guerra, por lo que la productividad continuó creciendo entre 1945 y 1950.

Pero lo verdaderamente sorprendente es que cuando los estímulos se retiraron en 1945-1947, la economía no se colapsó. La productividad, medida por el *output* por hora, apenas había sufrido durante la Gran Recesión de 1929-1933, y en 1935 ya estaba de nuevo por encima de la senda que habría seguido si hubiese mantenido el ritmo de crecimiento previo a 1928. En el período que va hasta 1950, el crecimiento de la productividad continuó aumentando a un ritmo muy superior al de antes de la Gran Recesión. Por el contrario, las horas trabajadas por persona crecían más lentamente de lo que lo habían hecho antes de 1928, por razones que expondremos en breve, y eso hacía que el estándar de vida, medido por el PIB per cápita, creciera algo más moderadamente que la productividad. Pero resulta verdaderamente llamativo que, a pesar de los acontecimientos, la productividad se mantuviera creciendo desde 1928 a un ritmo superior al que lo había hecho hasta ese momento.

Resumiendo, el crecimiento económico no es un proceso estable que crea avances económicos a un ritmo regular, que se repite siglo tras siglo[8]. La razón de tal irregularidad es que algunas innovaciones son más importantes que otras; en particular, el excepcional siglo vivido tras la guerra civil norteamericana fue posible por la extraordinaria coincidencia, a finales del siglo XIX, de las «Grandes Invencciones». Algunos acontecimientos terribles, como la Gran Depresión y la Segunda Guerra Mundial, desencadenaron en Estados Unidos intervenciones que tuvieron un efecto muy positivo sobre las posibilidades de crecimiento de la productividad y, con ella, la renta y el bienestar. Pero el mayor crecimiento de la productividad se observó a mediados del siglo XX, cuyas causas analizamos a continuación.

¿Por qué alcanzó el crecimiento de la productividad su punto más alto a mediados del siglo XX?

Una buena parte del éxito de la argumentación de Gordon se debe a su acierto en la selección de los períodos elegidos para establecer comparaciones: 1870-1920, 1920-1970 y 1970-2014. En dichos períodos se observa que el crecimiento tanto del estándar de vida (PIB/persona) como de la productividad (PIB/hora) fue muy similar en los períodos 1870-1920 y 1970-2014. Ambos crecieron anualmente en cada uno de los dos períodos en torno al 1,7%, mientras que las horas trabajadas por persona aumentaban ligeramente[9]. Por el contrario, en el período intermedio (1920-1970), el ritmo de crecimiento de la productividad fue muy superior, del 2,8%, con la renta per cápita creciendo algo menos a consecuencia de un descenso en el número de horas

trabajadas por persona.

Las horas trabajadas por persona han seguido desde 1870 una tendencia general en suave disminución, como consecuencia de tres hechos: en primer lugar, un descenso secular, que ya en 1920 había reducido su número de 60 a 52 horas por semana; en segundo lugar, la influencia del New Deal y el poder de los sindicatos, que lucharon y consiguieron la jornada de ocho horas con la National Labor Relations Act de 1935 (también conocida como Wagner Act por el senador Robert F. Wagner) y la semana de cuarenta horas con la Fair Labor Standards Act de 1938, lo que hizo que las horas trabajadas por persona descendieran respecto de 1920; en tercer lugar, el *baby boom* de 1947-1964, que incrementó el porcentaje de población menor de dieciséis años respecto de la población en edad de trabajar, formada por las personas con edades entre dieciséis y sesenta y cuatro años, lo cual, de manera natural, conduce a una reducción en horas trabajadas por persona. Junto con estos logros sociales, el *baby boom* hizo que muchas mujeres quedaran en casa para el cuidado de los niños y la familia. Todo ello redujo el número de horas trabajadas por persona, pero el descenso no fue ni mucho menos tan importante como el aumento registrado en productividad, lo que permitió que el PIB per cápita permaneciera a lo largo de todo este período por encima de su senda tendencial. El propio aumento en productividad también puede haber contribuido a reducir el número de horas trabajadas, pues la mayor productividad eleva la renta real; en ese contexto, los individuos eligen no gastar toda su renta adicional en bienes y servicios de mercado, sino consumir una porción de la misma en forma de mayor ocio, trabajando menos horas. En definitiva, el cambio en horas trabajadas se ha visto sujeto a varios efectos, cuyo impacto final ha sido una ligera tendencia decreciente que fue poco perceptible hasta 1920, posiblemente porque las ligeras reducciones en la jornada trabajada en zonas urbanas convivió con el aumento de horas que experimentaron quienes se desplazaron de las granjas a las ciudades. La tendencia decreciente se quebró transitoriamente en el período 1970-1995 por la incorporación de la mujer al mercado de trabajo, que elevó las horas trabajadas por persona, para descender posteriormente tanto por la menor participación activa de los hombres y de los jóvenes como por el comienzo de la jubilación de los miembros de más edad del *baby boom*.

Si las horas trabajadas han experimentado una tendencia decreciente, entonces podemos concluir que el factor que hizo crecer el PIB per cápita fue la mejoría de la productividad. Pero ¿por qué creció la productividad mucho más rápidamente en el período intermedio (1920-1970)? Un factor explicativo de las ganancias de productividad proviene de las mejoras sociales: la Gran Depresión motivó la introducción del New Deal y, dentro de éste, la National Industry Recovery Act (aprobada en 1933) y la ya citada Wagner Act contribuyeron al fortalecimiento del poder sindical, que logró las elevaciones en los salarios reales, especialmente a finales de los años treinta, y una reducción en el número de horas semanales, a la que ya hemos hecho referencia. Los salarios crecieron a una tasa igual y, en ocasiones, superior al crecimiento de la productividad, lo cual estimuló en las fábricas la sustitución de trabajo por capital, mientras que la reducción en horas trabajadas mejoró la productividad al reducir la fatiga de los trabajadores y mejorar su eficiencia. Ambos efectos explican parte del aumento en productividad tras la Segunda Guerra Mundial.

Examinemos ahora la relevancia de los factores productivos: la concepción más básica de la producción en teoría económica considera una tecnología productiva agregada para la economía de un país, que genera bienes a partir de dos *inputs* básicos, trabajo y capital. Desde este punto de vista, el crecimiento de la renta (PIB) puede deberse a tres causas: por un lado, aumentos en el factor trabajo o mejoras en su calidad, que puede haber hecho que una fuerza de trabajo cada vez más formada pudiera facilitar la incorporación de máquinas a los procesos productivos; en segundo lugar, una mayor ratio de capital productivo (máquinas) por hora trabajada, y de su calidad. Lo que queda al deducir estas dos fuentes potenciales del crecimiento del PIB/hora es la productividad total de los factores (también denominada en el mundo académico como residuo de Solow). Examinemos estos elementos.

La calidad del factor trabajo suele medirse mediante los logros educativos (de nuevo, una medida imperfecta), que experimentaron un aumento muy significativo en este aspecto tras la Segunda Guerra Mundial: entre 1900 y 1970, el porcentaje de graduados escolares entre los jóvenes estadounidenses ascendió del 6% al 80%, un cambio monumental que contribuyó al incremento de la productividad. En 1940, la mitad de los jóvenes habían completado la enseñanza media y muchos de los restantes habían hecho algunos cursos de dicha enseñanza antes de abandonarla. Ello creó una fuerza de trabajo más capaz para afrontar los retos de la producción en 1941-1945, con trabajadores más hábiles para manejar la nueva y compleja maquinaria que estaba incorporándose en los talleres y fábricas. El período de mayor crecimiento en las tasas de graduación en enseñanza media fue 1940-1950 y obedeció en gran parte a la Servicemen's Readjustment Act de 1944 (también conocida como G. I. Bill), que concedió financiación a los veteranos de la Segunda Guerra Mundial para realizar sus estudios a expensas del Gobierno federal. Como habían servido en guerra 16,1 millones de personas, el efecto fue muy importante. También se proporcionaron préstamos para la compra de vivienda y como prestación por desempleo durante el primer año tras abandonar el ejército. El porcentaje de la fuerza de trabajo que había realizado únicamente educación elemental descendió del 75% en 1915 al 30% en 1960, y a un 3% en 2005, mientras que los graduados universitarios o matriculados en estudios universitarios pasaron en dicho período del 4% al 48%. Pero la mejoría en nivel educativo fue alcanzándose a una tasa similar antes y después de 1928, por lo que este argumento no puede explicar la principal paradoja: ¿por qué creció la productividad más rápidamente en 1928-1970 que antes de 1928?

El aumento de capital productivo instalado y la mejoría en su calidad es otro factor potencialmente explicativo del aumento en productividad entre 1920 y 1950. De hecho, la ratio PIB/capital, que mide la productividad media del *stock* de capital productivo (máquinas) casi se duplicó entre 1920 y 1950, lo que pone de manifiesto la muy significativa mejoría de calidad que se había producido en el mismo, así como la introducción de nuevas máquinas[10]. En cuanto a la productividad total de los factores, repitiendo el ejercicio con medidas revisadas[11], Gordon obtiene que ésta comenzó a crecer más rápidamente en los años veinte, y que también creció durante la Segunda Guerra Mundial, confirmando afirmaciones de algunos autores y rebatiendo las de otros. Alcanzó su crecimiento más rápido en la década de 1940 para ir disminuyendo en las décadas posteriores. Pero lo llamativo es que el fuerte repunte de la productividad del trabajo, así como de la productividad total de los factores, durante la Segunda Guerra Mundial resultó ser permanente, y el cese de la producción de

guerra no impidió que las ganancias de productividad continuasen.

¿De qué manera se benefició el crecimiento de la productividad de un impacto retardado de las innovaciones introducidas en los años veinte y treinta? La década de 1930 es, para algunos historiadores de las innovaciones, el período con mayor número de creaciones importantes[12]. Sería difícil escoger si fue la electricidad o el motor de combustión interna la tecnología de carácter general más importante de todos los tiempos, pero la posibilidad de transformar potencia mecánica en electricidad, su transporte a través de cables y su transformación posterior en cualquier otro tipo de energía es un buen candidato a dicha distinción. Esta capacidad, aplicada a líneas de montaje, puede explicar buena parte del notable repunte en el crecimiento de la productividad de los años veinte, pero también de las décadas siguientes. Gordon aporta evidencia acerca de la potencia instalada en la maquinaria disponible en fábricas y del uso de electricidad como factores explicativos de la elevada productividad de la industria manufacturera estadounidense durante el período 1920-1950 en relación con la de otros países. Tampoco fue ajeno a este salto en productividad la fuerte inversión pública en infraestructuras de transporte, que permitió aprovechar la mayor potencia de coches y camiones, y el desarrollo, en el mismo período, de muchos tipos de plástico que permitieron ahorrar combustible, costes de capital y costes de producción de otros bienes.

En resumen, tanto las mejoras sociales introducidas tras la Gran Depresión como el fuerte estímulo inyectado a la actividad productiva industrial durante la Segunda Guerra Mundial, con un fuerte incremento del capital instalado y una mejora de su calidad, permitieron aprovechar el desarrollo de las grandes innovaciones introducidas en décadas anteriores, haciendo que el crecimiento de la productividad alcanzase su máximo en la década de 1940 del pasado siglo.

El menor crecimiento de la renta y la productividad desde 1970

Continuando con la historia de la productividad, ¿a qué responde el menor crecimiento de la misma desde 1970? Gordon opina que las innovaciones registradas han sido mucho más modestas: por un lado, las innovaciones que mayor impacto han tenido sobre el progreso y el bienestar ya estaban desarrolladas en 1970; por otro, las innovaciones que se han introducido desde entonces, durante la tercera y cuarta Revolución Industrial, no tienen efectos comparables con las desarrolladas desde 1870.

El consumo de alimentos y vestuario, así como el equipamiento de viviendas, cambió relativamente poco tras la transición entre 1940 y 1970; los coches ya eran más seguros y cómodos a partir de 1940, y eran más similares al coche típico de 2014 que a la carreta de 1870. El transporte aéreo comercial ya estaba desarrollado en 1970 y la red estaba establecida; los demás aspectos de los viajes aéreos evolucionaron ya más lentamente después de 1970 y ahora son incluso menos cómodos que antes. La esperanza de vida creció mucho menos rápidamente en la segunda mitad del siglo XX que en su primera mitad. Entre 1940 y 1975 se produjeron muchos más avances médicos que entre 1975 y 2014: la penicilina, los antibióticos, las vacunas. Las muertes por enfermedades cardiovasculares se redujeron a partir de los años sesenta y los tratamientos del cáncer, la radioterapia y la quimioterapia ya estaban en

funcionamiento en los años setenta. También los progresos en condiciones de trabajo y en educación se ralentizaron a partir de 1970. Tan solo las áreas de entretenimiento y comunicación han experimentado un rápido avance desde entonces. Aunque los equipos en color ya estaban disponibles, ahora hay mucha más programación y es habitual utilizar el vídeo por alquiler y recibir la televisión por satélite. Las comunicaciones se han desarrollado todavía más, especialmente tras la ruptura en 1983 del monopolio que había ejercido AT&T en la provisión de servicios de telefonía y la construcción de equipos. Pero la transición más rápida ha sido la revolución experimentada en las tecnologías de la información, en las que el dominio de los grandes ordenadores (*mainframe*) cedía ante el avance del ordenador personal en los años ochenta, mientras que el PC se unía a las comunicaciones en los noventa con el desarrollo de la World Wide Web.

¿En qué medida ha sido menor el crecimiento desde 1970? El PIB per cápita creció en media un 2,1% entre 1953 y 1968, y algo más lentamente entre 1968 y 1990. A ese ritmo, el PIB per cápita se duplica cada treinta y tres años. Pero es lo ocurrido entre 1999 y 2014 lo que justifica el título del libro de Robert J. Gordon. En ese período, el crecimiento del PIB per cápita pasó del 2,0% a prácticamente cero, porque un reducido crecimiento de la productividad en 2014, en torno a tan solo a 0,5%, se compensó con un descenso similar en las horas trabajadas por persona, dentro de su secular tendencia descendente[13]. Una pérdida tan drástica de potencial de crecimiento no aparece todavía en los datos, porque la economía estadounidense ha conseguido reducir su tasa de paro desde los niveles del 10% durante la crisis al actual 5%, y el análisis de Gordon descuenta los efectos cíclicos, aunque el estadounidense cree que aflorará en los datos una vez que la tasa de paro se estabilice en su bajo nivel actual. Dada la evolución tendencial de las horas trabajadas por persona, el exiguo crecimiento del bienestar desde 1970, medido por el PIB per cápita, no es sino la consecuencia de una trayectoria similar de la productividad. En efecto, la productividad total de factores, la medida más comúnmente aceptada del grado de innovación y progreso tecnológico, ha crecido desde 1970 a apenas una tercera parte del ritmo de crecimiento experimentado entre 1920 y 1970.

En definitiva, el crecimiento económico que ha experimentado Estados Unidos desde 1970 ha sido deslumbrante y, a la vez, decepcionante. Esta paradoja se explica porque los avances registrados desde 1970 se han centrado en un rango restringido de actividades humanas relacionadas con el entretenimiento, las comunicaciones y el procesamiento de la información. Sobre el resto de los grandes temas que nos preocupan a todos –alimentos, vestido, transporte, salud y condiciones de trabajo–, tanto dentro como fuera de casa, el progreso se ha ralentizado desde 1970, tanto en términos cualitativos como cuantitativos.

El potencial de crecimiento futuro

La cronología del ascenso del estándar de vida en Estados Unidos durante los últimos ciento cincuenta años descansa sobre la historia de las innovaciones, grandes y pequeñas. ¿Pueden replicarse en el futuro las grandes invenciones del pasado? Es esta una pregunta difícil de responder, pues, ¿pueden predecirse las innovaciones futuras? El proceso innovador al que asistimos desde la última parte del pasado siglo parece sugerir la dificultad de este tipo de especulaciones, ya que no sólo los avances técnicos

nos sorprenden sin cesar, sino que algunos que en un momento determinado se han juzgado como imposibles han resultado factibles unos años después. Un ejemplo que está haciéndose clásico es el hecho de que, hace poco más de una década, solía mencionarse el coche autónomo como ejemplo de una innovación que no sería posible desarrollar en el futuro próximo. Hoy es casi una realidad.

La conjetura de Gordon es que parece mucho más probable que el futuro se parezca más a la década 2004-2014 que a la de 1994-2004, en la cual la incorporación masiva del PC y sus aplicaciones al trabajo administrativo en las oficinas produjo un repunte transitorio en productividad. En dicha década, la introducción de aplicaciones informáticas generó cambios en muchos sectores como consecuencia de la transición a nuevos modos de operar, lo cual parece difícil que se repita ahora, y los positivos efectos de aquella innovación se han ralentizado desde entonces, ya se midan por el número de transacciones diarias en la Bolsa de Nueva York, la tasa de creación de nuevas empresas, el aumento en la eficiencia computacional de los chips en relación con su precio o por el número de transistores que pueden incorporarse en un circuito integrado[14].

Junto con el desdén por las innovaciones recientes y futuras, Gordon aporta «cuatro vientos en contra (*headwinds*)» que frenarían el impacto potencial de cualquier posibilidad de progreso. Los vientos en contra constituyen barreras a la distribución igualitaria de las ganancias en productividad e incluyen los efectos de la creciente desigualdad (que es para Gordon el factor de mayor trascendencia), el estancamiento educativo, el descenso en la participación activa y las demandas fiscales de una población crecientemente envejecida.

Desigualdad. Una cosa es el ritmo de crecimiento que puedan generar los procesos de innovación y cambio tecnológico, y otra cuestión bien diferente es el modo en que la renta generada se distribuye entre los miembros de la sociedad: evidentemente, no hay garantía alguna de que cada miembro de la sociedad disfrutará de igual manera del bienestar generado por el progreso económico. Del mismo modo que 1970 representa la división entre períodos de crecimiento rápido y lento de la productividad de los factores, también representa el corte entre un crecimiento igualitario y un crecimiento desigual. De hecho, cuando se eliminan las ganancias producidas durante las últimas décadas en la renta de quienes están en la cúspide de la distribución, el incremento en la renta media se reduce muy significativamente. Con datos de [Thomas Piketty y Emmanuel Saez](#), si excluimos al 10% de la población con mayor renta, la renta real del 90% restante apenas ha progresado, a pesar del aumento registrado en la renta media de toda la población gracias a un crecimiento notablemente superior de la renta real del 10% de población de mayor renta[15]. Este resultado es radicalmente diferente del registrado en 1948-1972, en el que la renta real sí experimentó un crecimiento robusto y de similar cuantía tanto para el grupo del 10% de mayor renta como para el resto de la población. Los [datos del Census Bureau](#), tanto en términos de renta salarial y de inversiones como de renta después de impuestos y transferencias, proporcionan una imagen similar.

Una causa de desigualdad ha sido la presión a la baja registrada en los salarios reales del 90% inferior de la distribución de salarios. Entre 1929 y 1945, la mayor participación sindical y el declive del comercio y la inmigración generaron una mayor

igualdad, en un proceso que Claudia Goldin y Robert A. Margo denominaron la [Gran Compresión](#); la reversión de tales factores explica en parte el incremento en la desigualdad registrado a partir de 1975.

Adicionalmente, la automatización de tareas está cambiando la composición del empleo: crece el empleo en la parte alta y baja de la distribución de salarios, mientras que los empleos rutinarios desaparecen. Los más afectados son algunos trabajos de manufacturas que recibían salarios intermedios, ocupados generalmente por trabajadores con capacidades profesionales y estudios de nivel medio, lo que está generando la polarización del mercado de trabajo y produciendo una presión a la baja en los salarios del grupo mencionado. Además, ha ido dejándose erosionar el salario mínimo, en términos reales, produciendo un descenso en el estándar de vida de quienes lo reciben.

La mayor desigualdad tiene un efecto sobre la medición del bienestar que, aun siendo estadístico, no es meramente académico, y puede ser significativo. En una distribución de renta desigual, la renta mediana puede ser notablemente inferior a la renta media, y su crecimiento inferior al crecimiento de la renta media; ello hace que los habituales razonamientos en términos de renta per cápita sobreestimen las ganancias de bienestar que están experimentando los ciudadanos a lo largo de la distribución de renta[16]. Asimismo, cualquier cambio que pudiera producirse en términos de elevar impuestos con objeto de reducir la ratio de endeudamiento reducirá el crecimiento de la renta mediana real disponible.

Educación. Los trabajadores más educados ganan salarios reales más altos como reflejo de su mayor productividad, y el fuerte repunte en la tasa de graduados en Estados Unidos fue sin duda un determinante del robusto crecimiento económico durante el siglo XX[17]. Pero se ha producido un freno en el logro educativo, así como en las capacidades de quienes estudian, en relación con alumnos comparables de otros países, tanto en educación secundaria como en educación superior. El Informe PISA de 2013 situaba a Estados Unidos en la posición 17ª en el *ranking* de países en lectura, la 20ª en el de ciencia y la 27ª en matemáticas. Por otra parte, un estudio reciente de [ACT](#) muestra que tan solo un 25% de los jóvenes que están en posición de entrar en la universidad estaban preparados de acuerdo con sus registros en lectura, matemáticas y ciencias. La universidad no está exenta de problemas: se ha producido un claro descenso en las tasas de graduación, un fuerte encarecimiento de matrículas y costes de estancia, y un aumento drástico en el endeudamiento de los estudiantes, lo que, acompañado de unas perspectivas laborales más deterioradas, dificulta a muchos la devolución de los préstamos con que financiaron sus estudios.

Demografía. Las horas trabajadas por persona, a las que hemos venido prestado atención, son el producto de tres ratios: las horas trabajadas por cada ocupado, la ratio de empleo (cociente entre ocupados y población activa) y la tasa de actividad (población activa sobre población total). Las horas trabajadas por ocupado dependen de la estructura del mercado de trabajo; entre otros factores, dependen de la capacidad del sistema para generar puestos de trabajo a tiempo parcial, lo que en Estados Unidos es administrativamente sencillo y constituye una fuente de empleo para muchas personas que no están en condiciones de desempeñar una jornada laboral completa y que quedarían fuera de la fuerza de trabajo de no contar con esta posibilidad. En

Europa, y muy particularmente en España, hay mucha menor flexibilidad para este tipo de empleo que, además, se percibe como socialmente no deseable. La ratio de empleo tiene un carácter fundamentalmente cíclico. La llegada a la edad activa de la generación del *baby boom* estadounidense en los años setenta elevó las horas trabajadas por persona, porque se trataba de personas jóvenes, habitualmente activas y generalmente preparadas para trabajar a jornada completa (es decir, incrementaba los tres factores). Por otra parte, la incorporación de la mujer al mercado de trabajo representó un salto en el tercer factor, lo que, incluso sin que varíen los otros dos componentes, implica un aumento permanente en ratio de horas totales trabajadas por persona. Además, mientras duró esa transición (el período 1965-1995), también aumentó la tasa de crecimiento de las horas trabajadas por persona, lo cual, a su vez, permitió que creciera más rápidamente el PIB per cápita (o PIB/persona). Por el contrario, el retiro progresivo de dicha generación está trayendo un descenso en horas trabajadas por persona que se prolongará otras dos décadas. De hecho, la tasa de participación activa cayó del 66,0% en 2007 al 62,6% en 2015. Con una población tan importante como la estadounidense, esto significa una pérdida de muchos empleos potenciales. Se estima que la mitad del descenso en participación se debe al retiro de la generación del *baby boom*, y el resto refleja un descenso en la participación de los menores de cincuenta y cinco años, en su mayoría porque perdieron su empleo y no encontraban otro, lo que desanimó su búsqueda de trabajo. Se prevé que este efecto contribuirá con un descenso anual del 0,4% en horas trabajadas por persona, lo que hará que el PIB per cápita crezca en esa misma cuantía por debajo del crecimiento de la productividad.

Deuda pública. La Congressional Budget Office estima que la ratio del nivel de deuda pública sobre el PIB estará estable entre 2014-2020, para luego elevarse hasta el 100% en 2038. Su reducción hasta niveles más sostenibles precisará elevaciones de impuestos o un menor crecimiento de las transferencias, y cualquiera de ellos generará un descenso de la renta real disponible.

Se han producido desde los años setenta profundos cambios sociológicos, que pueden, asimismo, condicionar las posibilidades de progreso y, en particular, de crecimiento económico en Estados Unidos. Son cambios sociales que tienen un especial impacto en la parte baja de la distribución de renta: ha aumentado muy notablemente el número de familias monoparentales, y ha crecido también el porcentaje de niños que crecen en ese entorno. Este fenómeno va unido en buena parte a familias con un menor nivel educativo y menor renta, lo que puede limitar también las posibilidades educativas de estos niños en un contexto en el que puede ser necesario que aporten ingresos al hogar desde jóvenes, lo que realimentaría el ciclo y dificultaría la movilidad social. En 2016, había sesenta y cinco hombres por cada cien mujeres trabajando en cada tramo de edad. Entre personas de raza negra, dicho porcentaje se reduce a cincuenta y uno, reflejando el problema que supone ya el elevado porcentaje de varones de raza negra que están encarcelados. Entre madres de cuarenta años, el porcentaje de niños viviendo con sus dos padres biológicos se ha reducido drásticamente, desde el 95% en 1960 al 34% en 2010.

Junto con los signos de decadencia en la sociedad norteamericana (porcentaje de niños nacidos en familias monoparentales, desventaja en vocabulario de niños preescolares de baja renta, porcentaje de jóvenes en prisión), Gordon apunta otros factores

adicionales que constituyen un freno al crecimiento del PIB por persona, como la globalización –que puede incrementar la desigualdad, al limitar el potencial de subidas de los salarios de los trabajadores menos capacitados–, el cambio climático y la contaminación medioambiental, que son factores que condicionan el crecimiento de la productividad[18].

La previsión de Gordon acerca del crecimiento anual de la productividad para 2015-2040 basándose en lo experimentado en episodios recientes, y teniendo en cuenta que el repunte de 1994-2004 se considera irreplicable, es del 1,4%. Pero el descenso en el logro educativo enfatizado por Claudia Goldin y Lawrence F. Katz y las mayores dificultades que experimentan los graduados universitarios para encontrar empleo, lo reduce unas décimas. Las horas trabajadas por persona continuarán descendiendo, según vaya retirándose la generación del *baby boom*, lo que haría que el PIB per cápita creciera menos que la productividad. Una mayor desigualdad hará que el crecimiento de la renta mediana sea inferior al crecimiento de la renta. Y el aumento en la ratio de deuda pública sobre PIB hará necesario un aumento de impuestos. Todo ello conduciría a un crecimiento de la renta mediana real disponible, es decir, libre de impuestos, de tan sólo un 0,3%. La comparación con el crecimiento del 1,7% durante el período 1920-2014 resulta dramática.

Cualquier consideración de progreso económico en Estados Unidos en el futuro debería mirar más allá de la innovación y contemplar los vientos en contra que soplan como una galerna, frenando el velero del progreso. El principal de ellos es, para Gordon, el ascenso de la desigualdad desde 1970, que ha dirigido una proporción creciente de los frutos de la máquina de crecimiento de Estados Unidos hacia quienes ocupan la cúspide de la distribución de renta.

Cambio tecnológico basado en tareas

El profesor Gordon puede contabilizarse entre los tecnopesimistas, no sólo porque, como estos, piense que los profundos cambios tecnológicos a que nos enfrentamos no generarán desempleo masivo, sino porque niega la mayor, afirmando que las innovaciones actuales no tienen la trascendencia que tuvieron las introducidas entre 1870 y 1950. Parece, por tanto, que tenemos tres escenarios relativos a las implicaciones económicas y sociales de lo que, razonablemente, percibimos como una interminable sucesión de innovaciones técnicas que, aparte de implicaciones científicas y médicas que pudieran ser de la mayor trascendencia, introducen cambios notables en nuestra vida diaria. En las próximas secciones me propongo revisar las propuestas que se han hecho en trabajos recientes sobre este tema a fin de que puedan servir de contraposición a los puntos de vista expuestos en el libro de Gordon.

Hay un conflicto entre la ilusión de los tecnooptimistas respecto de la capacidad de la inteligencia artificial para replicar e incluso sobrepasar la actividad humana, frente al lento crecimiento de la productividad total de los factores en la última década. La sustitución de trabajos humanos por ordenadores ha estado llevándose a cabo durante más de cinco décadas, y la sustitución de trabajos humanos por máquinas en general, durante más de dos siglos. Ocupaciones como asesores financieros, analistas de crédito, agentes de seguros y otros están en vías de ser reemplazados, siguiendo los pasos de otras que desaparecieron en las últimas dos décadas, como agentes de viajes,

vendedores de enciclopedias y empleados de tiendas de alquiler de vídeos. Unas cosas por otras, la tasa de paro ha descendido hasta el 5% en 2015.

Encontramos robots frecuentemente en nuestra vida diaria y, de hecho, nos habituamos rápidamente a tratar con ellos en vez de tratar con personas: en un aeropuerto, los vemos en los cajeros automáticos, los puestos de *check-in* y los vendedores de billetes de todo tipo. Pero los restantes empleados de las aerolíneas (manipuladores de equipaje, asistentes de vuelo, pilotos, controladores aéreos o controladores de acceso al vuelo) permanecen en sus puestos. En los supermercados, son personas las que colocan los productos en las estanterías, y son personas también quienes operan las cajas en los supermercados (aunque esto último podría cambiar pronto). Lo mismo sucede con los peluqueros, masajistas, manicuras, restaurantes y otros trabajos que requieren movimientos muy diversos y respuesta inmediata a un conjunto casi ilimitado de solicitudes por parte de los clientes.

Por tanto, la amenaza de un período de desempleo masivo por parte de los tecnooptimistas no parece estar cumpliéndose, al menos de momento. Según estos, la sustitución de personas por máquinas elevaría la productividad; el proceso sería tan rápido que no permitiría reubicar en otros puestos a los trabajadores desplazados. Por el contrario, la mera extrapolación de lo vivido en 2004-2014 dibuja un escenario de crecimiento del empleo, más que de reducción del mismo, combinado con una tasa moderada de crecimiento de la productividad, similar a la experimentada en dicho período. ¿Qué verosimilitud podemos asignar a cada una de estas dos visiones? La realidad es que la tasa de paro ha descendido en Estados Unidos desde un 10,0% en octubre de 2009 a un 3,9% en abril de 2018, y podría continuar descendiendo. Y, lejos de resurgir con fuerza, la productividad del trabajo ha crecido únicamente un 0,5% en 2010-2014, frente al 2,3% de crecimiento en 1994-2004, durante la burbuja puntocom.

El problema creado por la era de la computación no es el desempleo masivo, sino la desaparición gradual de trabajos de nivel medio, buenos, estables, que no se han perdido tanto como consecuencia de la robotización y los algoritmos como de la globalización y el *outsourcing* a otros países, junto con la mayor concentración del crecimiento del empleo en trabajos rutinarios que ofrecen salarios relativamente bajos. Si tan grave era la amenaza sobre los puestos de trabajo existentes, ¿no debería sorprendernos que la automatización no haya eliminado el empleo de la gran mayoría de trabajadores? Para responder a esta pregunta, es preciso examinar más detalladamente la estructura y las características del empleo.

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 siglo XIX cuando se observa la complementariedad entre capital productivo y competencias profesionales, tal 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 Estados Unidos se propuso implantar con carácter universal la educación a nivel de los institutos 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 los puestos de trabajo en fábricas entre 1915 y 1980, debido a que la oferta de trabajadores con un grado medio creció todavía más rápidamente que su demanda. Pero, a partir de 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 noventa, 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 Estados Unidos y también en otros países desarrollados. Una explicación que se hizo popular era que estaba produciéndose 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 por ser más productivos, elevando sus salarios.

Mediante un detallado [estudio de campo](#), David Autor, Frank Levy y Richard J. Murnane concluyeron que los ordenadores no tienen un impacto diferencial sobre trabajadores en función de su nivel educativo, lo que se conocía como un cambio tecnológico basado en competencias, o «skill-based technological change» (SBTC), sino que, más bien, influye sobre el contenido de las tareas que los trabajadores desempeñan en sus distintas ocupaciones, lo que les llevó a formular una teoría más refinada acerca de dicho impacto, conocida como progreso técnico basado en tareas («task-based technological change», o TBTC).

De acuerdo con esta teoría, los ordenadores ejecutan perfectamente tareas que siguen una rutina bien predefinida, 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 tan 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 preespecificado 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 buenas *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 rápidos y baratos. A modo de ejemplo, el efecto de la introducción del ordenador personal sobre la productividad de los investigadores en los últimos treinta años ha sido enorme.

El tercer grupo de tareas son las «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 capacitación, como en camareros, cuidadores de niños o peluqueros, pero también en determinado tipo de transporte y en trabajos de reparación y construcción. Los trabajadores en estas ocupaciones requieren una formación educativa de tipo medio, 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 sustancialmente 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.

Esta teoría nos sugiere, por tanto, pensar que los trabajos están compuestos por muchas tareas y, aunque 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 pueden ser sustituidas por un ordenador o un robot. El conductor de un camión de transporte no sólo 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. Otras veces no es factible tal descomposición, como sucede con un piloto de aerolínea, que no es sustituible, porque debe estar en condiciones de reaccionar ante muchos tipos de imprevistos.

Polarización del empleo y los salarios

[David Autor y David Dorn](#) observaron que en la segunda mitad del siglo XX, el empleo evolucionó de acuerdo con las predicciones del *task-based technological change*. 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 años ochenta. Simultáneamente, ha descendido en trabajos intensivos en tareas rutinarias, como suelen ser algunos de los trabajos en minería, agricultura, construcción y transporte. Conclusiones similares emergen del [análisis de Lawrence F. Katz y Robert A. Margo](#) al examinar los cambios registrados en el número de trabajadores empleados en siete categorías ocupacionales básicas, ordenadas desde salarios bajos a salarios altos durante dos períodos: 1940-1980 y 1980-2010. Estos autores muestran un comportamiento muy diferenciado del empleo en ambos períodos, como consecuencia de la predominancia de fuerzas distintas, según cómo 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.

El *task-based technological change* 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 diferente nivel de renta. Esto se debe a que, como han señalado [Maarten Goos y Alan Manning](#), 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. Maarten Goos, Alan Manning y Anna Salomons muestran que esta misma evidencia de [polarización](#) se observa en muchos países (entre los que se encuentra España) a pesar de las sustanciales diferencias entre ellos, en términos de estructura productiva, regulación laboral y en pautas de crecimiento: en los dieciséis países europeos que analizan, además de Estados Unidos, 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. Un análisis de estas fuerzas explica el fuerte crecimiento salarial observado generalmente en tareas abstractas[19], 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. No es evidente que la polarización de empleos conduzca a una polarización salarial, aunque sí que generará casi inevitablemente mayor desigualdad.

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, quizás el más reconocido es el [trabajo de Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne](#), quienes consideran 703 ocupaciones diferentes en Estados Unidos, a cada una de las cuales atribuyen una probabilidad de automatización basada en los avances tecnológicos esperados. Concluyen que el 33% del empleo actual se encuentra 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 congruencia con los resultados alcanzados por otros estudios sobre la previsible evolución del empleo en la OCDE. También la consultora McKinsey estima que, con la tecnología actual, aproximadamente la mitad de las tareas que desarrollamos las personas pueden automatizarse.

Las personas iremos haciéndonos complementarias del trabajo que realizan las máquinas, y aparecerán muchos trabajos que explotarán las nuevas oportunidades que ofrece la tecnología

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: 1) no establece un marco temporal a lo largo del cual pueda producirse el proceso de automatización; 2) no considera que el hecho de que una tecnología pueda reemplazar a un trabajador se traduzca necesariamente en que ello vaya a producirse, pues depende de la evolución del coste relativo de trabajadores y máquinas, así como de aspectos legales; 3) considera la destrucción de empleo en términos brutos, no netos, puesto que, como ya se ha comentado, 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, a mi juicio, quizá lo más interesante del análisis de Frey y Osborne es la estimación de que tan solo el 5% de los empleos pueden automatizarse 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 iremos haciéndonos complementarias del 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 irá alejándonos del empleo a tiempo completo y de la vinculación a una determinada empresa.

Final

El libro del profesor Gordon presenta un detallado y riguroso análisis histórico de la evolución de la productividad en Estados Unidos desde 1870. La clara evidencia empírica acerca del notable descenso en el ritmo de crecimiento de la productividad desde los años setenta del pasado siglo le lleva a anticipar un futuro menos próspero que el vivido en la época del gran esplendor de 1920-1970. Cuando indaga en sus posibles causas, concluye que el impacto potencial sobre el bienestar de las actuales innovaciones no es comparable con el que tuvieron las innovaciones introducidas en 1870-1940, ya que se encuentran centradas en ámbitos no directamente ligados con la producción de bienes. Además, los cuatro vientos en contra (desigualdad, demografía desfavorable, menores logros educativos, deterioro de las finanzas públicas) impedirán que, con independencia de su relevancia, las innovaciones futuras tengan un efecto comparable al de dicho período. Otros investigadores han dedicado análisis, descritos en la segunda parte de este ensayo, al impacto de la robótica y la computación en el

mercado de trabajo y, en definitiva, en la sociedad. Entre ellos, existen quienes anticipan un futuro sombrío, en el cual las máquinas se apropiarán de muchos trabajos y se generará un desempleo masivo, y quienes creen que las máquinas serán en muchos casos complementarias de las tareas desarrolladas por los trabajadores humanos, mejorando con ello su productividad. A estos últimos se une ahora Robert J. Gordon, pero no porque piense en los beneficios de complementar el trabajo humano con las máquinas, sino porque propone que las innovaciones actuales no tienen la trascendencia que tuvieron las introducidas en el pasado. Son dos visiones contrapuestas, que deben ayudarnos a pensar acerca de los retos del futuro y del modo en que las sociedades desarrolladas deben adaptar su sistema educativo, su estructura fiscal y el funcionamiento de sus mercados. Sin olvidar la preocupación por quienes, no formando parte de sociedades desarrolladas, pudieran quedar excluidos del proceso innovador alimentado por unos logros tecnológicos que nos sorprenden continuamente con su potencial y que, sin duda, contribuyen a nuestro bienestar. Este riesgo de exclusión constituye un análisis imprescindible que no es el foco de ninguno de los trabajos aquí reseñados.

Alfonso Novales es profesor de Fundamentos del Análisis Económico en la Universidad Complutense y miembro de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas. Es autor de *Econometría* (Madrid, McGraw-Hill, 2ª ed., 1993), *Estadística y econometría* (Madrid, McGraw-Hill, 1996) y, con Carlos Sebastián, *Análisis macroeconómico* (Madrid, Marcial Pons, 1999).

[1] Los actualmente definidos como tecnooptimistas son optimistas respecto al potencial de las nuevas tecnologías, siendo, como consecuencia, pesimistas respecto de su impacto sobre el empleo, que se vería muy reducido por la sustitución de personas por máquinas y ordenadores. Los tecnopesimistas serían quienes no creen que la tecnología pueda llegar a desempeñar un papel tan importante en la sustitución de personas en los procesos productivos.

[2] Lo que, por otra parte, puede explicar que el estudio se haya hecho únicamente para dicho país, que tiene una disponibilidad de datos nada habitual en otros países.

[3] A lo largo del libro, así como en este artículo, se identifica *output*, la cantidad de producto en la economía, con PIB, el producto interior bruto generado dentro de un país. Asimismo, hablamos siempre del PIB en términos reales, es decir, descontando el efecto de la inflación. A diferencia del PIB en términos nominales, el PIB real permite comparar cantidades correspondientes a años diferentes desde el punto de vista de la capacidad de compra de bienes y servicios.

[4] A este efecto, se tienen en cuenta no sólo los niveles de empleo y capital físico (maquinaria) instalados en la economía, sino también las posibles mejoras en su calidad. La parte del crecimiento del PIB que queda sin explicar por estos factores se conoce como productividad total de los factores, o PTF. Distintos analistas pueden tener estimaciones diferentes de la PTF, ya que requieren una estimación de la calidad de los factores productivos.

[5] Es interesante también considerar una descomposición en tres factores: productividad (PIB por hora), horas trabajadas por empleado y el porcentaje de ocupados dentro de la población. Este tipo de análisis es realizado asimismo por Leandro Prados de la Escosura en su riguroso y completo estudio sobre la medición del crecimiento económico en España durante un periodo similar al considerado por Gordon: Leandro Prados de la Escosura, [Spanish Economic Growth, 1850-2015](#).

[6] Además de otras referencias que describiré en ese momento, considero que conviene complementar el libro del profesor Gordon junto con otras obras, como Erik Brynjolfsson y Andrew McAfee, [The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies](#), por su descripción de los cambios económicos que cabe esperar como consecuencia de las actuales oleadas de cambios tecnológicos;

Joel Mokyr, [A Culture of Growth. The Origins of the Modern Economy](#), porque ofrece una visión contrapuesta de la misma cuestión analizada por Robert J. Gordon; y Yuval Noah Harari, [Sapiens. De animales a dioses. Breve historia de la humanidad](#), por poner el momento actual en un contexto histórico, si bien el trabajo de Harari es mucho más profundo en ese sentido.

[7] Gordon denomina «Gran Salto» al fuerte incremento en productividad registrado en dicho período.

[8] Como ejemplo extremo de la irregularidad temporal del crecimiento, Angus Maddison, el mayor historiador del crecimiento económico, estima que entre los años 1 d. C. y 1820 d. C, el mundo occidental creció a una tasa aproximada del 6% por siglo, que es lo que crece actualmente la economía china en un año.

[9] De modo que el crecimiento del PIB per cápita fue en ambos períodos ligeramente superior al de la productividad (Figura 1-1 en el libro aquí reseñado de Gordon).

[10] Nuevas medidas de capital han reducido significativamente dicho incremento, pero es todavía notable.

[11] Que, esencialmente, consisten en dividir el PIB por un promedio ponderado de los *inputs* de trabajo y capital con ponderaciones respectivas de 0,3 y 0,7, estando definido el primero de ellos mediante el número de horas trabajadas, multiplicadas por un índice de nivel educativo.

[12] Sobre este aspecto, Gordon cita a Alfred Kleinknecht, [Innovations Patterns in Crisis and Prosperity. Schumpeter's Long Cycle Reconsidered](#), y Michelle Alexopoulos y Jon Cohen, [Measuring our Ignorance, One Book at a Time: New Indicators of Technological Change 1909-1949](#).

[13] El análisis descrito en este párrafo está realizado por el profesor Gordon tras corregir de sus efectos cíclicos las series temporales de datos correspondientes a estas variables, por lo que el tratamiento estadístico puede afectar a los resultados, aunque se espera que las conclusiones cualitativas sean robustas.

[14] Hay que observar que este es un punto de vista muy controvertido. Véase David M. Byrne, Stephen D. Oliner y Daniel E. Sichel, [Is the Information Technology Revolution Over?](#), y Don Clark, [Intel Revises the Tablet on Moore's Law](#).

[15] Si excluimos el 10% de mayor renta, la renta real descendió anualmente un - 0,17% en el período 1972-2013, frente a un aumento de la renta real media de 0,48% y a un crecimiento del 1,42% de la renta real del 10% de la población de mayor renta. El crecimiento en 1948-1972 fue del 2,5%.

[16] Los datos del Census Bureau proporcionan además una estimación de 0,4% como diferencia entre el crecimiento de la renta mediana y de la renta media.

[17] [Claudia Goldin y Lawrence F. Katz](#) estiman en un 0,35% por año la contribución del mayor nivel educativo al PIB entre 1890 y 1970, un efecto notable.

[18] En el *post scriptum* del libro, Gordon describe el modo en que ciertas políticas podrían tratar de reducir el impacto negativo de los vientos en contra.

[19] Alta complementariedad, alta elasticidad de demanda y reducida oferta de trabajadores altamente capacitados.