



ICADE, Facultad de Ciencias Económicas.

**EL FUTURO DEL EMPLEO: LOS
DESAFÍOS DE LA AUTOMATIZACIÓN, LA
INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA
ROBÓTICA.**

Clave: 201505705

Resumen

Los recientes avances tecnológicos del siglo XXI, suponen grandes logros en términos de desarrollo económico y social. Sin embargo, la expansión de la capacidad de las nuevas tecnológicas en el desempeño de tareas manuales y cognitivas que tradicionalmente pertenecían a la mano de obra humana, desafían el futuro del empleo en la sociedad. El análisis del impacto de las nuevas disciplinas tecnológicas y los efectos que ya están causando en el mercado laboral, plantea incluso el debate sobre el fin del trabajo como actividad humana.

Palabras clave: Empleo; Automatización; Inteligencia Artificial; Robótica; Digitalización; Ley de Moore; Polarización del empleo; Productividad; Cambio de competencias; Visión destructiva del empleo; Visión constructiva del empleo.

Abstract:

The recent technological advances of the 21st century mean great achievements in terms of economic and social development. However, the expansion of the capacity of new technologies in the performance of manual and cognitive tasks that traditionally belonged to the human labor force, challenges the future of employment in society. The analysis of the impact of the new technological disciplines and the effects they are already having on the labour market even raises the debate on the end of work as a human activity.

Keywords: Employment; Automation; Artificial Intelligence; Robotics; Digitalization; Moore's Law; Polarization of employment; Productivity; Skill shifting; Destructive view of employment; Constructive view of employment.

Índice

I.	Introducción	6
II.	Revisión de literatura	7
1.	<i>¿Dónde estamos?</i>	7
2.	<i>¿Qué factores con han propiciado la aceleración tecnológica e innovación?</i> ... 10	
3.	<i>El desempleo tecnológico:</i>	13
III.	<i>¿Cuáles son los efectos observados hasta ahora?</i>	19
1.	<i>Expansión de capacidades: más allá de las tareas rutinarias.</i>	19
2.	<i>La polarización del mercado laboral:</i>	22
3.	<i>La productividad</i>	25
IV.	Visión destructiva del futuro del empleo: argumentos a favor del fin del trabajo. 30	
V.	<i>Visión constructiva del futuro del empleo: argumentos a favor del futuro trabajo.</i> 33	
VI.	<i>Cambio de competencias:</i>	37
VII.	<i>Conclusiones</i>	40
VIII.	<i>Bibliografía</i>	42

I. Introducción

El presente trabajo de investigación pretende hacer una aproximación al debate sobre el desempleo tecnológico, con el objetivo de responder a la pregunta de cuál será el futuro del empleo como consecuencia de la automatización, la Inteligencia Artificial y la robótica.

El trabajo humano no solo supone un medio de vida y de realización individual; sino también un esencial elemento de la Economía y de la cohesión social. Por ello, la asombrosa aceleración del desarrollo tecnológico experimentada en las últimas décadas, hace necesario el análisis de su impacto en una actividad tan central como es el empleo humano. El desarrollo de los campos de la Inteligencia Artificial y la robótica desafían las actividades cognitivas y manuales que tradicionalmente han pertenecido al dominio humano, alcanzando nuevos logros que antes se pensaban inalcanzables. Ello supone buenas noticias para el desarrollo económico y social, pues la innovación se constituye como el motor de la productividad y prosperidad económica de las naciones. Sin embargo, dichos avances también pueden tener efectos negativos en lo que respecta al futuro del empleo humano, provocando la desaparición de ciertos puestos de trabajo, incluso del trabajo como actividad humana. Este constituye el debate en torno al desempleo tecnológico, que divide a la actual comunidad científica y económica.

A lo largo de la exposición de dicha cuestión, se describirá primeramente el momento actual de innovación, así como aquellos factores que la han propiciado. Posteriormente, se analizará cómo la tecnología ha interactuado históricamente con el empleo para entender el concepto del desempleo tecnológico y comprobar cuáles son los efectos, observados en el mercado laboral, que distinguen esta época de otras anteriores. Por último, se expondrán las dos visiones acerca del futuro del empleo, así como las competencias y habilidades que se requerirán para el mismo.

II. Revisión de literatura

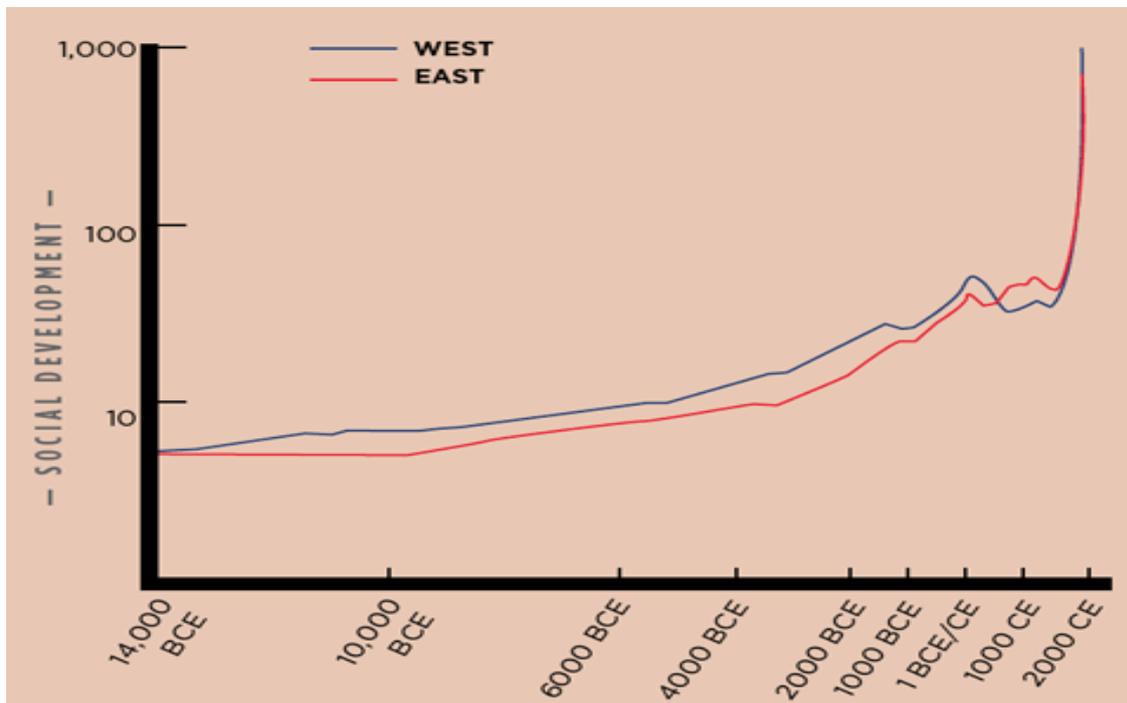
A lo largo de los últimos años, numerosos investigadores de diversas disciplinas científicas se han interesado por el estudio del impacto del desarrollo tecnológico en el futuro del empleo, siguiendo la predicción que el economista británico John Maynard Keynes ya anunció en el pasado siglo, acerca del futuro desempleo tecnológico: “*el descubrimiento de medios para economizar el uso de la mano de obra superará el ritmo al que podemos encontrar nuevos usos para dicha mano de obra*”. (Keynes, 1933). La predicción de Keynes y de otros muchos grandes economistas ha dejado de ser una visión futurística para convertirse en una realidad más que inminente, según indican los estudios realizados sobre el impacto tecnológico en la economía. Sin embargo, predecir cómo se articulará y qué alcance tendrá dicho impacto en el empleo es una pregunta cuya respuesta sigue siendo incierta en numerosos aspectos. Ante la diversidad de predicciones, resulta necesario exponer primeramente aquellas cuestiones sobre las que existe un amplio consenso en la comunidad económica, pues proporcionan un contexto y fundamento teórico del momento actual, para posteriormente analizar los efectos observados en el empleo hasta el momento y comprender aquellas controversias que constituyen el objeto de debate sobre el futuro del empleo.

1. ¿Dónde estamos?

Con el fin de situar el objeto de estudio del presente trabajo y entender en profundidad la magnitud del cambio tecnológico del último siglo, debemos tomar perspectiva, dar un paso atrás y hacernos la pregunta con la que los investigadores del MIT, Erik Brynjolfsson y Andrew McAfee, inauguran su libro “*The Second Machine Age*” (2014): ¿Cuáles han sido los avances más importantes en la historia de la humanidad? Con esta reflexión, dichos autores hacen un breve recorrido histórico, planteando qué posibles eventos, circunstancias o avances han modificado significativamente el transcurso de la historia y configurado la sociedad actual. El antropólogo Ian Morris, ante la dificultad de determinar cuál fue la causa que provocó comparativamente que se “doblase la curva” del progreso de la sociedad humana, cuantificó todos los hechos históricos relevantes en términos de *desarrollo social*, concepto que el mismo entiende como “*la capacidad de un grupo para dominar su entorno físico e intelectual para hacer las cosas*” (Morris, 2010). Lo define

de acuerdo a cuatro capacidades: aprovechamiento de energía, organización, fuerza militar y tecnología de la información.

Ilustración 1: Evolución de la población mundial y el índice de desarrollo social, Ian Morris.



Fuente: gráfico obtenido en la revista online Stanford Magazine, artículo “Weighing History” (McCormick, 2011), última visita 25/06/2020 en <https://stanfordmag.org/contents/weighing-history>. El gráfico original es de Ian Morris, (Why the West Rules-For now: The Patterns of History, and What They Reveal About the Future, 2010), citado en el libro “The Second Machine Age” (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

La gráfica resultante traza paralelamente las cifras de población mundial y su correspondiente desarrollo social en el tiempo, el cual siguió durante miles de años una trayectoria ascendente gradual, casi imperceptible. Sin embargo, hace poco más de doscientos años, algo repentino y sin precedente llegó para “doblar la curva” de la historia humana– de la población y del desarrollo social– casi noventa grados: la Revolución Industrial. La Revolución Industrial y, más específicamente, la introducción de la máquina de vapor de James Watt en 1775, marcó el comienzo de la época de transformación más profunda que nuestro mundo haya visto – hasta ahora – siendo la primera vez que el progreso estuvo impulsado principalmente por la innovación tecnológica. (Brynjolfsson & McAfee, The Second Machine Age, 2014). La mecanización que comenzó con la Revolución Industrial permitió mejoras sorprendentes en la salud, el bienestar y la calidad de vida humana; revolucionando de manera esencial los ámbitos de la producción, el transporte, el comercio y la agricultura.

Desde finales del siglo XX, con la llegada de los ordenadores, máquinas y demás tecnologías digitales, nos hemos adentrado en una segunda era de transformación, que puede ser tan o más transformadora para el crecimiento económico y el potencial humano como lo fueron la electrificación, la producción en masa y las comunicaciones electrónicas. (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019). McAfee y Brynjolfsson, identifican la Revolución Industrial con el impulso de la potencia física; mientras que ahora hablan del inicio de una Segunda Revolución (“The Second Machine age”), cuya innovación tecnológica se centra en el plano más intelectual del desarrollo social y cuyo impulso prevé volver a “doblar la curva” del progreso humano de forma aún incuantificable.

Este es el punto de partida de los autores analizados. Vivimos en un tiempo de progreso tecnológico asombroso, el mundo está en la cúspide de una revolución tecnológica. La sociedad se encuentra conectada por una red digital global e impulsada por la eclosión y desarrollo del conjunto de tecnologías digitales –aquellas integradas por hardware, software y redes en su estructura- que buscan potenciar, complementar y multiplicar las capacidades físicas y, sobre todo, cognitivas del ser humano. Las tecnologías digitales comenzaron su desarrollo medio siglo atrás, en los años sesenta, siendo el ordenador personal ya declarado como máquina del año en 1982 por la revista estadounidense *Time*. El progreso de los desafíos asociados a los ordenadores, robots, inteligencia artificial y demás equipos y disciplinas digitales ha sido gradual durante años. Sin embargo, y aunque creíamos tener una comprensión razonablemente sólida de sus capacidades y limitaciones, es ahora cuando los avances tecnológicos están rompiendo las barreras de la ciencia ficción, introduciendo las visiones más futurísticas en nuestra realidad cotidiana y evidenciando una aceleración tecnológica sorprendente en la última década. Comparativamente, podría considerarse que, de la misma manera que llevó generaciones mejorar la máquina de vapor hasta el punto que pudo impulsar la Revolución Industrial, también ha tomado tiempo perfeccionar nuestros motores digitales y es en el siglo XXI cuando se están experimentando los cambios más desafiantes. (Brynjolfsson & McAfee, *The Second Machine Age*, 2014).

2. *¿Qué factores con han propiciado la aceleración tecnológica e innovación?*

En primer lugar, entre los fundamentos que sustentan la aceleración tecnológica actual y su repercusión económica, encontramos la Ley de Moore. En 1965, la revista *Electronics* publicó un artículo titulado: *Cramming More Components onto Integrated Circuits*, que literalmente significa: “Amontonando más componentes en circuitos integrados”. Su autor era Gordon Moore, cofundador de Intel¹, quien anticipó en el citado artículo la futura evolución de los componentes de los circuitos integrados, base de las nuevas tecnologías, en relación a su potencia y coste:

“La complejidad de los costes mínimos de los componentes ha aumentado a una tasa de aproximadamente un factor de dos por año. Ciertamente, en el corto plazo, se puede esperar que esta tasa continúe, si no aumenta. A largo plazo, la tasa de aumento es un poco más incierta, aunque no hay razón para creer que no se mantendrá casi constante durante al menos diez años.” (Moore, 1965)

La predicción realizada por Moore implicaba que el coste unitario caería a medida que los componentes por circuito se elevan. Así, estimó que cada año se podría comprar, por dólar, el doble de componentes de circuitos y, por tanto, acumular el doble de potencia eléctrica que el año anterior. En otras palabras, Moore describió que a medida que aumenta la complejidad de los componentes de los circuitos, no solo aumenta y se acumula su potencial; sino que se reduce el coste asociado a los ellos, siendo esta relación exponencial y estimándose inicialmente un periodo de duplicación anual (Flamm, 2017). McAfee y Brynjolfsson también analizan esta predicción en su libro, relatando cómo se ha extendido a otros componentes del hardware de los sistemas electrónicos, cumpliéndose hasta la actualidad, a pesar de que la relación potencia informática-reducción del coste haya sufrido revisiones en su estimación². Consideran la ley de Moore como uno de los fenómenos centrales de esta era de innovación, incidiendo de manera principal en el carácter exponencial que esta ley atribuye a la transformación tecnológica.

¹ Intel: compañía estadounidense fundada en 1968 por Robert Noyce y Gordon Moore, creadora de los procesadores empleados en la mayoría de computadoras personales y considerada la mayor fabricante de circuitos integrados del mundo. En la actualidad sus productos, soluciones e investigaciones abarcan, asimismo, elementos de software y campos como prestaciones de la nube, internet de las cosas o desarrollo del 5G. (<https://www.intel.es/content/www/es/es/company-overview/company-overview.html>)

² En 1975, G. Moore revisó el periodo de duplicación, estableciendo un nuevo periodo de dos años. Actualmente es considerado de 18 meses. Hay autores que defienden el fin de esta ley; mientras que otros argumentan que al extenderse a otro tipo de componentes y tecnologías, se sigue cumpliendo la relación descrita por Moore.

A través de la tradicional leyenda matemática del tablero de ajedrez y el arroz³, pretenden reflejar cómo nos ha sorprendido la magnitud y aparición de los avances tecnológicos de las últimas décadas, siendo su materialización posible gracias a que los equipos continentales de las tecnologías digitales son finalmente lo suficientemente rápidos y baratos al mismo tiempo. (McAfee & Brynjolfsson, 2014). El abaratamiento de los componentes tecnológicos y simultáneo aumento de su potencial, ha constituido un factor determinante para la integración y accesibilidad de las nuevas tecnologías en la sociedad; factor que va a incidir de manera directa en el empleo, equiparando y ponderando a los trabajadores frente las máquinas en términos de capacidad y coste.

La digitalización supone otro de los fenómenos que han contribuido de forma determinante a la innovación y transformación tecnológica. Los economistas Carl Shapiro y Hal Varian la definen como el proceso de “codificar la información como un flujo de bits” (1998), en otras palabras, es el trabajo de convertir todo tipo de información y medios en ceros y unos, el idioma nativo de los ordenadores, de manera que puede ser infinitamente reutilizada y reproducida, a un coste mínimo. Las posibilidades que ofrece la digitalización son apabullantes, pues permiten las actividades, servicios y recursos que emplea la mayoría de la población día a día. Ofrece acceso directo y, en la mayoría de casos, gratuito a una gran variedad y volumen de datos, información, bienes y servicios digitales, conformando una red digital mundial y propiciando un mundo globalizado. Gracias a ello, se está dando paso a una economía digital, caracterizada por el ahorro de costes y tiempo; así como la alteración de modelos de negocio, y por ende, de las fuentes de beneficios y empleo asociados a ellos. Además, el mundo digital ha demostrado no tener fronteras, trasladándose a la realidad más tangible, a través del desarrollo de la robótica, la IA y la automatización.

Ambos fenómenos conjuntamente, la digitalización y la relación precio – potencia de los procesadores, han propiciado la innovación y su combinación permite multiplicar las posibilidades de la misma. Podría decirse que constituyen los denominados “*building blocks*” o bloques de construcción de innovación, característicos de la “nueva teoría de

³ La historia del tablero del ajedrez y el arroz se emplea tradicionalmente para explicar cómo el cerebro humano suele infravalorar el crecimiento exponencial. Según cuenta la leyenda, en recompensa por llevar el juego del ajedrez al emperador, su inventor solicita que este le entregue la suma de arroz correspondiente de situar en cada casilla del tablero el doble de granos de arroz que la anterior. El emperador desprecia tal insignificante petición, sin saber que el número resultante equivale a suma de cosechas mundiales de arroz durante 1044 años.

crecimiento”⁴, defendida por economistas como Paul Romer o Martin Weitzman. Según su propuesta, la innovación resulta de la recombinación de recursos o “bloques” preexistentes, creando combinaciones valiosas para la sociedad, cuya consolidación permite conformar nuevos bloques de futura innovación, de manera que el progreso no solo no se agota, sino que se acumula mediante la multiplicación de combinaciones de innovación tecnológica. Así, gracias a la combinación de las fuerzas mencionadas y otras fuentes de innovación, se han materializado los avances tecnológicos más recientes y han surgido nuevas áreas de desarrollo como la robótica o la inteligencia artificial (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

El potencial desarrollo tecnológico que augura el siglo XXI, se muestra esperanzador a la vez que preocupante: tanto la velocidad de la innovación como los límites de la misma son aún inciertos, incertidumbre que dificulta medir la repercusión, ya sea positiva o negativa, de la tecnología en la sociedad futura. Uno de los ejemplos paradigmáticos y más comentados para ilustrar la vertiginosidad del cambio tecnológico es la conducción autónoma. En 2004, Levy and Murnane en su libro *The New Division of Labor* (2004) argumentaban las dificultades para replicar la percepción humana, poniendo como ejemplo la conducción autónoma y afirmando que la habilidad necesaria para circular en entornos de tráfico es insensible a la automatización pues es “difícil de imaginar descubrir un conjunto de reglas que puedan reproducir el comportamiento de un conductor”. Seis años después, en 2010, Google anunció que había modificado varios Toyota Prius para ser totalmente autónomos (Frey & Osborne, 2013). Actualmente, Google ya ha lanzado su programa de coches autónomos, apoyando la primera flota de taxis autónomos y creando planes para una fábrica de los mismos, además de vender la tecnología desarrollada para la rápida adaptación de otros vehículos. Ello refleja como la integración de nuevas tecnologías en nuestra realidad es cada vez más posible gracias a la reducción de costes, la digitalización de los medios y la velocidad a la que se están desarrollando y combinando nuevas disciplinas y proyectos; integración que puede repercutir tanto positiva como negativamente en la sociedad y, en lo que concierne más específicamente a esta investigación, en el empleo.

⁴ Denominada así entre los economistas para distinguirla de la visión de otros autores como Bob Gordon o Tyler Cowen, quienes defienden un proceso de innovación diferente con un paralelo crecimiento económico más limitado.

El estadounidense Darrel M. West, durante los cuatro primeros capítulos de su libro *The Future of Work: Robots, AI and Automation* enumera infinidad de avances conseguidos por distintas disciplinas tecnológicas, para ejemplificar cómo dichas disciplinas están alterando numerosos sectores y llevando a una sociedad automatizada y economía digital. Afirma que *“tal y cómo se ilustra en los ejemplos, la lista de tecnologías emergentes crece cada día. Los robots, los vehículos autónomos, la realidad virtual, la inteligencia artificial (IA), machine learning, drones y el denominado Internet of Things (IoT) avanzan rápidamente y transforman la forma en que operan las empresas y cómo las personas se ganan la vida.”* (West, 2018) Es en este último inciso donde debemos focalizar el análisis, pues una vez contextualizada la realidad tecnológica actual, sus premisas y expectativas, se debe analizar cuál es la traducción económica y social de la aceleración tecnológica y, concretamente, qué impacto tiene en el futuro del empleo, pues indubitadamente la transformación tecnológica que está irrumpiendo en nuestra sociedad va a conllevar cambios sustanciales en el trabajo humano.

3. El desempleo tecnológico:

La disrupción tecnológica ha esculpido la vida del ser humano durante siglos, afectando de manera sustancial al trabajo, parte esencial de la misma. No obstante, no hay que perder de vista que el objetivo de la tecnología no es otro que mejorar los estándares y calidad de vida de la población, impulsando el desarrollo de las naciones, facilitando así las tareas humanas y el mejor aprovechamiento y funcionalidad de los recursos disponibles. Trasladando este objetivo al ámbito del trabajo, la tecnología relacionada con él busca mejorar las condiciones laborales y está diseñada generalmente para optimizar la mano de obra y el capital empleados, con el fin de incrementar la productividad, calidad de resultado y contribuir al ahorro en tiempo y costes. Mark Zuckerberg, fundador de Facebook, afirmó que *“lo que ha definido una herramienta tecnológica - históricamente - es algo que toma el conocimiento o la capacidad de un humano y lo aumenta haciéndolo más potente.”*⁵ Y esto es precisamente lo que persiguen a distintos niveles la automatización, la inteligencia artificial y la robótica: toman tareas o habilidades que inicialmente realizaba el ser humano, para replicarlas y potenciarlas, hasta el punto que pueden llegar a exceder las capacidades humanas, produciendo dos

⁵ Cita obtenida de <https://gineersnow.com/industries/definition-technology-according-mark-zuckerberg>, última consulta 25/07/2020.

efectos contrapuestos. Por un lado, la tecnología tiene innegablemente un gran efecto positivo, pues abre nuevas vías de crecimiento social y mejora la calidad de vida humana y laboral; por otro, la tecnología puede desplazar a las personas que originalmente ejecutaban ciertas actividades, destruyendo su empleo y alterando, a priori, todo su ecosistema social y laboral. Este constituye el paradigma de la actualidad en torno al empleo, el cual sitúa en la balanza la estructura social actual frente al avance tecnológico, intentando buscar el equilibrio de permitir una disrupción tecnológica en aras de conseguir una mayor prosperidad futura.

Dicho paradigma no presenta, sin embargo, un escenario totalmente nuevo para nuestra sociedad. Es lógico pensar que el desempleo tecnológico es parte del proceso de destrucción creativa descrito por el economista J. Schumpeter, pues a lo largo de la historia, las invenciones tecnológicas han creado una enorme riqueza, pero también han generado perturbaciones económicas y sociales no deseadas. Esto hace que la preocupación por la desaparición de empleo debido a los avances tecnológicos no sea un fenómeno reciente. La Reina Isabel I de Inglaterra denegó la patente de la primera máquina de tejer medias en 1589 a su inventor William Lee, quien la ideó esperando aliviar a los artesanos que las producían a mano. La monarca alegó que no podía aceptarla considerando que la máquina llevaría a la ruina a sus súbditos al privarles de su labor. Otro ejemplo más reciente e ilustrativo lo encarna el Ludismo, movimiento encabezado por artesanos ingleses que protestaban por la automatización de la producción textil, pretendiendo destruir las máquinas introducidas por la Revolución Industrial. Observamos, como el mismo J. Schumpeter señaló, que en numerosas ocasiones no fue la falta de iniciativa la que estableció los límites del desarrollo económico, sino más bien los intereses sociales y económicos los que promovieron el status quo tecnológico de la época. El equilibrio entre la conservación del empleo y el progreso tecnológico refleja, en gran medida, el equilibrio de los poderes de la sociedad, y cómo se redistribuyen los beneficios del progreso tecnológico en la misma (Frey & Osborne, 2013), redistribución que encarna uno de los grandes desafíos del desempleo tecnológico actual.

Nuestra historia revela que incluso los avances tecnológicos más beneficiosos para el desarrollo social han causado desajustes en el mercado laboral: devaluando habilidades específicas, eclipsando ciertas ocupaciones y alterando los modelos de negocio, llegando a suprimir industrias completas. Así, cuando los intereses sociales no han estado alineados

con determinados avances tecnológicos por eliminar estos la labor humana, en el corto plazo se han producido desajustes y desigualdades, propiciando, incluso, mecanismos de resistencia social no articulados a través del mercado laboral. Ahora bien, en el largo plazo, son esos mismos progresos tecnológicos los han revertido los desajustes causados, gracias a la productividad y riqueza generadas por la innovación, con el surgimiento de nuevas ocupaciones, servicios e industrias. De esta manera se han redistribuido los beneficios al conjunto de la sociedad, elevando la calidad y estándares de vida de la población (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019). Históricamente y como se venía mencionando, el progreso tecnológico ha tenido dos efectos contrapuestos sobre el empleo: destrucción y capitalización o creación. En primer lugar, al sustituir la tecnología a la mano de obra, se produce un efecto de destrucción de empleo, requiriendo que los trabajadores reubiquen su oferta de trabajo. En segundo lugar, se produce el efecto de capitalización, pues gracias al incremento de la productividad, no solo entran más empresas en industrias donde la productividad generada es alta; sino que además surgen nuevas industrias y mercados derivados del desarrollo. Ello se traduce en una expansión del empleo, un cambio estructural del mercado laboral y, generalmente, en una mejora de la calidad y las condiciones de trabajo. En definitiva, se produce el reajuste entre la oferta y demanda de mano de obra gracias a este segundo efecto, con la adicional creación de empleo. Además el aumento en la eficiencia de la producción, permite la reducción de precios, con el consecuente aumento de los ingresos reales e impacto positivo en la demanda de bienes y servicios del mercado en su conjunto. (Frey & Osborne, 2013, pág. 13).

En el proceso descrito, es importante señalar dos cuestiones que se desprenden del análisis de las transformaciones tecnológicas del pasado y su respectivo impacto en el empleo, para comprender las preocupaciones actuales. Por un lado, en relación a los mecanismos de redistribución de la riqueza generada, se debe observar que ambos efectos no son inmediatos, sino consecutivos. Por consiguiente, los frutos de la innovación pueden tardar décadas en llegar, no siendo necesariamente los beneficiarios finales quienes asuman los costes iniciales, pudiendo conducir a desigualdades sociales. (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019). Por otro lado, históricamente e ignorando las fluctuaciones en las tasas de desempleo naturales de los ciclos económicos, el efecto de capitalización o creación ha predominado eventualmente sobre la destrucción de empleo, ocupando a la mayoría de la población. La razón fundamental por la que ha prevalecido

el trabajo humano está relacionada con su capacidad de adoptar y adquirir nuevas competencias por medio de la educación y tecnificación. (Frey & Osborne, 2013). El intervalo entre ambos efectos y la magnitud de los desajustes sociales que se pueden producir, depende en gran medida de la naturaleza de las tareas sustituidas y la capacidad de las personas de adaptarse y desarrollar nuevos conocimiento y habilidades que les permitan realizar las nuevas tareas emergentes. Esta última cuestión encarna, precisamente, una de las grandes preocupaciones de la nueva era de transformación tecnológica, pues según una amplia mayoría de economistas, tanto su articulación como la capacidad de adaptación del ser humano, plantean grandes interrogantes en relación al futuro empleo del siglo XXI.

La repercusión de la automatización, la robótica y la IA en el empleo del siglo XXI está aún por ver. La creciente integración de las nuevas tecnologías en la labor humana, así como el comportamiento de los mercados laborales de las últimas décadas, han intensificado el debate sobre el desempleo tecnológico. Los estudios empíricos más recientes revelan especial preocupación, pues los mecanismos de reversión y redistribución que tradicionalmente han relacionado el empleo y la tecnología, se están poniendo en duda debido a las posibilidades que potencialmente ofrecen las nuevas tecnologías. David H. Autor, economista y profesor del MIT, referente en la materia, señala que: *aunque los dos últimos siglos de automatización y tecnología no han hecho la labor humana prescindible, las evidencias sobre el cambio en el empleo y el potencial incalculable de la tecnología, hacen que las interacciones entre el empleo y el progreso tecnológico en el pasado no puedan fundamentar como interactuarán estas variables en el futuro*. Consecuentemente, nos encontramos ante un escenario desconocido, *pues la aparición de la potencia de computación, la inteligencia artificial y la robótica plantea la posibilidad de sustituir la mano de obra en una escala no observada anteriormente* (2015). Así, la incertidumbre que genera el impulso de las nuevas tecnologías plantea dos reflexiones esenciales. En primer lugar, cuál será el alcance potencial del desempleo tecnológico, en términos cualitativos y cuantitativos, pues no solo se persigue estudiar cual será la potencial tasa natural de desempleo; sino también, cómo será la estructura ocupacional del mercado laboral como resultado de la destrucción y creación de empleo. En segundo lugar, se cuestiona la capacidad de la mano de obra humana para ganar la carrera contra tecnología mediante la educación, pues a medida que la innovación entra

en terrenos más cognitivos, resulta más difícil para el ser humano realizar y adaptarse a las tareas remanentes. (Frey & Osborne, 2013)

Las implicaciones del cambio tecnológico para el empleo y los salarios son una fuente de controversia. Ante estas incógnitas, la comunidad científica se encuentra dividida en sus hipótesis sobre el futuro desempleo tecnológico, aunque la preocupación es compartida en cuanto al cambio que prevén causar las nuevas disciplinas tecnológicas. Como explicaremos más adelante, algunos ven el proceso de automatización en curso, como lo ejemplifican las máquinas de control numérico computarizado, los robots industriales, y la inteligencia artificial, como precursor del desempleo generalizado. Otros razonan que la automatización actual, al igual que las anteriores oleadas de tecnologías, en última instancia, aumentará la demanda de mano de obra, y por lo tanto el empleo y los salarios. (Acemoglu & Restrepo, 2019, pág. 3).

Así, una primera corriente de autores ofrece una visión más apocalíptica o destructiva de la tecnología sobre el empleo. De acuerdo con esta propuesta, hay razones para pensar que en el largo plazo las nuevas tecnologías podrían incluso eliminar el empleo como actividad humana, pues no solo resultarían más productivas en términos de coste y resultado; sino que podrían ser más rápidas y capaces que el hombre para adaptarse y ejecutar los nuevos empleos disponibles y las nuevas necesidades emergentes fruto de la innovación, sin dejar espacio a la labor humana. Consecuentemente, se plantearía la carrera del humano contra la tecnología a través de la educación, pues no solo estarían en peligro ocupaciones y empleos específicos; sino también el empleo en general susceptible de realización por la mano de obra humana en su conjunto.

Otra corriente de economistas ofrece una visión más constructiva en cuanto al cambio tecnológico, incidiendo en que la innovación se relaciona con el empleo a través de tres mecanismos - sustitución, complementariedad y creación de nuevos empleos- y, por tanto, se debe evaluar la interacción de todos ellos, no solo las consecuencias de la sustitución. Así, cuestionan la reducción de la cantidad de trabajos gracias a la automatización, IA y robótica debido a las complementariedades que pueden surgir por la interacción de las mismas con la elasticidad de los ingresos, los precios y los ajustes entre la oferta y demanda de trabajo. Además, mantienen que el hombre siempre va a contar con una serie de capacidades inalcanzables para las máquinas, tales como la

creatividad, el sentido común o el razonamiento abstracto, las cuales constituyen una ventaja comparativa propia del hombre; así como un reducto de habilidades inconquistables para las nuevas tecnologías. Sí sostienen, sin embargo, la alteración sustancial de la cualidades de los trabajos disponibles, para lo que se requerirá igualmente nuevas competencias que supongan una ventaja competitiva respecto a las máquinas.

En ambos casos y en definitiva, todos los empleos actuales se van a ver afectados, ya sea directa o indirectamente, por los avances tecnológicos de nuestro siglo, abriendo el debate de cuáles son las medidas a adoptar para: (i) minimizar los daños que puede producir la nueva ola de transformación tecnológica en el empleo; (ii) favorecer el crecimiento del mismo para contrarrestar los puestos de trabajo en peligro en los próximos decenios; (iii) replantear el sistema educativo orientándolo a las nuevas habilidades y competencias necesarias y (iv) asegurar un futuro del empleo sostenible dentro del nuestro sistema social.

III. ¿Cuáles son los efectos observados hasta ahora?

En épocas anteriores, la mecanización y la automatización eliminaron muchos trabajos indeseables, creando a su vez trabajo sustancialmente nuevo y de mejores condiciones, aumentando así la productividad y permitiendo alcanzar unos mejores estándares de vida de forma generalizada. (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019, pág. 22). No se puede ignorar que, como en todo proceso de cambio, las premisas y características que presenta la nueva era de transformación tecnológica son esencialmente diferentes a las transformaciones de similar magnitud experimentadas en el pasado. Sin embargo, los economistas, en su lucha por desentrañar los efectos de la tecnología, se realizan las siguientes preguntas con respecto a épocas anteriores: ¿Posee la actual era de las tecnologías digitales la capacidad de generar los mismos efectos en el futuro? ¿Será diferente su impacto económico y en qué medida? ¿Qué desafíos sociales presenta para la sociedad futura? En otras palabras, la cuestión radica, precisamente, en responder a estas preguntas con el objetivo de analizar si el resultado económico de la revolución tecnológica actual será eventualmente positivo para la sociedad, como lo fue en el pasado, en términos de empleo y productividad. Por ello, muchos de los esfuerzos de los economistas desde el pasado siglo, se centran en discernir, de entre otras fuerzas económicas⁶, si la tecnología es verdaderamente la causante de las alteraciones de ciertas variables económicas y cuál será su evolución futura. Y no solo eso, sino también determinar cuáles son las consecuencias y notas principales de la actual revolución tecnológica, pues aunque económicamente pueda ser en su dinámica similar a sus predecesoras; sus efectos pueden tener una mayor repercusión social.

Así, en la evaluación de los efectos de la tecnología sobre el empleo, se puede concluir que la era actual es diferente en tres aspectos: la expansión de capacidades de la tecnología, la polarización del empleo y su relación con la productividad.

1. Expansión de capacidades: más allá de las tareas rutinarias.

Lo que llama la atención de los ejemplos reales recopilados en la literatura, es que los avances tecnológicos ya no se limitan a tareas rutinarias de fabricación o administración,

⁶ Tales como las importaciones, medidas de política fiscal y monetaria, el consumo, las fluctuaciones de las tasas de desempleo por los ciclos económicos, crisis financieras o la actual crisis del Coronavirus 2020.

habiéndose ampliado sorprendentemente el espectro de capacidades que las nuevas tecnologías pueden desempeñar. En un inicio, la automatización comenzó revolucionando los trabajos que implicaban una habilidad o fuerza más física y que seguían un patrón determinado repetitivamente. Sin embargo, con la llegada de los ordenadores y, más tarde, de la robótica e Inteligencia Artificial, se han desarrollado sistemas que permiten la ejecución de habilidades propias del plano cognitivo de la actividad humana en entornos cada vez más desestructurados. Esta es la esencia de la revolución tecnológica actual. Como señalan McAfee y Brynjolfsson: *“las máquinas que pueden completar las tareas cognitivas son aún más importantes que las máquinas que pueden realizar las físicas. Gracias a la moderna IA ahora nuestras máquinas digitales han escapado de sus estrechos confines y han comenzado a demostrar amplias habilidades en el reconocimiento de patrones, comunicación compleja y otros dominios que solían ser exclusivamente humanos”*. (The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies., 2014)

Para entender qué trabajos pueden ser susceptibles de sustitución, debemos partir del procedimiento a través del cual se capacita a las máquinas para la ejecución de los mismos. Tradicionalmente, las máquinas siguen procedimientos meticulosamente establecidos por los programadores. Para que una computadora cumpla una tarea, un programador debe primero entender completamente la secuencia de pasos requeridos para realizar esa tarea, y luego escribir un programa que haga que la máquina simule estos pasos con precisión. Así, cuando un ordenador procesa una tarea, está "simulando" un proceso de trabajo que, en una era anterior, fue realizado por los humanos usando procedimientos casi idénticos. (Autor, 2015). Por tanto, cuanto más definida esté una tarea y más estable sea su entorno, más susceptible será de automatizar. Siguiendo este razonamiento, los estudiosos en la materia, han clasificado las actividades humanas relacionadas con el trabajo, utilizando una matriz dos por dos, con tareas rutinarias frente no rutinarias en un eje, y tareas manuales frente cognitivas en el otro. Las tareas rutinarias se definen como aquellas que siguen reglas explícitas que pueden ser realizadas por máquinas, mientras que las tareas no rutinarias son aquellas cuya ejecución no se entiende lo suficientemente bien como para ser especificada en un código informático. Cada una de estas categorías de tareas puede, a su vez, ser de naturaleza manual o cognitiva, es decir, estar relacionada con el trabajo físico o el trabajo intelectual. Históricamente, la informatización y automatización se ha limitado en gran medida a las tareas rutinarias,

abarcando en primer lugar las manuales y, progresivamente, las cognitivas. Sin embargo, tras los recientes avances tecnológicos, la informatización se está extendiendo a ámbitos definidos comúnmente como no rutinarios y cada vez más cognitivos, (Frey & Osborne, 2013). Esta expansión, a pesar de su importancia desde el prisma científico, supone a su vez una amenaza para el empleo humano, pues precisamente el hombre siempre ha poseído respecto de las máquinas una mayor ventaja comparativa en aquellas tareas de tipo cognitivo y desarrolladas en entornos cambiantes.

La Inteligencia Artificial y sus sub-campos⁷, han adquirido un papel central en el desarrollo de tecnologías de trabajo intelectual, pues se dedican explícitamente al desarrollo de algoritmos que permiten automatizar las tareas cognitivas; mientras que la Robótica, está permitiendo avances en el desempeño de tareas no rutinarias, focalizadas en el ámbito de las habilidades físicas. Consecuentemente, el espectro de las actividades potenciales que pueden desarrollar los robots y sistemas de inteligencia artificial es cada vez más amplio. Los efectos observados al trasladar estos avances al ámbito laboral, muestran que la tecnología está sustituyendo aquellos trabajos calificados como rutinarios, característicos de ocupaciones que requieren una tecnificación o cualificación media, tales como trabajo administrativo o de oficina (contabilidad, recopilación, la clasificación y el almacenamiento de información estructurada) o tareas de producción que impliquen operaciones físicas repetitivas en un entorno inalterable. (Autor, 2015). Así, las nuevas tecnologías están desplazando al trabajador medio, al mismo tiempo que se muestran de gran utilidad para complementar y facilitar las tareas no rutinarias. Ahora bien, con la expansión de habilidades, ya no solo complementan, sino que están ganando flexibilidad hasta el punto de poder ejecutar tareas no rutinarias en entornos cambiantes, lo que supone una preocupación por la potencial sustitución de trabajadores.

En resumen, la creciente asunción de tareas cada vez más sofisticadas, no rutinarias y cognitivas, por parte de las máquinas supone una gran noticia para el desarrollo social y científico. No obstante, a medida que el ritmo de la innovación incrementa, la potencial perturbación del mercado laboral crece y, con ellas, la alarma social, pues cada vez son más las tareas que pueden asumir las máquinas, poniendo en peligro no solo los puestos de trabajo actuales; sino también los futuros.

⁷ entre los que encontramos disciplinas como *Machine Learning* (Aprendizaje automático), *Data mining* (minería de datos); *Big data* o Estadística Computacional.

2. La polarización del mercado laboral:

Una primera distinción entre el pasado y el presente es la forma en que las tecnologías digitales remodelan la división de trabajo entre las personas y las máquinas (MIT-Massachusetts Institute of Technology, 2019). Toda la literatura coincide en observar que desde principios de siglo la tecnología está transformando la estructura del mercado laboral y la naturaleza de los empleos disponibles, conduciendo a la polarización del empleo. La polarización se entiende como el fenómeno por el cual se produce, dentro del espectro de empleos del mercado laboral, el crecimiento simultáneo de los empleos de alta y baja cualificación y salario, en detrimento de los empleos de tecnificación media. En otras palabras, la automatización e introducción de las tecnologías digitales han propiciado un aumento de los empleos situados en los extremos, a expensas de aquellos situados en la mitad de la escala de empleo, ordenada de acuerdo a los niveles de ingresos y cualificación de los trabajadores. Este cambio estructural del mercado laboral está estrechamente vinculado a tres factores: la caída de precios de la tecnología, la oferta y niveles de educación académica de la población y, de manera principal, la naturaleza de las actividades que pueden ser sustituidas o complementadas por las nuevas tecnologías.

Así, la polarización del empleo es un hecho diferencial con respecto a otras épocas de transformación. Comparativamente, en la anterior era de la producción en masa se crearon nuevas oportunidades para los empleados en las fábricas y negocios⁸, al mismo tiempo que se abrían nuevas perspectivas para los trabajadores más cualificados. Nuestra actual era de digitalización, al igual que las anteriores olas de automatización, también complementa a los trabajadores altamente cualificados. Sin embargo, a diferencia de épocas pasadas, la automatización digital tiende a desplazar a los trabajadores de nivel medio que realizan tareas rutinarias codificables, como las ventas, el apoyo administrativo y de oficina, y las ocupaciones de producción, artesanía y reparación. (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019, pág. 22). He ahí el quid de la cuestión: las actividades desempeñadas por trabajadores de media cualificación, suelen ser tareas manuales o cognitivas, pero estandarizadas, precisamente el tipo de tareas que han demostrado ser fácilmente sustituidas por las nuevas tecnologías como se explicaba

⁸ Dando lugar a los denominados trabajadores de cuello blanco o de cuello azul (*"White-collar and Blue-collar workers"*)

en el punto anterior. A *sensu contrario*, las profesiones situadas en los extremos de la escala laboral, no son tan susceptibles de sustitución por desenvolverse en entornos cambiantes y requerir capacidades abstractas o físicas que la tecnología aun no ha conseguido desempeñar, aún, tan bien como lo hace el hombre. Así lo explica David H. Autor, quien expresa que: *“Dado que los empleos que son intensivos en tareas abstractas o manuales se encuentran por lo general en extremos opuestos del espectro de aptitudes profesionales -en ocupaciones profesionales, gerenciales y técnicas, por un lado, y en ocupaciones de servicios y laborales, por el otro-, este razonamiento implica que la informatización de las tareas laborales "rutinarias" puede dar lugar al crecimiento simultáneo de empleos de alta educación y altos salarios en un extremo y de empleos de baja educación y bajos salarios en el otro extremo, ambos a expensas de los empleos de salarios medios y educación media, un fenómeno que Goos y Manning (2003) denominaron "polarización del empleo" (Autor, 2015, pág. 12)*

Resulta necesario señalar que el incremento de los empleos de alta cualificación no solo se explica por la dificultad de ser sustituidos por la tecnología; sino también porque se ven fuertemente complementados por las herramientas que esta les proporciona. Estas ocupaciones se basan en grandes conjuntos de conocimientos especializados en constante evolución: por ejemplo, conocimientos médicos, precedentes jurídicos, datos de ventas, análisis financiero, lenguajes de programación y estadísticas económicas (Autor, 2015). Las tecnologías de la información y la digitalización complementan en gran medida a los trabajadores que desempeñan este tipo de profesiones, pues las herramientas tecnológicas les permiten especializarse más en su área de conocimiento al dedicar menos tiempo a la adquisición y el análisis de la información e invertir más en su interpretación y aplicación. En esta misma línea, apuntan los economistas Carl Benedict Frey y Michael A. Osborne, que, con la caída de los precios de la informática, las aptitudes para la resolución de problemas, la creatividad y experiencia se están volviendo relativamente productivas, lo que explica el importante crecimiento del empleo en ocupaciones que implican tareas cognitivas en las que la mano de obra calificada tiene una ventaja comparativa, así como el persistente aumento de los rendimientos de la educación. (2013).

En el otro extremo, el documentado incremento de aquellos empleos de baja tecnificación y salario se ha producido fundamentalmente por dos hechos. En primer lugar, como ya se ha introducido, se debe a que las tareas de dichas ocupaciones son menos susceptibles de

informatización y sustitución, ya que requieren un mayor grado de flexibilidad y adaptabilidad física. En segundo lugar, se debe a que los trabajadores medios cuyo empleo ha sido sustituido, han reasignado su oferta de mano de obra a las ocupaciones de menor cualificación e ingresos, por ser más accesibles de acuerdo a su preparación. Irónicamente, la digitalización ha tenido, respecto a los trabajadores medios, un menor impacto en las tareas de los empleados que ejecutan trabajos manuales y de servicio, los cuales están peor pagados. Esos puestos exigen habilidades como destreza física, reconocimiento visual, comunicación cara a cara y adaptabilidad situacional, habilidades que siguen estando en gran medida fuera del alcance de los equipos y programas informáticos actuales, pero que sin embargo son fácilmente alcanzadas por adultos con niveles de educación moderados. Consecuentemente, a medida que las ocupaciones de habilidades medias han disminuido, las ocupaciones manuales y de servicio se han convertido en una categoría de trabajo cada vez más central para los que tienen educación secundaria o inferior (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019, pág. 22).

La polarización del empleo se traduce, consecuentemente, en un cambio de las habilidades demandadas en el mercado laboral, cuyo análisis se expondrá en un apartado posterior, y también en cómo el empleo es remunerado, esto es, en los salarios. Con carácter general, se puede concluir que la polarización del empleo se puede extrapolar a los mismos, si bien el incremento se ha producido principalmente en los ingresos de los trabajadores de alta cualificación. Así, el crecimiento desproporcionado ha concentrado las recompensas del mercado laboral en los trabajadores más cualificados y con mayor nivel de educación, devaluando gran parte del trabajo no especializado remanente. Este desequilibrio contribuye a la gran divergencia de ingresos reflejada entre los trabajadores con educación universitaria y no universitaria en las últimas décadas. (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019, pág. 22). En todo caso, señala a este respecto David H. Autor, que se deben tener en cuenta los efectos que tienen sobre los salarios tanto la complementariedad de la tecnología como la elasticidad de la demanda y la oferta de mano de obra, pues no afectan de la misma manera a los dos extremos de las ocupaciones.

En conclusión, a diferencia de las anteriores épocas de transformación, en las últimas décadas se ha producido la polarización del mercado laboral, según la cual el empleo y las ganancias salariales se están repartiendo desproporcionadamente, concentrándose en

aquellos trabajadores situados en la parte superior e inferior de la distribución de ingresos y habilidades, y no en los que se encuentran en la parte media de la escala ocupacional.

3. La productividad

Una segunda diferencia clave entre la era de la digitalización y las anteriores es que la digitalización no ha producido las mismas ganancias en términos de productividad. El crecimiento de la productividad se ha ralentizado entre 1975 y 2005 con respecto a la subida registrada en los tres primeros decenios posteriores a la Segunda Guerra Mundial, siendo además notablemente lento desde mediados de la década de los 2000, tanto en los Estados Unidos como en la Unión Europea. (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019, pág. 24). ¿Por qué es tan relevante la productividad? ¿Qué factores afectan a su relación entre las nuevas tecnologías?

La productividad ocupa un tema central en el debate sobre el futuro del empleo. Según Paul Krugman y la inmensa mayoría de economistas, la capacidad de una nación para mejorar sus estándares de vida a lo largo del tiempo depende, casi enteramente, de su capacidad para aumentar su productividad, es decir, su producción por trabajador y hora de trabajo. El motor de la productividad es la innovación tecnológica y el análisis de la misma resulta esencial para medir el crecimiento económico causado por la innovación. Por ello, dicho economista afirmó que *“la productividad no lo es todo, pero en el largo supone casi todo”* y no le falta razón, pues ha demostrado históricamente que de ella depende en gran medida el impacto final de las transformaciones tecnológicas y la redistribución de la prosperidad generada por la tecnología al conjunto de la sociedad. Así lo han demostrado en el pasado invenciones como la máquina de vapor, la electricidad o los motores de combustión, las cuales transformaron la sociedad y economía de manera radical, consiguiendo acelerar la marcha normal del crecimiento económico. Si bien su integración dejó atrás empleos, modos de vida o ciertos bienes y servicios, su posterior repercusión económica y social fue tal que impulsaron de forma extraordinaria el progreso de la sociedad, marcando el inicio de nuevas épocas de crecimiento económico. Este tipo de innovaciones, son las denominadas *General Purpose Technologies (GTPs)*. Son aquellas ideas, técnicas o invenciones novedosas, económicamente muy relevantes, que afectan a la mayoría de sectores de forma transversal y causan fuertes impulsos en la economía debido a los grandes aumentos de productividad. (Brynjolfsson & McAfee,

2014, págs. 72-88). La pregunta actual es, por tanto, medir si las tecnologías digitales pertenecen a esta categoría de *GTPs*, a través del análisis de la productividad y de las diversas opiniones al respecto.

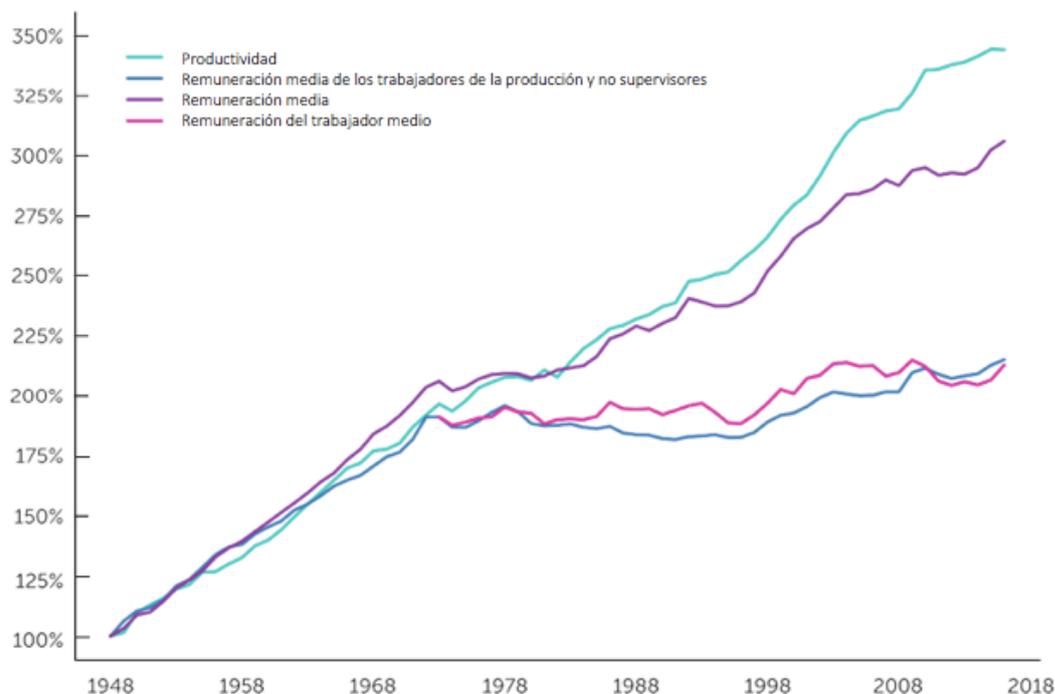
Por un lado, la conclusión de muchos economistas es que las tecnologías digitales del siglo XXI no están provocando un aumento significativo de la productividad, en comparación con los incrementos experimentados en el pasado. Generalmente sí son consideradas dentro de las mencionadas *GTPs*, pues sin duda dichas tecnologías están transformando la sociedad, las industrias y modelos de negocio de forma generalizada, y lo seguirán haciendo de forma aún inimaginable. Sin embargo, por ahora están fallando el test de resultar económicamente relevantes en términos de productividad. Ante estos datos, parte de la comunidad económica cuestiona que el moderado impulso de la productividad, provocado por estas tecnologías, sea suficiente para revertir los ajustes sociales y laborales que prevén causar. Por el contrario, algunos economistas como McAfee y Brynjolfsson, alegan que tal y como sucedió en el pasado, llevará tiempo observar los frutos de la productividad y que el gran salto de productividad aún está por llegar. Amparados en la “nueva teoría del crecimiento”, confían en que la innovación y la productividad continuarán creciendo a tasas superiores a las actuales, pues las posibles combinaciones que ofrece la “innovación de bloques” es infinita (McAfee & Brynjolfsson, 2014, pág. 88).

Otra visión es la que ofrece el informe realizado por científicos del MIT⁹ (The Work Of the Future: Shaping Technology and Institutions (Fall report), 2019), según el cual el avance tecnológico sí ha provocado un crecimiento de la productividad en las últimas cuatro décadas, pero el problema es que este no se ha traducido en una prosperidad compartida; sino que ha resultado en la polarización del empleo y una creciente desigualdad. Apunta que el incremento de la productividad es una fuerza necesaria y principal, pero no suficiente para obtener beneficios económicos ampliamente compartidos. Se requiere, entre otros factores, que se produzca un movimiento paralelo de la productividad y la remuneración del trabajo, como ha ocurrido en los dos últimos siglos, cuyas innovaciones transformadoras sí aumentaron la productividad a la par que los ingresos. Así, el informe proporciona unos datos muy significativos, reflejados en la

⁹ *Massachusetts Institute of Technology*

ilustración II, pues muestran cómo los trabajadores han participado en el promedio de los aumentos de la productividad, siendo la distribución de las ganancias en torno a la media tan desigual y tan sesgada hacia arriba que el trabajador medio no ha participado apenas en los beneficios. El gráfico se relaciona igualmente con las ideas expresadas en cuanto a la polarización del empleo.

Ilustración II: Incremento de la productividad y la remuneración de los trabajadores (1948-2018).



Fuente: *The Work Of the Future: Shaping Technology and Institutions, Fall report , 2019, MIT.* Productividad expresa la producción de la economía total por hora, en términos reales. La remuneración media es la remuneración real de la economía total por hora. La remuneración media es la remuneración real de la economía media por hora y la remuneración media de los trabajadores de producción y no supervisores expresa la remuneración real por hora de los trabajadores de producción y no supervisores.

Por todo ello, la relación de las nuevas tecnologías con la productividad no parece seguir el mismo patrón de crecimiento que se ha observado históricamente en aquellas invenciones de la misma magnitud. Los economistas Daron Acemoglu y Pascual Restrepo, en su publicación *Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor* (Acemoglu & Restrepo, 2019), exponen una visión muy interesante sobre cómo interactúa la tecnología y el trabajo, incidiendo en las implicaciones que tiene la tecnología para la demanda laboral y la productividad. Su teoría se basa en lo que ellos

denominan “*Task content of production*”. Así, la producción se compone de una serie de tareas para las cuales se emplean los factores productivos de capital o trabajo. Las nuevas tecnologías no sólo afectan a la productividad del capital y el trabajo en las tareas que realizan actualmente, sino que también influyen en la asignación de estos factores productivos a las tareas, que es lo que denominan el contenido o composición de las tareas de producción (“*Task content of production*”). Los cambios en el contenido de las tareas de producción pueden tener efectos importantes en la forma en la que cambia la demanda de trabajo, así como en la productividad. La adopción de nuevas tecnologías cambia ese contenido provocando tres efectos: el efecto de desplazamiento (se sustituye el factor del trabajo por el capital, pues se hace cargo de las tareas que antes realizaba la mano de obra y reduce la participación de la mano de obra en el valor añadido); el efecto de productividad (la asignación más flexible de los factores en las tareas hace que la tecnología tienda a aumentar la productividad, contribuyendo a la demanda de trabajo de tareas no automatizadas) y el efecto de restablecimiento (supone la generación de nuevas tareas, aumenta directamente la reasignación de la mano de obra, así como la demanda de trabajo). El impacto neto de las tecnologías en la demanda de mano de obra y la productividad depende, por lo tanto, de cómo los efectos de desplazamiento, productividad y restablecimiento se compensan entre sí. Así afirman que el futuro del trabajo dependerá de la mezcla de las nuevas tecnologías digitales y de cómo éstas cambian el contenido de las tareas de producción.

De esta teoría se pueden extraer una serie de conclusiones. En primer lugar, no se puede presumir que todas las tecnologías aumentan la demanda de mano de obra simplemente por aumentar la productividad. De hecho, ni siquiera se puede afirmar que todas ellas la productividad. En segundo lugar, debido al efecto de desplazamiento, no debemos esperar que la automatización cree aumentos salariales acordes al crecimiento de la productividad, pues dependerá de que el desplazamiento de la mano de obra humana se contrarreste con la reasignación de la misma por la generación de nuevas tareas y de el valor de las mismas. (Acemoglu & Restrepo, 2019, pág. 5). Otros economistas también comparten estas conclusiones a través del análisis de los mecanismos de interacción de tecnología y empleo: sustitución, complementariedad y generación de nuevas tareas, los cuales se identifican con los efectos descritos. Concluyen asimismo que no todas las innovaciones que aumentan la productividad desplazan a los trabajadores, al igual que no

todas las innovaciones que desplazan a los trabajadores aumentan sustancialmente la productividad. (MIT- Massachusetts Institute of Technology, 2019, pág. 25)

Para volver al análisis central de la productividad y de los efectos diferenciales de la era de la digitalización en el empleo, era necesaria la explicación precedente. La misma permite comprender que la paradoja de la productividad actual se entiende por la existencia de tecnologías que tienden a reducir la demanda de mano de obra al producir importantes efectos de desplazamiento pero modestos aumentos de productividad. Estas tecnologías son las que se han bautizado como “*so-so technologies*” y se consideran una de las principales causantes de bajo incremento de la productividad.

IV. Visión destructiva del futuro del empleo: argumentos a favor del fin del trabajo.

La visión destructiva del empleo es defendida por aquellos autores que ponen el foco en las ventajas comparativas que tienen las nuevas tecnologías sobre los trabajadores, alegando que finalmente serán las máquinas las que realicen todo el trabajo disponible. Algunos autores que se muestran más afines al desempleo tecnológico son Erik Brynjolfsson, Andrew McAfee, Darrel West, e incluso el propio John Maynard Keynes con las predicciones que realizó en el pasado siglo.

Esta visión se basa de forma principal en el efecto de sustitución de trabajadores causado por los avances tecnológico. Muchos estudios e instituciones han intentado cuantificar el alcance de esta sustitución. Así, con motivo del centenario de la Organización Internacional del Trabajo (ILO), la Comisión Global del Futuro del Trabajo de dicha institución, elaboró un informe en el que plasma de manera agrupada las principales predicciones realizadas hasta la fecha, las cuales se recogen en la siguiente tabla.

Ilustración III: Estimación sobre el futuro del empleo

FUENTE	ESTIMACIÓN
<i>Frey & Osborne, 2013 (The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?)</i>	<i>Estados Unidos: 47% de los trabajadores están en riesgo de que sus empleos sean automatizados en el futuro.</i>
<i>Chang and Phu, 2016 (“ASEAN in transformation: The Future of Jobs at Risk of Automation”)</i>	<i>ASEAN : 56% de los trabajos son susceptibles de automatización en los próximos 20 años</i>
<i>Mckinsey Global Institute, 2017</i>	<i>Menos del 5% de todas las ocupaciones pueden automatizarse completamente y alrededor del 60% de todas las ocupaciones tienen por lo menos un 30% de actividades constituyentes que pueden ser automatizadas.</i>

OECD, 2016	<i>Una media del 9% de los puestos de trabajo de la OCDE corren un alto riesgo de automatización. Una parte sustancial de los empleos (entre el 50 y el 70%) no se sustituirá totalmente, pero una gran parte de las tareas serán automatizadas, transformando la forma en que se llevan a cabo estos trabajos.</i>
Banco mundial, 2016	<i>Dos tercios de los empleos en el mundo en desarrollo son susceptible a la automatización.</i>
Foro Económico Mundial	<i>Casi el 50% de las empresas esperan que la automatización conduzca a una cierta reducción de sus trabajadores a tiempo completo para el 2022.</i>

Fuente: *Work for a brighter future – Global Commission on the Future of Work International Labour Office – Geneva: ILO, 2019.*

Entre los argumentos que sustentan las cifras estimadas, se encuentran aquellos que hemos venido describiendo. Brevemente, podemos mencionar el abaratamiento de las tecnologías, que ha propiciado no solo el asombroso desarrollo y capacidad de las mismas; sino también su integración en nuestra realidad, integración que ha puesto en peligro multitud de puestos de trabajo, al ser las máquinas equiparables a las personas en términos de capacidad y coste, provocando el efecto de sustitución. A esto se añade la naturaleza de actividades que pueden ser remplazadas. El espectro de capacidades que pueden desempeñar las tecnologías del siglo XXI, gracias a la IA y la robótica, están alcanzando ámbitos cognitivos y manuales no estandarizados, algo impensable hace tan solo unas décadas. Igualmente, el análisis de la productividad y la demanda laboral, por el momento, se muestra pesimista en cuanto al futuro del empleo, y está conduciendo a la mencionada polarización, lo que supone una eliminación del trabajador medio, sin una perspectiva social esperanzadora en cuanto a aquellos trabajadores situados en la parte inferior de la escala de salarios y habilidades.

Lo que preocupa a este respecto no es solo que se terminen por eliminar los trabajos estandarizados, físicos o intelectuales, y crecientemente los menos repetitivos; sino también que sean las propias tecnologías las que nos adelanten en aprender y ejecutar las actividades remanentes y nuevos empleos creados fruto de transformaciones tecnológicas de este siglo. Así, disciplinas de la Inteligencia Artificial como *Machine Learning* o Big data suponen, según esta visión, una amenaza para el empleo humano, pues son las propias tecnologías las que desarrollan las habilidades necesarias para aprender de las actividades que ejecutan de forma acumulativa. Ello podría terminar con el proceso de

estandarización y comprensión necesario para automatizar acciones, pues serían las propias máquinas y sistemas los que se reprogramarían de acuerdo a la experiencia adquirida. El resultado es una carrera por la educación y la adaptabilidad entre los humanos y las tecnologías.

En cuanto a las ventajas concretas que pueden deducirse de las nuevas tecnologías sobre los trabajadores, se relacionan con tareas cognitivas y manuales, ambas no rutinarias, pues es el ámbito de discusión en cuanto a la división del trabajo entre las tecnologías y el hombre. Las dos principales ventajas que poseen las tecnologías sobre los humanos son la escalabilidad y la falta de sesgos y necesidades biológicas. (Frey & Osborne, 2013, págs. 16-22). La escalabilidad puede concebirse tanto en el plano físico como el intelectual, pues las máquinas pueden alcanzar una potencia muy superior a la que permite la naturaleza humana en ambos. Gracias a los algoritmos, la digitalización, las bases de datos y los avances del *Big Data*, los sistemas son capaces manejar y analizar información de forma sorprendente. Todo ello en un principio eran herramientas para el hombre y sin embargo ahora pueden llegar a ejecutar las actividades humanas mejor que el mismo. En cuanto a los sesgos y necesidades humanas, implican varias ventajas. En primer lugar, una máquina no requiere suplir necesidades tales como dormir, comer o relacionarse. Por ello, pueden estar en funcionamiento de manera prolongada sin necesidad de parar el trabajo y cumplir el mismo sin depender de las alteraciones que la naturaleza humana pueden provocar, tales como enfermedades o el envejecimiento. Es cierto que contra esto se puede alegar el coste de mantenimiento de las tecnologías, pero como se ha explicado anteriormente, los precios son cada vez menores. Además se deben considerar también las emociones o sesgos subjetivos que una persona puede tener, aunque sea de forma inconsciente, pues pueden repercutir en su trabajo, privándolo de calidad e imparcialidad.

Por último, parece interesante hacer un breve reflexión sobre como hubiesen operado estas ventajas descritas, sobre todo las relacionadas con las implicaciones de la naturaleza humana, en la actual crisis sanitaria del coronavirus, pues la consecuencia principal de la pandemia es una crisis de salud global, pero la segunda derivada de la misma es una crisis de índole económica. Si el trabajo hubiese estado desempeñado por las tecnologías, probablemente parte la economía podría haber seguido funcionando con normalidad, pues las máquinas no son susceptibles de contraer el virus y tampoco hubiesen sufrido los alteraciones emocionales y riesgos que tristemente ha causado la epidemia.

V. *Visión constructiva del futuro del empleo: argumentos a favor del futuro trabajo.*

En oposición a la anterior postura, la visión constructiva del empleo aboga por un futuro sostenible del trabajo humano, fundamentado en los mecanismos de redistribución y interacción del empleo y la tecnología; así como en las capacidades propias del ser humano que parecen ser únicas e irremplazables. Si bien es cierto que los defensores de esta visión no niegan los efectos observados y la evidencia descrita hasta el momento, tal como la diferente evolución de la productividad, la polarización del mercado laboral o la potencial sustitución de trabajadores. Sin embargo, confían en las ventajas comparativas que el ser humano posee sobre las máquinas y la experiencia de las anteriores transformaciones. El hecho básico de esta postura es que la tecnología elimina empleos, pero no el trabajo.

David H. Autor, es uno de los grandes expertos y defensores del futuro del empleo y plantea la pregunta de por qué la tecnología no ha eliminado aún la mayoría de los trabajos, puesto que la misma ha demostrado tener mucho éxito en su objetivo de ahorrar trabajo y mejorar sus condiciones. (Autor, 2015, pág. 6). El mismo expone que: *“Esta pregunta pone de manifiesto una realidad económica tan fundamental como sobrevalorada: las tareas que no pueden ser sustituidas por la automatización suelen ser complementadas por ella. La mayoría de los procesos de trabajo se basan en un conjunto multifacético de inputs: mano de obra y capital; cerebro y músculo; creatividad y repetición de rutina; dominio técnico y juicio intuitivo; transpiración e inspiración; adhesión a las normas y aplicación juiciosa de la discreción. Por lo general, cada uno de estos inputs desempeña funciones esenciales; es decir, las mejoras en uno no obvian la necesidad del otro. De ser así, las mejoras de la productividad en un conjunto de tareas, necesariamente aumentan el valor económico de las restantes”*. Con estas palabras, Autor introduce una teoría denominada *“O-ring”*¹⁰, basada en una función de la producción descrita por Kremer, según la cual cada eslabón de la producción es esencial para el funcionamiento de la cadena en su conjunto. Análogamente, cuando la automatización o la digitalización hace que algunos pasos de un proceso de trabajo sean más fiables, más baratos o más rápidos, esto aumenta el valor de los restantes eslabones humanos de la cadena de producción. Así, el resultado de la introducción de las

¹⁰ En español, literalmente significa junta tórica.

tecnologías, es el aumento el valor de aquellas aptitudes que pertenecen al ser humano. Un buen ejemplo práctico que respalda la importancia del trabajo humano como eslabón esencial de la cadena de la producción, es la comparación entre la evolución de la industria automovilística japonesa y estadounidense. En los años 80, General Motors, con el fin de competir a la altura de sus competidores japoneses (Toyota, Nissan, Honda), invirtió una cantidad astronómica de dinero en automatizar sus plantas de producción. Sin embargo, no consiguió los niveles de productividad y calidad esperados. ¿Qué diferenció ambas industrias? La clave estaba en la concepción del papel humano y en que las suposiciones iniciales de los ingenieros que construyeron ambos sistemas de producción eran fundamentalmente diferentes. Los ingenieros americanos veían las características de hardware de la tecnología y los sistemas de producción como separadas de sus características humanas. Percibían los rasgos humanos como fuentes de variación impredecible que debían ser minimizadas. Por el contrario, los ingenieros japoneses, veían la tecnología como la incorporación tanto de hardware como de características humanas, considerándolas como "*humanware*". (Kochan, Helper, Kowalski, & Van Reenen, 2020). Este ejemplo demuestra no se puede obviar el valor del humano como elemento necesario en en las cadenas de producción y las aptitudes irremplazables del mismo.

En relación a dichas aptitudes, debemos hacer dos observaciones. En primer lugar, considerar cuáles son aquellas facultades que se consideran intrínsecas al ser humano y que suponen una ventaja competitiva frente a las máquinas. La literatura nombra entre ellas: la creatividad, el sentido común, el razonamiento abstracto, la experiencia, el juicio crítico, las capacidades sensoriales y motoras, la flexibilidad física y la adaptabilidad, la intuición y el lenguaje hablado. Se pueden considerar agrupadas en tres bloques. Tareas de percepción y manipulación, en las cuales los robots aún no pueden igualar la profundidad y amplitud de la percepción humana. Tareas de inteligencia creativa, pues los procesos psicológicos que subyacen a la creatividad humana son difíciles de especificar. Por último, tareas de inteligencia social, la cual resulta muy importante en una amplia gama de tareas de trabajo, como las que implican negociación, persuasión y cuidado. (Frey & Osborne, 2013, págs. 24-28).

En segundo lugar se debe reflexionar por qué estas tareas constituyen un reducto de habilidades humanas generalmente no susceptibles de remplazamiento. La denominada

paradoja de Polanyi, explica esta cuestión, llamada así por el economista, filósofo y químico que observó que *"Sabemos más de lo que podemos decir"* y con ello se refiere a que hay multitud de tareas que desarrolla el humano que entiende de forma tácita y realiza sin esfuerzo. Por tanto, los programadores o informáticos no pueden enunciar las "reglas" o procedimientos explícitos que sigue el cerebro humano. (Autor, 2015, pág. 11). Ello supone un límite a la sustitución del trabajo humano, al no poder especificarse o estandarizarse ciertas habilidades propias del mismo, como las mencionadas en este punto.

Siguiendo con los argumentos que fundamentan esta visión, se debe ir más allá del enfoque simplista de predecir los trabajos potencialmente afectados y analizar los mecanismos a través de los cuales la automatización cambia el trabajo humano. Si el trabajo fuera estático, este sería el final de la historia, pero como se ha descrito a lo largo del trabajo, este proceso opera a través de tres canales distintos, pero relacionados: la sustitución, la complementariedad y la creación de nuevas tareas. Las discusiones sobre el futuro del empleo se centran en la sustitución de tareas, obviando la complementariedad y la creación de nuevas tareas, lo que conduce a un alarmismo y pesimismo indebidos. La tecnología complementa las capacidades cognitivas y creativas de los trabajadores, magnificando el poder de las ideas al acortar la distancia entre la concepción y la realización. Se ha cambiado profundamente la ventaja comparativa del trabajo humano de lo físico al dominio cognitivo. Sin embargo, las nuevas tecnologías a menudo permiten o requieren nuevas tareas que exigen la experiencia, el juicio y la creatividad humana. En el siglo XXI, al mismo tiempo que se han desplazado a los trabajadores que realizan tareas repetitivas, *"se han creado simultáneamente nuevas oportunidades en un trabajo novedoso y cognitivamente intensivo como como el diseño, la programación y el mantenimiento de máquinas sofisticadas, el análisis de datos y muchos otros"*. (MIT-Massachusetts Institute of Technology, 2019, págs. 20-21). En términos cuantitativos, podemos tomar como ejemplo de referencia la cifra del Informe sobre el futuro del empleo en 2018 del Foro Económico Mundial, el cual estima que se originaran 133 millones de nuevos puestos de trabajo en el período 2018-2022. Además sus estimaciones prevén que las profesiones emergentes del futuro representarán 6,1 millones de oportunidades a nivel mundial en el mismo periodo. (Foro Económico Internacional, Enero, 2020, pág. 8)

Resulta importante señalar asimismo, a favor de esta visión, que históricamente el ingenio humano ha mostrado ser insaciable, rompiendo aquellas barreras del conocimiento que se imaginaban inalcanzables en las épocas anteriores. Por ello, y contando con la imprescindible ayuda de las tecnologías, esta visión apuesta por el hombre, el cual irá alcanzando nuevas metas y encontrando nuevas actividades a las que dedicar su trabajo y habilidades.

Por último, y de forma análoga al apartado anterior, parece oportuno hacer una breve reflexión sobre esta visión respecto a la crisis del coronavirus. La ventaja competitiva que han demostrado tener las personas frente a la pandemia, tanto a nivel sanitario como económico, es la enorme flexibilidad, la adaptabilidad de toda la realidad a las nuevas circunstancias, la solidaridad y cooperación y, en definitiva, la capacidad de actuar ante un fenómeno tan impredecible como el causado por el coronavirus.

VI. Cambio de competencias:

Como se puede concluir de la exposición realizada hasta este punto, sea mayor o menor el alcance cuantitativo del desempleo tecnológico, lo que sí parece claro es que este va a afectar cualitativamente y de modo sustancial a la naturaleza de los empleos disponibles en el futuro mercado laboral y las competencias necesarias para los mismos. Así, la educación va a cumplir un papel fundamental, siendo un elemento clave para ajustar los trabajadores a la demanda de competencias.

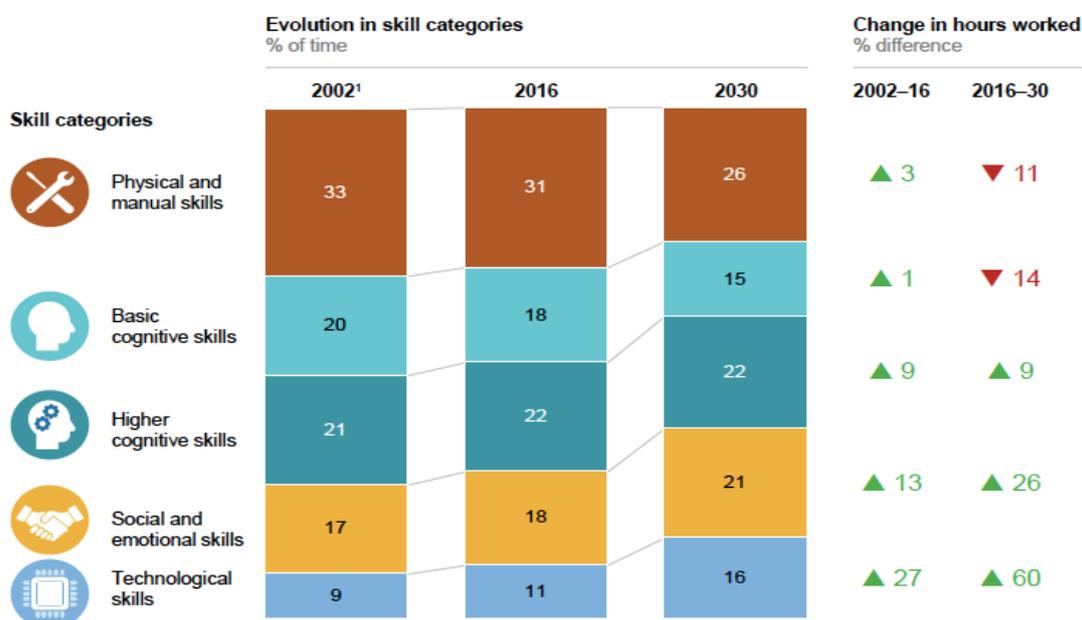
Parece lógico pensar que dicha demanda se va a adecuar a tres factores que se han descrito en el presente trabajo: la polarización del empleo, las habilidades que suponen una ventaja comparativa para las personas y la creación de nuevos empleos fruto de las nuevas tecnologías. Por tanto, los puestos de trabajo del futuro dependerán en gran medida de cómo interactúen dichas fuerzas. Mientras tanto, empresas y trabajadores deben ir preparándose para amortiguar el cambio y aprovechar las oportunidades que surjan del mismo.

En cuanto a las competencias necesarias en el futuro, la destacada consultora *Mckinsey&Company* realizó un estudio sobre las habilidades del futuro y su impacto en diversas industrias, con el objetivo de anticiparse a los cambios que las empresas deberán acometer como consecuencia de la disrupción de las nuevas tecnologías en sus sectores. La consultora planteó un modelo en torno a cinco grupos de habilidades, sobre las que ha monitorizado su evolución. Las competencias consideradas son: físicas y manuales, cognitivas básicas, cognitivas avanzadas, sociales y emocionales y, por último, competencias tecnológicas.

Una de las principales conclusiones que reflejó el modelo fue que la automatización y la Inteligencia Artificial están provocando un cambio de competencias acelerado respecto a la tendencia histórica. La tendencia de las categorías mencionadas refleja que aquellas manuales, físicas y básicas cognitivas han experimentado un descenso en su demanda y así se prevé que continúen haciéndolo. Las competencias consideradas cognitivas avanzadas, se han mantenido estables en su demanda, la cual es alta, y se estima que crecerán ligeramente en el futuro. Por último las habilidades sociales, emocionales y tecnológicas son las que han experimentado un mayor incremento en su demanda, siendo

estas últimas, las tecnológicas, en las que más se ha disparado el crecimiento, hasta casi duplicarse (Mckinsey Global Institute, Mayo, 2018). Estas tendencias se confirman tanto en países de la Unión Europea como en Estados Unidos y guardan coherencia con los efectos y predicciones que se han descrito en la presente investigación.

Ilustración: evolución de las categorías de competencias (2002-2030)



Fuente: Informe “Skill Shift: Automation and the Future of the WorkForce”, Mckinsey Global Institute, Mayo 2018, pág. 7.

Por su parte, la Comisión de la Unión Europea, identifica también la necesidad por parte de los trabajadores de desarrollar ciertas habilidades claves como un factor crucial para adaptarse al futuro del trabajo, pues se ha estimado que para 2020, más de un tercio de las aptitudes básicas necesarias para realizar la mayoría de los trabajos estarán constituidas por aptitudes que actualmente no se consideran relevantes para el mismo. Así, a medida que ciertas tareas se vayan automatizando, las facultades consideradas exclusivamente "humanas" tales como la empatía, la persuasión, la comunicación y la solución de problemas no estructurados, gozarán de un mayor valor. Por ello, las investigaciones sugieren que la futura fuerza de trabajo requerirá un equilibrio entre las habilidades técnicas y dichas habilidades más humanas. (European Commission, 2018).

En este contexto, y considerando la polarización del mercado laboral, se entiende vital la readaptación de los trabajadores con experiencia media para que puedan realizar con éxito la transición a nuevos empleos. En concreto, el replanteamiento de la formación necesaria para afrontar el cambio estructural del mercado laboral, debe focalizarse en aquellos trabajadores desplazados por la automatización para que puedan volver a reinsertarse en la fuerza laboral rápidamente. También será absolutamente imprescindible replantear el modelo educativo para orientar la formación de las generaciones futuras de trabajadores hacia las competencias y empleos del futuro.

En relación a estos últimos, debemos mencionar aquellos empleos que previsiblemente van a tener una mayor cabida y crecimiento en el futuro mercado laboral. El Foro Económico Mundial ha identificado siete grupos ocupacionales empíricamente distintivos: datos e Inteligencia Artificial; Ingeniería; computación en nube; salud y cultura; desarrollo de productos; marketing y ventas. Estos constituirán grandes núcleos de creación de empleo a los que se sumarán dos grupos más, aún poco explorados, como son los empleos en la economía sostenible y de la economía del cuidado. (Foro Económico Internacional, Enero, 2020, pág. 7)

VII. Conclusiones

Una vez analizados todos los aspectos relevantes sobre la interacción de la tecnología y el empleo, se deben sintetizar las principales conclusiones arrojadas por la investigación, con el fin de responder a la pregunta que dio origen al presente trabajo: ¿Cómo será el futuro del empleo como consecuencia de la automatización, la robótica y la Inteligencia Artificial?

En primer lugar, no hay duda del papel central que ocupa en la vida de las personas tanto el trabajo, al constituir una actividad principal para el individuo y el sistema social en el que este se inserta; como la tecnología, pues actualmente prácticamente toda actividad humana depende de las herramientas que esta proporciona. Asimismo, es evidente que el siglo XXI es un tiempo de gran innovación tecnológica en el que muchas disciplinas como la robótica o la Inteligencia Artificial, están eclosionando y evolucionando de manera exponencial. Dichas tecnologías tienen su origen en la revolución que comenzó en los años 60 con la introducción de los ordenadores, pero es ahora cuando están rompiendo las barreras de lo que antes parecía inalcanzable. Parece claro también que a esta aceleración tecnológica han contribuido tanto el abaratamiento de los componentes de la tecnología como el mayor estudio e inversión en la innovación, siendo fundamental el fenómeno de la digitalización. El resultado de todo ello es la división de la fuerza laboral entre las personas y las tecnologías.

En lo que más concierne al debate sobre el futuro del empleo, los argumentos expuestos por las que se han denominado en el presente documento visión destructiva y constructiva del empleo, muestran las dos caras de una misma moneda, pues ambas exponen la misma incertidumbre en cuanto al alcance del desempleo tecnológico, al tiempo que dan argumentos sólidos respaldando las ventajas comparativas, o bien de las tecnologías, o bien de las personas, desde una perspectiva más cuantitativa. La única certeza que puede concluirse de su análisis es que las pruebas y enfoque conceptual planteado en la comunidad económica hasta el momento, no permiten apoyar de forma absoluta ni las afirmaciones de que el fin del trabajo humano es inminente; ni la presunción de que el cambio tecnológico siempre será favorable al trabajo. Lo que sí es cierto es que en el

corto y medio plazo, parece poco factible que se elimine por completo el trabajo como actividad humana. Solo el tiempo nos dará respuesta de ello.

Nos encontramos en una época temprana de la transformación tecnológica que está por llegar y ello dificulta la predicción de la interacción entre empleo y las nuevas tecnologías en el futuro, pues el futuro escenario puede traer tecnologías y variables que aún no somos capaces de imaginar. A pesar de la inevitable incertidumbre futura, sí hay evidencias del cambio que está experimentando la sociedad, tales como la polarización del empleo, la sustitución de determinados trabajadores, la expansión de capacidades de las máquinas y sistemas, la moderada productividad generada o el necesario cambio hacia nuevas competencias y habilidades. Así, como se describía al principio del trabajo y considerando la dinámica histórica de los procesos de cambio, todo apunta a que nos estamos adentrando en un impasse entre la destrucción y la creación motivada por el desarrollo de las nuevas tecnologías. Estas consecuencias actuales necesitan de respuestas inmediatas y más prioritariamente en relación al empleo, pues juega un papel esencial como motor de la Economía, incidiendo de forma sustancial en los sistemas sociales que actualmente sostienen la humanidad. Entre las medidas a plantear, deben ocupar una discusión central tanto la educación y la formación de cara al futuro del empleo; como la fiscalidad y regulación de las nuevas tecnologías.

La sociedad actual tiene un gran reto ante sí. Las nuevas tecnologías tienen un altísimo potencial para impulsar la riqueza de las naciones y elevar la calidad de vida de las naciones, ofreciendo mejores condiciones de trabajo, una mayor seguridad económica, mejoras en salud y longevidad. Sin embargo, en el camino para conseguirlo, las nuevas tecnologías pueden cobrar un precio muy alto, causando grandes daños económicos y sociales. El resultado de este paradigma depende, en gran medida, de las instituciones y gobiernos, de la inversión social, la educación y la regulación. Por ello, la sociedad actual debe aprovechar esta oportunidad histórica e invertir sus esfuerzos en orientar la transformación tecnológica hacia una mayor prosperidad compartida y un futuro empleo sostenible.

Bibliografía

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *Journal of Economic Perspectives* , 33 (2), 3-30.
- Autor, D. H. (2015). Why are still so many jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives* , 29 (3), 3-30.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. Norton.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Secong Machine Age*. Norton.
- European Comission. (2018). *Future of Work, Future of Society*. European Unión.
- Flamm, K. (2017). *Measuring Moore's Law: Evidence from Price, Cost amd Quality Indexes*. University of Chicago Press.
- Foro Económico Internacional. (Enero, 2020). *Jobs of Tomorrow: Mapping Opportunity in the New Economy*.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). *The Future of Emplyment: How susceptible are jobs to computerisation?* (U. o. Oxford, Ed.)
- Keynes, J. M. (1933). *Economic possibilities for our grandchildren. Essays of persuasion, pp. 358-373*.
- Kochan, T., Helper, S., Kowalski, A., & Van Reenen, J. (2020). *Interdependence of Technology and Work Systems*. MIT Industrial Performance Center. Cambridge: MIT Work of the Future Working Paper.
- Levy, F., & Murnane, R. J. (2004). *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market: Why people still matter*. (P. U. Press, Ed.)
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress ans Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. Norton.
- McCormick, J. (Marzo de 2011). *Weighing History*. Recuperado el 25 de 06 de 2020, de Standford Magazine: <https://stanfordmag.org/contents/weighing-history>

- Mckinsey Global Institute. (Mayo, 2018). *Skill Shift: Automation and the Future of the Workforce*.
- MIT- Massachusetts Institute of Technology. (2019). *The Work Of the Future: Shaping Technology and Institutions (Fall report)*.
- Moore, G. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics* , 38 (8).
- Morris, I. (2010). *Why the West Rules-For now: The Patterns of History, and What They Reveal About the Future*. (S. a. Farrar, Ed.) EE.UU.
- Shapiro, C., & Varian, H. R. (1998). *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*. Harvard Business School Press.
- West, D. M. (2018). The Future of Work: Robots, AI and Automation. 1-59.