# Capítulo I

## Tecnología y empleo: una relación compleja en tiempos de IA (y más si se le añade el género)

A la mayoría de las personas nos preocupan los impactos de la inteligencia artificial sobre nuestros empleos porque, frente a revoluciones tecnológicas anteriores que han desplazado –incluida la primera revolución digital– trabajos manuales y no manuales de carácter repetitivo, ahora es posible sustituir nuestro trabajo intelectual por otro artificial, basado en un conocimiento algorítmico. Esto puede facilitar el empoderamiento humano, pero también manipularnos y subordinarnos. ¿Cómo hacer frente a los efectos negativos? Con educación que nos haga capaces de manejar la IA sin perder nuestras destrezas y habilidades intelectuales, con formación para trabajar de manera colaborativa con la IA, y con gobernanza que ponga límites a los intentos de control y dominación de las personas y de la sociedad por parte de las grandes tecnológicas, así como de poderes no democráticos que puedan utilizar esta poderosa herramienta.

Las expectativas sobre la IA, alimentadas por quienes están invirtiendo miles de millones de dólares en ella, los inversores, pero también las de muchos expertos, son espectaculares y un punto exageradas: las máquinas, los algoritmos, pueden reemplazar a las personas a la hora de pensar cómo defender ante los tribunales al acusado de un delito, afrontar el cálculo de estructuras de un edificio, gestionar un expediente administrativo, emitir un diagnóstico médico, elaborar un análisis de consultoría, supervisar el tráfico aéreo, escribir un guion de cine, una pieza musical o un artículo científico, entre otras actividades en las que la IA trabaja casi de igual a igual con nosotros. Los más pesimistas[1] prevén impactos catastróficos

[1] José María Lasalle (2024) *Civilización Artificial*, Arpa Editores.

sobre el empleo en esta segunda era de las máquinas. Si la primera sustituyó la fuerza y la destreza física, de la segunda se espera que sustituya al cerebro. Los más prudentes constatan, por el contrario, que, hoy por hoy, los impactos de la IA en términos de número de empleos son más bien discretos. Todavía no se aprecian incrementos importantes de productividad derivados de la aplicación por las empresas de sistemas de IA, lo que hace difícil estimar su impacto. Según Acemoğlu y Johnson[2], afectará a no más del 5% del empleo, y esto se deberá no tanto a la utilización de la IA como al modelo de uso que se está imponiendo, de capitalismo individualista y codicioso, propio de los oligarcas tecnológicos, que olvida las enormes posibilidades de la IA para contribuir a superar los grandes problemas de la humanidad. Se orienta, por el contrario, a reducir el empleo y los salarios al máximo, al control exhaustivo de los empleados y muestra pretensiones de gobernar el mundo desde la IA.

En lo que todos están de acuerdo es en que la difusión y aplicación de la IA afectará a todas las ocupaciones y sectores: industria/servicios; ocupaciones rutinarias/no rutinarias; creativas y de cuidados. En anteriores revoluciones tecnológicas, los agricultores se emplearon en la industria; los trabajadores industriales, en la expansión del sector servicios. Esta vez es diferente: se desplaza no solo a los poco cualificados sino a los muy cualificados. Las máquinas ya no son herramientas; son auténticos trabajadores.

Además de sustituir tareas rutinarias en sectores como las manufacturas, el comercio minorista y las tareas administrativas, lo nuevo es que también sustituyen a ocupaciones altamente cualificadas, en las que ciertas funciones se automatizan cada vez más, lo que desplaza un número creciente de trabajadores[3]. Una parte importante del impacto recaerá en los jóvenes que se incorporan al mercado laboral. Muchas tareas rutinarias tradicionalmente desempeñadas por ellos están siendo automatizadas, mientras que la digitalización exige competencias que muchos no han desarrollado todavía. Quedan atrapados, así, en empleos precarios, mal remunerados e inestables, como los vinculados a plataformas digitales, que en muchos casos apenas

[2] Daron Acemoğlu y Simon Johnson (2024) *Poder y progreso*, Deusto.

[3] https://elpais.com/us/economia/2024-09-13/la-inteligencia-artificial-afectara-a-60-millones-de-empleos-en-estados-unidos-y-mexico-en-un-ano.html

cuentan con cobertura de la protección social. No sorprende, por ello, que la pobreza laboral juvenil haya aumentado en las últimas décadas[4].

Tenemos más preguntas que respuestas y necesitamos un marco de análisis para situar esta ola de la IA. Para entender la magnitud de los cambios a los que se enfrenta, nos enfrentamos, los trabajadores, los profesionales y toda la humanidad, es necesario hacer un alto en el camino y reflexionar sobre la relación entre tecnología, empleo y trabajo en perspectiva histórica. La historia de la relación tecnología/empleo a lo largo de las revoluciones tecnológicas de los últimos 250 años nos ayudará; también nos ayudará distinguir entre predicciones –proyección de expectativas– y constataciones –datos reales– así como qué elementos, además de las innovaciones tecnológicas, han contribuido al aumento y a las caídas del empleo y a sus cambios cualitativos. En paralelo, nos permitirá hacer acotaciones sobre dos cuestiones fundamentales: por una parte, la invisibilidad de las mujeres en el diseño de las tecnologías y los sistemas productivos, a pesar de su participación y sus aportaciones notables a la innovación; por otra, sobre hasta qué punto las promesas de progreso derivadas de los avances y las revoluciones tecnológicas mejoran las condiciones de vida y trabajo de las personas, o solo de una parte, mientras que empeoran las de la gran mayoría.

## ¿Cómo hemos llegado hasta aquí? La historia de la tecnología, el empleo y el trabajo, con perspectiva de género

La primera revolución industrial sustituyó la fuerza física, aportando músculo mecánico a la producción y al transporte, con la máquina de vapor en la fábrica, en el ferrocarril y en la navegación transatlántica. Las innovaciones beneficiaron a los propietarios de las empresas y, aunque el empleo no se redujo, los salarios bajos y las deficientes condiciones de trabajo en las fábricas empeoraron las vidas de los trabajadores. Las mujeres y los niños también pasaron del taller familiar a la fábrica y la mina, trabajando en las tareas más penosas, peligrosas y mal pagadas, pero eran invisibles al sistema. Sin embargo, fue una mujer, estudiosa de las matemáticas y la lógica, la condesa Ada Lovelace –hija del poeta Lord Byron y de la matemática

[4] https://elpais.com/economia/2025-08-28/la-tasa-de-jovenes-que-encuentran-trabajo-al-terminar-sus-estudios-vuelve-a-caer-en-europa-11-anos-despues.html

Annabella Millbanke– la persona que en 1845 escribió el primer algoritmo de la historia para explicar el funcionamiento de la calculadora mecánica de Babbage. Ahí tenemos la semilla de la futura IA.

Figura 1

Fuente: Elaboración propia.

La segunda revolución industrial aportó músculo eléctrico a la producción en las fábricas, pero también electrificación e iluminación, tan necesarias en las ciudades y los hogares, y transformó completamente la economía y la sociedad, con nuevos materiales y fuentes de energía, como el acero y el petróleo, e innovaciones como el teléfono y el automóvil, que hicieron cambiar la manera de trabajar, de vivir y de relacionarnos las personas. Los hombres –y muchas mujeres– trabajaban en las cadenas de montaje y, por primera vez, algunas mujeres se incorporaron a las oficinas de las fábricas, que ya eran grandes empresas, para hacer la contabilidad y llevar las tareas administrativas, particularmente en los Estados Unidos, pero también en muchos otros países que se industrializaron. Eran mujeres con educación secundaria y, en algunos casos, universitaria. Desde el Departamento de Astrofísica de

Harvard, por ejemplo, un grupo de mujeres graduadas en Física, Matemáticas y Lógica, calculaba las trayectorias de los planetas. Como lo hacían con regla de cálculo y papel milimetrado, las llamaban «las calculadoras humanas».

El empleo, en conjunto, aumentó, aunque hubo grandes cambios, eliminaciones, desplazamientos y creación de nuevas actividades; perdieron peso las tareas manuales tradicionales y las habilidades artesanales ligadas a ellas. Tareas y habilidades progresivamente sustituidas por empleos poco cualificados; con duras condiciones de trabajo, en procesos mecanizados y automatizados, al tiempo que nuevas cualificaciones surgían repletas de nuevas habilidades cada vez más intensivas en conocimiento (administrativas y de gestión, científicas y técnicas, titulaciones de enfermería, profesoras, etc.).

Los 30 años siguientes (1914-1945) de guerras y crisis económicas fueron, desgraciadamente, muy destructivos para la población. En la Primera Guerra Mundial (1914-1918) murieron unos 20 millones de personas, entre civiles y militares. En la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), cerca de 70 millones. Las guerras estimularon todavía más el desarrollo de los descubrimientos e innovaciones tecnológicas porque, si hay algo constatable en la historia de la humanidad, es que, en situaciones bélicas, los Estados no escatiman el gasto en inventar nuevas armas para destruir al enemigo. Las innovaciones tecnológicas de estas dos guerras mundiales están en el origen de las tecnologías digitales, y algunas que son claves para nuestra vida cotidiana fueron desarrolladas por mujeres. Valgan algunos ejemplos de ello, entre otros muchos más que podríamos citar:

- Hedy Lamarr inventó en 1942 el sistema de saltos de frecuencia en el envío de mensajes cifrados para que no los pudiera captar el ejército nazi, y esta innovación ha sido clave para el desarrollo de innovaciones como el wifi, el GPS y el bluetooth.
- Kay Antonelli, Jean Bartik, Betty Holberton, Marlyn Meltzer, Frances Spence y Ruth Teitelbaum son las seis mujeres matemáticas y lógicas que, en 1946, programaron el ENIAC –el primer ordenador de propósito general a gran escala– e inventaron el *software*.
- Grace Hopper, doctora en Matemáticas y Almirante de la *Navy* estadounidense que, preocupada por facilitar la comunicación entre las personas y las nuevas máquinas –los ordenadores–, desarrolló en 1952 el primer *compilador* de la historia, el primer programa que permitió que el lenguaje de programación se aproximara al máximo al lenguaje humano.

También durante las dos guerras mundiales, las mujeres sustituyeron a los hombres en las fábricas de armamento, de vehículos, de uniformes militares y todo tipo de textiles, así como de alimentación. Una vez finalizadas las contiendas, muchas de ellas siguieron trabajando, y este fue el comienzo de la incorporación masiva de las mujeres al empleo y al sostenimiento de los hogares, que comprobamos hoy que no tiene vuelta atrás.

Pero, si las revoluciones tecnológicas destruyeron puestos de trabajo a la vez que creaban muchos más empleos nuevos que los que desplazaban, y el paro globalmente no aumentaba por la introducción de innovaciones, ¿qué causó, entonces, las grandes caídas del empleo en las décadas de 1930 y 1970? Fueron otros problemas, los denominados *shocks de demanda y de oferta*. La Gran Depresión de los años 30 es el principal ejemplo de *shock de demanda*. La productividad había crecido muchísimo, en torno al 30%, por las innovaciones tecnológicas y organizativas derivadas de la Primera Guerra Mundial. Los salarios, sin embargo, habían crecido muy poco, de manera que no había compradores para tantas innovaciones y las empresas tenían que dejar de fabricar. Las tasas de paro se situaron en torno al 30%, con millones de parados deambulando por las ciudades y los campos en los Estados Unidos y en Europa. La Gran Depresión se superó con políticas de grandes inversiones públicas para tirar adelante de la economía y del empleo.

Las durísimas experiencias de las dos guerras mundiales y la Gran Depresión de los años 30 propiciaron el establecimiento, a partir de 1945, de un pacto social que permitiera compartir, entre todos los sectores sociales, el progreso económico generado por el enorme caudal de avances tecnológicos acumulados en todo el periodo de guerras y crisis económicas. Este sistema de *prosperidad compartida* propició la *edad de oro* del capitalismo (1945-1973)[5], con tasas de crecimiento económico muy elevadas –por encima del 5% anual– gracias a la inversión pública y a la colaboración de los agentes sociales y políticos. Los beneficios del crecimiento se compartían en un sistema de buenos empleos y buenos salarios, sustentado en un sistema fiscal progresivo y la creación de un estado de bienestar: sanidad y educación públicas financiadas con impuestos, así como seguro de desempleo y pensiones públicas financiadas con cotizaciones. Las mujeres fueron ignoradas y nunca estuvieron presentes en el diseño de este sistema, que pivotaba sobre el

[5] Maddison op.cit.

trabajador varón como sostenedor del hogar y cuyas cotizaciones proveían a la familia del acceso a los servicios públicos de salud, asistencia social, pensiones, etc. Sin embargo, se beneficiaron enormemente de la generalización de la Educación Primaria, la Educación Secundaria y la universitaria, tanto para ellas como para sus hijos e hijas. Además de dejarles unas horas libres para trabajar fuera del hogar –mientras las criaturas estaban en la escuela– la sanidad pública las apoyaba en las tareas de cuidados. En consecuencia, la participación laboral femenina aumentó considerablemente.

La *edad de oro* es también el periodo en el que el 35% de los programadores en los Estados Unidos eran mujeres. Por ejemplo, en la misión Apolo que el 11 de julio de 1969 llevó a los astronautas Neil Armstrong y Edwin Eugene Aldrin (Buzz" Aldrin) a pisar la superficie lunar, participaron numerosas mujeres científicas. Entre ellas destaca Margaret Hamilton, la más joven del equipo, que diseñó un programa para que el ordenador de a bordo no se bloquease en caso de problemas. Este programa fue clave para el aterrizaje exitoso en la luna. Muchas de ellas eran afroamericanas, como Katherine Johnson y sus compañeras, cuya historia se relata en la magnífica película *Hidden Figures (Talentos Ocultos)* porque, siendo científicas clave del programa, fueron ocultadas al conjunto de la población, como si no existieran. De hecho, ni siquiera contaban con un aseo de mujeres en su oficina, sino que tenían que desplazarse a otro edificio.

Figura 2

Mujeres fueron también las inventoras del horario flexible y el teletrabajo (en 1957, Elsie Shut y su empresa *Computations*; en 1962, Stephanie Shirley y *Freelance Computers*) Desde sus hogares y combinando con el cuidado de sus bebés, muchísimas mujeres perforaban las fichas con las que se programaban los ordenadores. Inventaron también los primeros ordenadores de oficina, en realidad procesadores de texto, con Evelyn Berezin y *Data Secretary* en 1971. Estas innovaciones, por una parte, facilitaron enormemente el trabajo de las secretarias, pero también contribuyeron a que su número se redujera considerablemente.

El sistema de prosperidad y progreso compartidos se benefició, además, de una oferta de energía abundante y barata: el petróleo. Sin embargo, en 1973 los precios del petróleo subieron desproporcionadamente por la guerra árabe-israelí, y en 1979 todavía más por la revolución iraní. Las dificultades de la producción industrial por el encarecimiento de costes –inflación en este largo *shock de oferta*– provocó caídas de la producción y del empleo, con tasas de paro que alcanzaron el 10% (en España el 20%) en la conocida como *crisis del petróleo* y la larga década de destrucción de empleo industrial que la siguió.

A pesar de las dificultades e incluso de las crisis económicas más agudas, como la crisis financiera de 2008 y la Gran Recesión, cuando en España la tasa de paro alcanzó su nivel más alto, el 26% en 2013, con casi 6 millones de desempleados, las mujeres continuaron mejorando sus niveles educativos y su participación laboral, combinando estudios, empleo y maternidad según sus deseos. Lo que pasa es que lo hicieron en condiciones contractuales, salariales y de carrera peores que las de los hombres. Además, las revoluciones tecnológicas por venir, tal vez por un sesgo masculino, no incorporaron a las mujeres, en muchos casos mejor preparadas, en la misma medida que a los hombres.

La tercera revolución industrial, la revolución de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), de la digitalización, tiene su punto de partida en la utilización de materiales, como el silicio, que hacen posible la *miniaturización* de componentes. Los microprocesadores eran dispositivos cada vez más pequeños, con circuitos impresos crecientemente complejos y una capacidad de procesamiento de información que se incrementa exponencialmente. Esto permitirá pasar la información desde

el formato físico o analógico al formato digital, inmaterial, más fácil de almacenar, transmitir y procesar a través de dispositivos y redes tecnológicas. Los ordenadores serán cada vez más pequeños y manejables, pero mucho más potentes.

En 1984, los ordenadores personales (*personal computer*, los PC de IBM y Macintosh de Apple) irrumpen en las universidades norteamericanas y en los hogares y, a partir de ahí, cualquier persona, no solo los expertos informáticos, podrá acceder y desenvolverse en el mundo digital, en principio y con unos conocimientos relativamente accesibles.

Lo anterior se completará, diez años después, con la eclosión de internet en 1995. El desarrollo de las telecomunicaciones había facilitado la creación de una infraestructura global de redes de ordenadores. En 1985, se estableció internet como tecnología estándar y se acuñó el término *ciberespacio*. Sobre esta base se creó la World Wide Web (WWW), que permite el acceso a información a través de hipervínculos.

Figura 3

Fuente: Elaboración propia.

La generalización del uso de la informática y posteriormente internet permitió sustituir tareas no manuales, pero sí repetitivas, y afectó, por primera vez, no solo a la industria sino también a los servicios financieros, comerciales, turísticos, las administraciones públicas, eliminando empleos, transformando tareas y puestos de trabajo, e introduciendo el autoservicio de los usuarios.

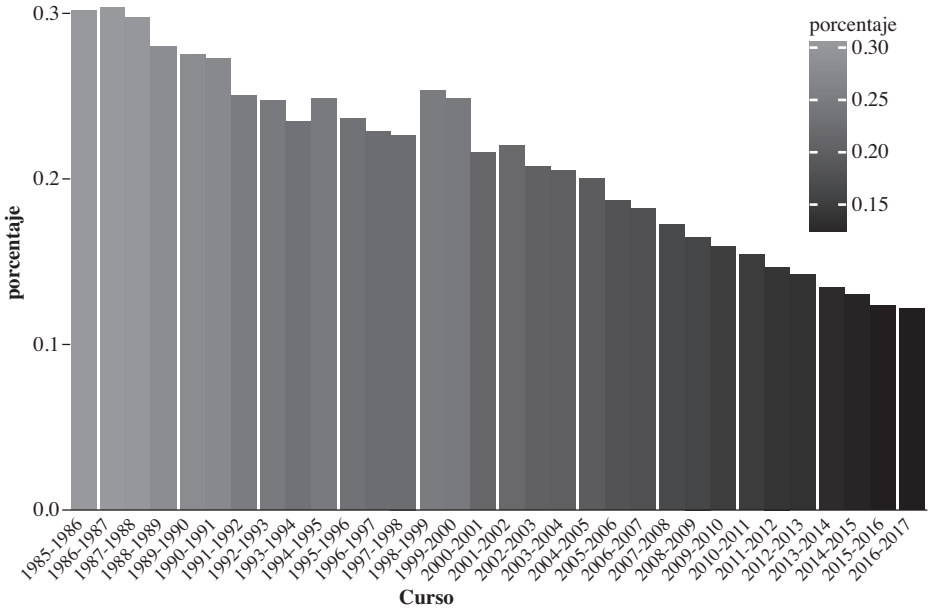
> «Por cada puesto de trabajo que se destruyó con la creación de Internet se crearon 2,6. No eran los mismos, pero en cada revolución industrial los trabajos se han transformado, no destruido. Lo distinto esta vez es que está ocurriendo mucho más rápido, más horizontal y de una manera mucho más profunda, y los humanos no somos precisamente buenos para adaptarnos de forma rápida a cambios drásticos. Pero es lo que tenemos que hacer».
>
> PILAR MANCHÓN
> Directora de IA de Google, en La Vanguardia, 5 de marzo 2025

Las aportaciones de las mujeres a este intenso proceso de generación de innovaciones hacia la digitalización también fueron reseñables. Los hombres se concentraban en el *hardware*, mientras que las mujeres seguían teniendo un papel importante en el *software*, siempre facilitando la comunicación persona-máquina. Susan Kare diseñó los iconos que permitían a los usuarios de Macintosh trabajar con menús interactivos –en lugar de complejos códigos de instrucciones para manejar los PC de IBM– y es conocida como la mujer que le dio la sonrisa al ordenador. Al encender un Macintosh, la pantalla mostraba una cara sonriente.

También fueron importantes las aportaciones de mujeres al desarrollo de internet. Edna Hoover desarrolló un algoritmo para la conmutación automática de llamadas telefónicas por ordenador, que resultó clave para que hoy podamos enviar y recibir miles de correos electrónicos. Elizabeth Feinler diseñó un primer *Who is who* (Quién es quién) en Arpanet, el antecedente científico-académico de internet, así como unos primeros mapas de dominios de la red. Karen Catlin aportó el *hipertexto* (enlaces o links); Janet Walker los marcadores.

La generalización del uso de ordenadores y la eclosión de internet acrecentaron la relevancia del *software* y su inmediata masculinización. Cuando trabajar en *software* empieza a ser más remunerativo, los hombres desplazan a las mujeres y empieza un rápido proceso de decadencia de la matrícula femenina en los estudios de informática y del empleo de mujeres en el sector. En España, por ejemplo, la matrícula pasó de un 30% de mujeres en el curso 1985-1986 al 12% en el curso 2016-2017.

Gráfico 1. Evolución de la matrícula en los estudios de informática en España 1985-1986 a 1916-1917[6]




Salvo un pequeño cambio de tendencia en los cursos de 1997 a 1999 que corresponderán al primer pico, el descenso ha sido constante, desde un porcentaje inicial del 30% a un porcentaje total alrededor del 12%; es decir, aproximadamente de cada diez matrículas en Informática en las universidades españolas, una corresponde a una mujer.

Sobre la base de la digitalización y el desarrollo de internet, pero ya en el siglo XXI, irrumpe la cuarta revolución industrial, la de la inteligencia

[6] Fuente: Melero, J. y Melero, C. (2017) *Evolución de la matrícula femenina en el grado de Informática en universidades públicas españolas*. Informe Proyecto Género en estudios de informática. GeNeura, Universidad de Granada.

artificial. En ella convergen algoritmos cada vez más sofisticados, que se entrenan con datos masivos (*big data*) y permiten aprender a las máquinas y sistemas el razonamiento y la creatividad. También facilitan que, desde el móvil, podamos controlar, por ejemplo, la temperatura de nuestro hogar (internet de las cosas). La base son sistemas de algoritmos que utilizan datos masivos para reproducir las acciones de las personas y sustituirlas en tareas y decisiones complejas. La IA no es un sector más; su alcance es global y transversal a todos los sectores y profesiones, desde la actividad científica hasta la práctica de la medicina, la educación, energía, agricultura, medio ambiente, ciudades sostenibles, servicios públicos, cinematografía, gestión empresarial, derecho, periodismo, psicología. Y lo hace a una velocidad sin precedentes. Su materia prima son los datos, lo que plantea retos de privacidad, ética, seguridad jurídica, consentimiento, etc.

A partir de 2007, cuando Steve Jobs presentó el iPhone –precedido por el iPod, ya con pantalla táctil– se produjo la inmediata generalización del uso de los teléfonos inteligentes, auténticos ordenadores de bolsillo conectados permanentemente a internet y con aplicaciones de IA. De nuevo cambia nuestra manera de trabajar –teletrabajo, plataformas, etc.– de vivir y de relacionarnos. La creación de las redes sociales y su crecimiento desmesurado, tienen un impacto enorme en cada vez más aspectos de la vida individual, familiar, social y laboral. En las redes sociales participamos de forma aparentemente gratuita, pero el precio son nuestros datos, qué hacemos, por dónde navegamos, qué compramos, cuáles son nuestros intereses, también una de las principales fuentes de datos para entrenar los modelos de IA.

A pesar de la escasa presencia femenina en el ámbito de la IA –tanto a nivel global como en la Unión Europea, como constatan anualmente los estudios del *Global Gender Gap* (WEF) y también los del Instituto Europeo de Igualdad de Género (EIGE)– queremos subrayar las importantes contribuciones de dos mujeres españolas en este ámbito, que ejemplifican una clara vocación de IA humanista y orientada a resolver problemas de las personas, tanto en el ámbito individual como ante los riesgos globales.

Nuria Oliver, doctora en inteligencia artificial por el MIT, cofundadora y directora de la Fundación ELLIS Alicante –instituto de investigación de la IA centrada en la humanidad–, *chief data scientist* en Data Pop Alliance y académica numeraria de la Real Académica de Ingeniería de España.

Elena García Armada, ingeniera industrial que desde el CSIC lideró el grupo que desarrolló el primer exoesqueleto biónico del mundo para niños con atrofia muscular espinal, y en la actualidad fundadora y presidenta de Marsi Bionics, empresa que ha desarrollado esta tecnología para niños con patologías neuromusculares y parálisis cerebral.

Desde hace más de cuatro años la inteligencia artificial generativa (IAG) atrae toda nuestra atención, con potencialidades enormes para crear contenidos de calidad, generar datos, gráficos, tablas e imágenes; completar/sustituir el trabajo humano y democratizar la información. Pero, como señala el Informe del CES 2024[7], también inmensos desafíos, ya que, además de las dificultades para su control y supervisión, y los desafíos éticos, legales y sociales que plantea, puede limitar la creatividad de sus usuarios, los contenidos generados pueden ser falsos, los sesgos de la información –de género, raza, y otros– pueden amplificarse. Por otra parte, pone en peligro inminente de desplazamiento, e incluso desaparición, a profesiones humanísticas y artísticas como traducción, diseño de imágenes, documentación y elaboración de guiones y muchas más.

[7] Consejo Económico y Social de España Memoria sobre la situación socioeconómica y laboral. España 2024 (Resumen Ejecutivo) https://www.ces.es/documents/10180/5361467/RESUMEN_EJECUTIVO_MEMORIA_2024.pdf