

La transformación del trabajo y el empleo en la era de la inteligencia artificial

Análisis, ejemplos e interrogantes

Salima Benhamou



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Ministerio de Asuntos Exteriores
de Noruega

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 www.cepal.org/es/publications

 www.cepal.org/apps

La transformación del trabajo y el empleo en la era de la inteligencia artificial

Análisis, ejemplos e interrogantes

Salima Benhamou



Ministerio de Asuntos Exteriores
de Noruega

Este documento fue preparado por Salima Benhamou, Economista, Consultora de la Unidad de Estudios del Empleo de la División de Desarrollo Económico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y coordinado por Sonia Gontero, Oficial de Asuntos Económicos de la División de Desarrollo Económico de la CEPAL, en el marco del proyecto de la Cuenta de las Naciones Unidas para el Desarrollo "Transformaciones tecnológicas en América Latina: fomentando empleos productivos y enfrentando los desafíos de nuevas formas de informalidad" y del proyecto de cooperación entre la CEPAL y el Gobierno de Noruega "Enhancing human capacities throughout the life cycle for equality and productivity".

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de la autora y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2022/85
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2022
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.22-00188

Esta publicación debe citarse como: S. Benhamou, "La transformación del trabajo y el empleo en la era de la inteligencia artificial: análisis, ejemplos e interrogantes", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2022/85), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Introducción	5
I. El potencial y las limitaciones de la inteligencia artificial	9
A. ¿Qué es capaz de hacer la inteligencia artificial?	9
B. ¿En qué no puede sustituir la inteligencia artificial a un ser humano?	10
II. Evaluación del impacto de la inteligencia artificial: existen limitaciones, pero también cauces prometedores	13
A. ¿Qué dicen las estimaciones actuales sobre el impacto de la inteligencia artificial?	13
B. Las estimaciones actuales presentan importantes limitaciones	15
1. Las estimaciones actuales no distinguen entre los impactos que sustituyen al trabajo humano y los que lo complementan	15
2. El riesgo de automatización no se limita a lo que es técnicamente factible para la inteligencia artificial	16
C. El siguiente paso en la evaluación del impacto de la inteligencia artificial: el análisis de microdatos	17
III. El aporte del análisis sectorial al entendimiento de la transformación del trabajo	21
A. El impacto de la inteligencia artificial en el sector de la salud	22
1. ¿Cómo se complementan la inteligencia artificial y la salud?	22
2. Campos de aplicación de la inteligencia artificial en el sector	23
3. La hipótesis de una sustitución total de los profesionales de la salud por la inteligencia artificial es más ficción que realidad	24
4. La inteligencia artificial puede suponer una oportunidad para repensar el sistema de salud de forma más integrada y sistémica	26
5. El impacto de la inteligencia artificial en las profesiones de la salud	27
B. El impacto de la inteligencia artificial en el sector del transporte	30
1. Campos de aplicación de la inteligencia artificial en el sector	31
2. Impacto en el empleo, las ocupaciones y las competencias	32

C.	El impacto de la inteligencia artificial en el sector bancario	35
1.	Campos de aplicación de la inteligencia artificial en el sector.....	35
2.	Impacto en el empleo, las ocupaciones y las competencias.....	35
D.	¿Qué enseñanzas pueden extraerse de este análisis sectorial?	37
1.	El impacto de la inteligencia artificial puede ir desde la transformación y la eliminación de tareas dentro de una profesión hasta la creación de nuevas tareas.....	37
2.	Numerosos beneficios para los trabajadores en lo relativo al aprendizaje continuo, la organización del trabajo y la valorización de las competencias sociales y humanas.....	38
3.	Paradójicamente, la IA puede disminuir algunas capacidades cognitivas humanas y empeorar las condiciones laborales	39
4.	El caso de los robots colaborativos	40
5.	Otra paradoja de la IA es que en determinadas situaciones laborales puede reforzar tareas muy repetitivas	41
6.	Mayor riesgo de control y vigilancia en el lugar de trabajo	41
IV.	Debate general y recomendaciones	43
A.	Promover un marco moral y ético para regular la implantación de la inteligencia artificial	44
B.	La inteligencia artificial destaca la importancia de aprender a aprender.....	45
C.	Adaptar la formación inicial y continua al imperativo de aprendizaje	45
D.	La complementariedad entre humanos y máquinas requerirá un nuevo paradigma organizacional	46
E.	La organización discente surge para promover la complementariedad inteligente y responsable entre humanos y máquinas	47
F.	La organización discente también promueve una mejor calidad del trabajo y una mayor difusión de las innovaciones	48
G.	Lanzar programas nacionales de apoyo al cambio organizacional	48
H.	Reforzar la investigación para evaluar el impacto real de la inteligencia artificial en el trabajo	49
I.	Propiciar un diálogo con múltiples partes interesadas sobre nuestra relación con la tecnología	50
	Bibliografía.....	51

Introducción

La inteligencia artificial (IA), así como las transformaciones económicas y sociales que puede generar, ocupan un lugar central en los debates actuales. En los dos últimos decenios se han producido grandes avances en la IA, sobre todo gracias a la recopilación masiva de datos (*big data* o macrodatos), el aumento de la capacidad de computación y el desarrollo de nuevas técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*). Los continuos avances tecnológicos también están dando lugar a captadores más eficaces y baratos que recogen datos más fiables para los sistemas de IA. Dichos avances tecnológicos han permitido, por lo tanto, integrar la IA en un gran número de procesos que antes requerían la intervención humana. La automatización de tareas que dependen, por ejemplo, de habilidades perceptivas como ver y oír, algo natural para los seres humanos, estaba hasta hace poco fuera del alcance de las máquinas. Si bien la tecnología no es infalible y la velocidad de los avances sigue siendo incierta, la IA presenta un potencial que podría facilitar la automatización de tareas aún más complejas, lo que la haría competir aún más con las capacidades cognitivas humanas. La victoria de una computadora en el juego del Go es uno de los ejemplos más emblemáticos del progreso alcanzado en este ámbito.

Lo que diferencia a la IA actual de otras tecnologías de automatización (robotización, computadoras, máquinas automatizadas u otras) es que se basa en un mecanismo de aprendizaje en el que la acumulación de datos permite la mejora continua de los dispositivos. Esta capacidad de autoperfeccionamiento le permite asumir una mayor variedad de tareas, hasta el punto de que un día, en 10 o 20 años (o más, dependiendo de la tarea), podría traspasar los límites de lo tecnológicamente posible. Los vehículos autónomos son un ejemplo representativo de ese horizonte que, aunque pueda parecer lejano, ya se está acercando.

También es impresionante el amplio abanico de ámbitos en que puede aplicarse la IA, que abarca sectores como la salud, la banca, el transporte y la industria, por citar algunos. Su vasto alcance y capacidad de autoperfeccionamiento hacen de la IA una tecnología genérica y versátil, capaz de desarrollar innovaciones complementarias en otros sectores de actividad (Bresnahan y Trajtenberg, 1992).

Así pues, la IA podría transformar profundamente el mundo del trabajo, la economía y la sociedad en su conjunto, al igual que lo hicieron en su momento la electricidad y la máquina de vapor (Brynjolfsson y McAfee, 2014). Para algunos economistas, los continuos avances en el campo de la IA podrían incluso conducir a una singularidad, un punto de inflexión en el que la inteligencia artificial superaría a la humana (Nordhaus, 2015), con todas las consecuencias que cabe imaginar para el lugar y el papel de los seres humanos en el mundo del trabajo. Por mucho que la posibilidad de una singularidad siga siendo altamente hipotética por el momento, los recientes avances de la IA están generando debates muy controvertidos.

Algunos observadores ven en la IA una auténtica oportunidad, tanto económica (aumento de la productividad, optimización de los procesos de producción, creación de nuevos mercados y difusión de la innovación, entre otros) como social (creación de nuevas tareas de alto valor agregado y eliminación de tareas repetitivas y rutinarias, entre otros). Además, sostienen que la capacidad de la IA para producir otras innovaciones podría generar nuevas industrias, de la mano de nuevos productos y servicios y nuevos puestos de trabajo y profesiones (como científicos de datos o programadores de IA).

Otros observadores, en cambio, muestran cierto pesimismo y ven en la IA una amenaza real para el empleo y las condiciones laborales. La intensificación del trabajo, la deshumanización de las relaciones interpersonales, una mayor fragmentación laboral y el control de los trabajadores reforzado por los algoritmos de la IA son algunos de los riesgos que podrían enfrentar los trabajadores con el advenimiento de la era de los macrodatos y la IA. En particular, son conocidos los debates que suscitan las condiciones de trabajo en determinados almacenes en los que existe un control automatizado de los empleados por medio de dispositivos con síntesis de voz. Ninguno de estos factores es totalmente novedoso, y tan válida es la hipótesis de mejora de las condiciones laborales como la de la alienación y la intensificación del trabajo.

Sin embargo, más allá de estas dos visiones extremas, en la actualidad no existe un consenso claro sobre los efectos de la IA, ya sea en el nivel de empleo o en la calidad de este y del trabajo. Esta situación da lugar a inquietudes y temores legítimos sobre el futuro del trabajo. En particular, varias encuestas han revelado altos niveles de ansiedad sobre los posibles efectos económicos y sociales de los recientes avances en IA (Smith y Anderson, 2017). Estas preocupaciones no se limitan al ámbito del trabajo, sino que tienen que ver con cuestiones más fundamentales, como las relacionadas con la ética (la protección de datos personales, la responsabilidad del diseñador o del usuario, el control de los individuos, y otras) (Rainie, Anderson y Vogels, 2021).

Aunque siempre es difícil saber con certeza lo que ocurrirá dentro de 10 o 20 años, sí sabemos que la tecnología y el alcance de su despliegue contribuirán a cambios en el mundo del trabajo, pero no serán los únicos determinantes de estos cambios: el entorno jurídico y normativo; el contexto económico, en particular en lo relacionado con la competencia; la demografía; la adaptación de las competencias, o la aceptación social de la tecnología contribuirán a moldear esa nueva forma de trabajar (Benhamou y Janin, 2018).

Asimismo, es sabido que en materia de tecnología no hay determinismo: sus efectos dependerán sobre todo de cómo la utilicemos, de nuestra relación con ella y de los objetivos que nos fijemos colectivamente. La confluencia entre la tecnología y los usos que hagamos de ella es lo que determinará en gran medida los escenarios futuros, ya sean disruptivos o progresivos, positivos o negativos. Lo que ocurra dependerá, sobre todo, de los gobiernos y de las orientaciones que decidan dar al uso de la IA en el mundo laboral para que los individuos la sientan como propia, la comprendan y la aprovechen en su trabajo diario, en términos de desarrollo profesional y personal.

De esta forma, los cambios que experimentará el mundo del trabajo en el futuro no seguirán un camino único; es ahí donde debe centrarse el esfuerzo de los poderes públicos: en trazar una vía que se corresponda con las expectativas sociales de los ciudadanos, estableciendo los controles adecuados en temas críticos—responsabilidad, seguridad y otros— y acompañando los cambios de forma que el tejido social y económico se ajuste de forma natural a ellos.

Por último, el efecto que tenga la utilización de la IA también se derivará de las decisiones que se tomen en materia de reorganización del trabajo, que a su vez dimanarán de las estrategias de desarrollo que adopten las empresas, de la forma en que se repartan las ganancias de productividad y de cómo elijan organizar las tareas y actividades.

Por lo tanto, es necesario prepararse para la inteligencia artificial, no porque su llegada y la de la era de los macrodatos sean imparable, sino porque las posibilidades tecnológicas que conllevan pueden presentar nuevas perspectivas tanto a nivel individual como de las organizaciones públicas y privadas. Sería un error considerar estas transformaciones como ineludibles; se trata de elecciones colectivas. El reto será prepararse para el cambio, ya sea gradual o abrupto, para garantizar un mercado laboral lo más inclusivo y protector posible. Desde esta perspectiva, la IA no se sufre, sino que se elige. En definitiva, el principal reto no es tanto anticipar las condiciones de la sustitución de los humanos por las máquinas, sino encontrar las medidas más eficaces para que las máquinas sigan estando al servicio de los humanos y que las ganancias económicas y sociales vinculadas a la IA beneficien al mayor número de personas posible.

Así pues, el objetivo de este estudio es concebir la IA de la forma más realista posible, de manera que las organizaciones puedan determinar los riesgos y beneficios que conlleva para los trabajadores y las condiciones organizativas más favorables para garantizar un alto nivel de calidad del trabajo y de difusión de las innovaciones. En este trabajo se señalan en primer lugar los límites inherentes a esta tecnología, sin por ello subestimar su potencial. Es esencial partir de la realidad de la IA para entender lo que puede hacer en lugar de los humanos y lo que no, al menos hasta dentro de varias décadas. En segundo lugar, se analiza la medición, en el contexto de la investigación en el ámbito económico, de los impactos de la IA en el empleo, los salarios y las ocupaciones, así como las principales enseñanzas extraídas. En particular, se proponen nuevas vías y enfoques, complementarios a los existentes, para investigar más a fondo los efectos de la IA en el empleo y el trabajo. En el artículo se presentan ejemplos sectoriales que permiten analizar con más detalle y de forma multidimensional las transformaciones del trabajo: ¿cómo puede la IA transformar el trabajo en cuanto a su contenido y a la forma de trabajar con otros o de interactuar con las máquinas? ¿Cómo puede influir en la dinámica de aprendizaje de un oficio? ¿Cómo pueden evolucionar las profesiones y las competencias? ¿O en qué casos puede la IA sustituir algunas tareas y complementar otras?

Por último, a la luz de estos análisis, se esbozan los principales retos y desafíos que plantea la IA y se formulan recomendaciones para los responsables de la toma de decisiones, ya sean públicos o privados (gobiernos, organizaciones internacionales, sindicatos y sociedad civil).

I. El potencial y las limitaciones de la inteligencia artificial

A. ¿Qué es capaz de hacer la inteligencia artificial?

La disciplina científica que trata la IA no es nueva en absoluto; sus fundamentos se remontan a los inicios de la informática en las décadas de 1940 y 1950, e incluye numerosos métodos diferentes cuyo objetivo es reproducir las funciones cognitivas a través de la informática. El término "inteligencia artificial" fue acuñado en 1956 por John McCarthy, quien fue uno de los padres fundadores del campo junto con Allen Newell y Herbert Simon.

Aunque los principios de la IA sean de larga data, hay un paso significativo que se ha dado en los últimos años: una de las ramas de la IA, denominada aprendizaje automático, ha avanzado de forma espectacular en el último decenio, sobre todo en el ámbito del aprendizaje profundo, que implica el uso de redes neuronales artificiales (Chollet, 2018). La notable eficacia de las redes neuronales profundas multicapa ha permitido, por ejemplo, realizar tareas de clasificación, especialmente de imágenes, tras una fase de aprendizaje basada en un gran número de ejemplos. Esta técnica de aprendizaje basada en sofisticados modelos estadísticos ha sido posible gracias al acceso a grandes cantidades de datos (macrodatos) y al mayor rendimiento de las capacidades de computación y almacenamiento de datos.

En términos generales, el aprendizaje automático se refiere a un conjunto de técnicas que permiten a las máquinas aprender de forma automatizada mediante patrones de inferencia a partir de datos, en lugar de mediante instrucciones humanas explícitas. Al introducir en las máquinas datos asociados a un conjunto de reglas, etiquetados como pares de entrada y salida, estas aprenden a alcanzar un resultado. A continuación, se pueden aplicar dichas reglas a otros datos para obtener nuevas respuestas. En el caso de los modelos de aprendizaje supervisado, que son la principal forma de aprendizaje automático utilizada en las aplicaciones industriales, esto implica el entrenamiento de una red neuronal multicapa con grandes cantidades de datos etiquetados manualmente.

El reconocimiento de patrones, por ejemplo, es algo que parecía requerir la inteligencia humana, dadas las dimensiones casi infinitas del problema que había que resolver (el número de parámetros que caracterizan una imagen). Sin embargo, los avances en estas nuevas técnicas de aprendizaje demuestran que no es así. Es aquí donde entra en juego la reciente revolución de la IA que está suscitando tantas preocupaciones y nuevas preguntas sobre la transformación del trabajo: ahora, las máquinas son capaces de efectuar una nueva categoría de tareas "cognitivas". Esto sucedió en su día con los trabajos que exigían un esfuerzo físico, que pasaron a ser tarea de las máquinas de vapor, los motores eléctricos o los motores de combustión; así ocurrió una vez más en el pasado reciente, cuando la tecnología de la información desarrolló las capacidades de cálculo y de clasificación basada en reglas programables, y lo mismo ocurre ahora con la clasificación basada en modelos, ya sea de imágenes, sonidos, videos o textos.

En la actualidad, la IA abarca una serie de ámbitos de aplicación, como el razonamiento lógico, la representación del saber, el reconocimiento de imágenes, la percepción y el procesamiento del lenguaje natural. Estos avances simplifican de manera radical la interacción entre humanos y máquinas: permiten entablar conversaciones sencillas con las máquinas, traducir textos de forma rápida y eficaz, realizar reconocimiento facial, desarrollar modelos predictivos o incluso realizar un mantenimiento predictivo en el que se detecten rápidamente las fallas. Estos ámbitos de aplicación ya existen, si bien están estrechamente relacionados con el grado de digitalización de las actividades en cuestión¹.

Sin entrar en los detalles de estas tecnologías, cabe señalar simplemente que replican clasificaciones existentes o cumplen objetivos claros, como ganar un juego o responder a una pregunta concreta. Si bien desde un punto de vista teórico aún no es posible comprender del todo los mecanismos exactos que conducen a la eficacia de estas tecnologías, cabe afirmar que funcionan de manera determinista y controlada. Es el programador de IA quien elige la arquitectura de *software* (tipo de red neuronal, número de capas y otros), el método de aprendizaje (algoritmo de inicialización y actualización de los pesos de cada neurona) y los datos de entrenamiento que se van a utilizar. Por lo tanto, estamos lejos de un sistema capaz de pensar por sí mismo y de actuar de forma autónoma, que funcione independientemente de su diseñador.

Estas tecnologías avanzadas pueden tener una capacidad real de aprendizaje: exploran de manera automática un espacio de soluciones mucho mayor de lo que podría haber imaginado el diseñador del algoritmo. Así es como el programa AlphaGo, cuyo entrenamiento inicial en el juego del Go se basó en millones de partidas grabadas, pudo luego mejorar sus estrategias jugando contra sí mismo. Este ejemplo no demuestra que el programa informático posea inteligencia o conciencia, sino más bien una capacidad para resolver problemas complicados que se caracterizan por la existencia de varias soluciones posibles.

B. ¿En qué no puede sustituir la inteligencia artificial a un ser humano?

Pese a los considerables avances de la IA en los últimos años, la tecnología presenta varias limitaciones que le impiden competir con los humanos en tareas o actividades complejas, pero también en tareas manuales que podrían parecer muy sencillas. Estas limitaciones tienen que ver principalmente con el acceso a los macrodatos y la calidad de estos, y con la incapacidad de la IA para comprender y explicar mecanismos complejos que no se basan en leyes deterministas.

En primer lugar, en cuanto al uso de macrodatos, la IA necesita enormes capacidades de computación para entrenar los algoritmos de aprendizaje profundo. Por ejemplo, según Jangquing Jia, Director de Ingeniería de la plataforma de IA de Facebook, el entrenamiento de un modelo típico de

¹ Véase un panorama general de las aplicaciones del aprendizaje automático en Alpaydayn (2016).

ImageNet requiere una potencia de cálculo de aproximadamente un exa-FLOPS². Para que alcanzara la capacidad del cerebro humano, haría falta un aumento de varios órdenes de magnitud en la potencia de cálculo de la IA, algo difícil de alcanzar hoy en día. Esto supone una importante limitación.

En segundo lugar, en el entrenamiento de los algoritmos se requieren datos completamente limpios y bien anotados por humanos (como en el caso de los datos empleados para reconocer ciertas enfermedades), lo que puede requerir un esfuerzo considerable, especialmente a la hora de entrenar grandes redes neuronales. El trabajo consiste en preparar los datos de una forma específica para el entrenamiento de los algoritmos, limpiándolos, anotándolos y convirtiéndolos a un formato que pueda ser utilizado por los usuarios. Por ejemplo, ImageNet, una base de datos de imágenes, tardó nueve años en completarse y sus colaboradores anotaron manualmente más de 14 millones de imágenes. Además, los datos deben ser lo suficientemente representativos del problema que se debe resolver. Como es de esperar, cuando los datos no han sido recogidos para responder al objetivo del desarrollador del programa surgen numerosos problemas en términos de su explotación y explicabilidad.

Por otro lado, la calidad de los sistemas de IA también depende de la base de entrenamiento sobre la que se ha construido el algoritmo. Si los datos de entrenamiento contienen sesgos en cuanto a factores como el género o la ubicación geográfica, el algoritmo evidentemente reproducirá dichos sesgos en sus recomendaciones. A su vez, estos sesgos pueden dar lugar a diferencias de trato entre los individuos y llevar a cuestionar el valor que se da a las decisiones tomadas por los algoritmos. Por ejemplo, un estudio reciente demostró que un algoritmo de predicción del riesgo utilizado para determinar la cuantía de las ayudas económicas para la salud daba una puntuación más baja a las personas afrodescendientes que a las de ascendencia europea (Obermeyer y otros, 2019, págs. 447-453). Tras eliminar el sesgo discriminatorio de los algoritmos, el porcentaje de pacientes afrodescendientes considerados como enfermos aumentó del 17,7% al 46,5%. Esto se debe a que el algoritmo predecía los gastos en atención sanitaria en lugar del estado de salud. La desigualdad en el acceso a la atención hace que los pacientes afrodescendientes gasten, en promedio, menos dinero en tratamientos médicos que los de ascendencia europea. Por lo tanto, aunque los gastos en atención sanitaria pueden ser un indicador eficaz de la salud de la población, pueden surgir importantes sesgos raciales. Este riesgo también puede surgir cuando se utiliza la IA para filtrar y seleccionar rápidamente a los candidatos a un puesto de trabajo en función de sus características o su historial laboral, como ocurrió con el sistema utilizado por Amazon. Para garantizar la ausencia de sesgos en los datos puede ser necesario un esfuerzo humano y financiero considerable, tanto en la etapa de recopilación de datos como en las posteriores pruebas de verificación sobre el terreno, que resultan necesarias tanto para el aprendizaje como para la verificación final del rendimiento.

Por último, aunque la IA es capaz de realizar tanto tareas sencillas como complicadas, la mayoría de las tareas que realiza están basadas en reglas o normas predeterminadas y altamente estandarizadas extraídas de una masa de datos codificables. Por lo tanto, es difícil que los sistemas de IA se desvíen de estas reglas. La dinámica de aprendizaje sigue también un proceso determinista limitado a un contexto que, si bien puede ser simple o complicado, es muy específico y predecible. Esta limitación, la más importante de todas, hace que sea difícil para la IA llevar a cabo procesos complejos como gestionar comportamientos humanos imprevisibles, comprender a las personas en toda su complejidad, demostrar empatía o realizar varias tareas difíciles al mismo tiempo. No es casualidad que los sistemas más exitosos de IA operen principalmente con imágenes muy estandarizadas en términos de contenido digital.

De hecho, sería más apropiado hablar de aprendizaje artificial que de inteligencia artificial. La propia expresión "inteligencia artificial" tiene un poder de evocación que, sin duda, explica en parte las fantasías asociadas a ella, a saber, máquinas capaces de pensar por sí mismas y de actuar de forma completamente autónoma sin intervención humana.

² Véase [en línea] <https://www.techrepublic.com/article/four-ways-machine-learning-is-evolving-according-to-facebooks-ai-engineering-chief/>.

Aunque los resultados actuales de la IA se basan en la disponibilidad de un número considerable de casos (a menudo varios miles) y una gran potencia de cálculo para el aprendizaje, los resultados pocas veces pueden generalizarse a otras situaciones.

Por otro lado, existen muchas tareas que las personas saben hacer de manera intuitiva, pero para las que no es posible explicitar reglas o procedimientos formales. Dichas tareas se apoyan sobre todo en conocimientos tácitos, que a su vez puede derivar de valores implícitos, saberes o conocimientos especializados heredados de una tradición, que son difíciles de explicar y codificar. Según el científico Michael Polanyi, el conocimiento humano debe partir del hecho de que podemos saber más de lo que podemos decir, y desempeña un papel fundamental en los procesos de aprendizaje (Polanyi, 2009). Por lo tanto, es difícil que la IA ofrezca respuestas en casos en los que se desconocen las reglas formales de procedimiento; los especialistas en la tecnología de la IA siguen tratando de resolver la llamada "paradoja de Polanyi" aplicando la estadística y el razonamiento inductivo, pero incluso si lo logran, las soluciones no podrían generalizarse a todas las situaciones.

En resumen, si bien los progresos logrados por la IA han sido espectaculares, los programas actuales solo realizan tareas muy específicas que suelen requerir enormes volúmenes de datos de entrenamiento para lograr un resultado satisfactorio. Los dispositivos basados en la IA no están diseñados para hacer preguntas, sino para ofrecer respuestas, recomendaciones y soluciones predictivas. Este progreso está aún lejos de presagiar la llegada de una IA robusta (*strong AI*) que sea realmente comparable a la inteligencia humana, en particular en cuanto a la comprensión del contexto y al sentido común, además de la capacidad de aprendizaje. Tal logro parece inalcanzable por el momento, como señala Yann LeCun, uno de los investigadores más reputados del mundo por su trabajo sobre la IA³. Según este especialista, la IA sigue siendo una tecnología muy limitada, que no aprende de la misma manera que un humano, aunque sea capaz de hacer igual de bien ciertas tareas muy específicas. En cualquier caso, el carácter genérico de las tecnologías desarrolladas hace prever su impacto en todos los sectores de la economía.

En cuanto al potencial y las limitaciones de la IA, se analizará a continuación la forma en que las investigaciones actuales han tratado de medir los impactos de la IA en el mercado laboral, así como las lecciones aprendidas.

³ "Tant que le problème de l'apprentissage non supervisé ne sera pas résolu, nous n'aurons pas de machine vraiment intelligente. C'est une question fondamentale scientifique et mathématique, pas une question de technologie. Résoudre ce problème pourra prendre de nombreuses années ou plusieurs décennies. En vérité, nous n'en savons rien" (Hasta que no se resuelva el problema del aprendizaje no supervisado, no tendremos una máquina verdaderamente inteligente. Es una cuestión fundamental científica y matemática, no una cuestión de tecnología. Resolver este problema puede llevar muchos años o varios decenios. En realidad, no sabemos nada al respecto) (LeCun, 2017).

II. Evaluación del impacto de la inteligencia artificial: existen limitaciones, pero también cauces prometedores

A. ¿Qué dicen las estimaciones actuales sobre el impacto de la inteligencia artificial?

La mayor parte de las investigaciones sobre la IA en el ámbito económico se han centrado en analizar cómo afectara su adopción a los niveles de empleo, los salarios y las competencias de los distintos grupos de trabajadores. Con el fin de proporcionar respuestas lo más cuantificables posibles, casi todos los estudios han adoptado lo que se conoce como enfoque basado en las tareas (*task-based approach*), que inicialmente desarrollaron Autor, Levy y Murnane (2003) para estimar el riesgo de automatización de tareas asociado a las tecnologías anteriores a la IA⁴. Este enfoque se basa en la hipótesis de que la IA probablemente automatizará algunas de las tareas que componen una profesión, pero no todas.

Uno de los primeros estudios sobre el tema, y también el más controvertido, es sin duda el de Frey y Osborne, publicado en 2013⁵. Estos dos investigadores de la Universidad de Oxford que estudiaban el aprendizaje automático evaluaron si las ocupaciones eran susceptibles de ser automatizadas como consecuencia de los recientes avances tecnológicos, incluidos aquellos relacionados con la IA y el aprendizaje automático. Sus evaluaciones consideraron las diversas barreras técnicas que impedían la plena automatización de las tareas profesionales, teniendo en cuenta el estado actual de la tecnología de la inteligencia artificial. Utilizaron la base de datos proporcionada por el

⁴ El objetivo de este enfoque era evaluar el impacto de la automatización, sobre todo la vinculada a la informatización, identificando las tareas rutinarias y las no rutinarias. Véase Autor, Levy y Murnane (2003, págs. 1279-1333).

⁵ Véase Frey y Osborne (2017, págs. 254-280).

sistema de información O*NET⁶, desarrollado por el Departamento del Trabajo de los Estados Unidos, para definir las características clave de 702 ocupaciones registradas, mediante una descripción de las tareas correspondientes a cada una de ellas. A continuación, clasificaron las distintas ocupaciones en función de los conocimientos, las competencias y las aptitudes que requerían y de la variedad de tareas (rutinarias, no rutinarias y otras) que implicaban. Los resultados de sus estimaciones los llevan a predecir que el 47% de los trabajadores estadounidenses corren el riesgo de perder su empleo en uno o dos decenios. En otros estudios se prevé un impacto igualmente alarmante en otros países industrializados (Bowles, 2014).

Esta predicción alarmista provocó una verdadera onda de choque entre los analistas, sindicatos y responsables públicos de los Estados Unidos y otros países, suscitando muchas preocupaciones e incluso temores sobre los recientes avances de la IA.

Sin embargo, en otros estudios que adoptan un enfoque algo diferente al utilizado por Frey y Osborne se relativiza el alcance que puede tener esta amenaza tecnológica en el empleo. Partiendo por la observación de las tareas y de las diferencias específicas entre la descripción de los puestos de trabajo de una misma profesión en cada país, los investigadores Arntz, Gregory y Zierhan demuestran principalmente que existe un alto grado de variabilidad entre las tareas que definen los puestos de trabajo de una misma profesión, (Arntz, Gregory y Zierhan, 2016 y 2017, págs. 157-160). En otras palabras, debido a la existencia de esta variabilidad, es posible que una misma categoría profesional no siempre se vea afectada de la misma manera. Frey y Osborne, sin embargo, no tienen en cuenta esta dimensión en sus estimaciones, lo que les lleva a suponer que una misma categoría profesional siempre se verá afectada de la misma manera, independientemente del tamaño de la empresa y del país en que se encuentre. Al tener en cuenta la existencia de esta variabilidad a nivel de las tareas, Arntz, Gregory y Zierhan obtienen una estimación mucho más baja: el riesgo de automatización en los Estados Unidos sería solo del 9%; en países como la República de Corea y Estonia sería aún más bajo (un 6%), y no superaría el 13% en otros países como Alemania y Austria⁷.

Otros estudios también relativizan las predicciones de Frey y Osborne, adoptando el mismo enfoque que Arntz, Gregory y Zierhan pero sobre un mayor número de países. Es el caso, por ejemplo, del estudio de Nedelkoska y Quintini (2018), que muestra que la proporción de empleos expuestos a un riesgo de automatización alto (de más del 70%) sería solo del 14% en promedio en los 32 países considerados. Este estudio también reveló que el 32% de los puestos de trabajo correrían el riesgo de sufrir una automatización del 50-70%, lo que sugiere que la forma en que se realizan las tareas podría cambiar significativamente como resultado de la automatización.

¿Qué hay de los efectos de la IA según la categoría socioprofesional, el salario y el nivel de educación? Los resultados de las investigaciones sobre esta cuestión también han sido divergentes. Aunque las estimaciones de la mayoría de las investigaciones apuntan a que la IA afectará a todas las categorías profesionales, ya sean de baja, media o alta cualificación, algunas categorías se verán más amenazadas que otras. En los estudios mencionados se señala que los empleos poco o nada cualificados cuya remuneración es baja y que no requieren una titulación o formación profesional particular serán

⁶ La base de datos O*NET es un sistema de información sobre las características de las profesiones en los Estados Unidos basado en un conjunto de descriptores que detallan las competencias, aptitudes y conocimientos necesarios para desempeñar una determinada ocupación. Los descriptores de O*NET se alimentan de información a nivel de los empleados, ya que se basan en un programa de medición que consiste en entrevistar a los empleados de una muestra aleatoria de empresas estadounidenses mediante cuestionarios estandarizados. Sin embargo, el objetivo de O*NET no es determinar las diferencias que puedan existir entre empleados de una misma categoría profesional, sino proporcionar información útil y general a los demandantes de empleo y a los empleadores sobre los tipos de competencias y de formación necesarios para las distintas opciones profesionales.

⁷ Estos investigadores utilizan la base de datos O*NET para estimar el riesgo de automatización de las mismas tareas laborales que seleccionaron Frey y Osborne. Sin embargo, adoptan una metodología diferente: utilizan los datos del Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de los Adultos para medir los requisitos en materia de competencias (como trabajo en equipo o autonomía) y los vinculan al riesgo de automatización.

los más expuestos al riesgo de la automatización (Frey y Osborne, 2017; Nedelkoska y Quintini, 2018); estos empleos consisten esencialmente en tareas manuales repetitivas que no requieren una destreza particular o que no exigen habilidades sociales, al no darse una intensa interacción social en el ejercicio de la profesión. Las tareas menos expuestas, en cambio, son principalmente las que dependen de competencias como la capacidad de resolver problemas complejos, negociar, influir, ser creativo o cuidar de los demás, entre otras. Así, las profesiones vinculadas a la salud, la educación, la investigación, la comunicación o las artes serían las menos amenazadas.

Por el contrario, en otros estudios se sugiere que la IA representará una mayor amenaza para las profesiones cualificadas, que suelen requerir titulaciones de estudios superiores y ofrecer salarios más altos (Felten, Raj y Seamans, 2019; Brynjolfsson, Mitchell y Rock, 2018, págs. 43-47; y Webb, 2020). Este sería el caso, por ejemplo, de las profesiones del ámbito de la ingeniería, la estadística, el análisis bancario, la química o incluso la epidemiología. Algunos estudios llegan a afirmar que el riesgo de automatización afectaría a casi todos los empleos no manuales debido a la capacidad de autoperfeccionamiento continuo que presenta la IA, lo que le permitiría asumir tareas complejas no rutinarias (Felten, Raj y Seamans, 2019). Sin embargo, estos estudios coinciden en que las categorías profesionales cualificadas menos expuestas seguirán siendo las que se basan esencialmente en las competencias sociales (como los profesores o los cargos directivos, entre otros) o en las competencias cognitivas para gestionar problemas complejos. Los empleos relacionados con la investigación, por ejemplo, que conllevan niveles académicos más altos (como los doctorados), se salvarán: se trata de trabajos que a menudo se basan en la capacidad de analizar fenómenos complejos y comprenderlos de forma sistémica, aunque algunas de sus tareas (como la utilización y el procesamiento de datos) puedan adaptarse al aprendizaje automático (Brynjolfsson, Mitchell y Rock, 2018). Los estudios también coinciden al constatar el escaso riesgo de automatización de los empleos menos o no cualificados que dependen en alto grado de la interacción social o de cierta destreza de movimientos (como el personal de limpieza, cocineros, instructores de *fitness*, entrenadores deportivos o masajistas, entre otros).

¿Cómo se explican las divergencias entre las conclusiones de los distintos estudios? Una de las razones por las que llegan a diferentes conclusiones es la naturaleza de las tecnologías que tienen en cuenta. Algunos estudios evalúan el riesgo de automatización considerando un amplio conjunto de tecnologías, algunas de cuyas aplicaciones más antiguas no incluyen la IA (por ejemplo, Frey y Osborne (2013 y 2017) y Nedelkoska y Quintini (2018)). En cambio, los otros estudios citados se basan en datos más recientes y se centran específicamente en las capacidades técnicas de la IA. El grado de riesgo al que se enfrentan las categorías profesionales potencialmente expuestas varía necesariamente en función del alcance de las tecnologías incluidas en los estudios. Además, también varía el conjunto de ocupaciones, así como los criterios utilizados para determinar las competencias requeridas, dependiendo de los datos de las encuestas que se hayan empleado en los estudios. Esto puede llevar a la sobreestimación o subestimación del riesgo de automatización de determinadas categorías profesionales.

B. Las estimaciones actuales presentan importantes limitaciones

1. Las estimaciones actuales no distinguen entre los impactos que sustituyen al trabajo humano y los que lo complementan

A fin de cuentas, los estudios mencionados no conducen a un consenso muy claro sobre las repercusiones de la IA en el empleo, los salarios o las categorías socioprofesionales. Esto no solo se debe a las diferencias metodológicas; los estudios presentan importantes limitaciones, por lo que hay que interpretar sus estimaciones con precaución. En primer lugar, estos estudios se centran exclusivamente en el potencial técnico de supresión de puestos de trabajo, sin tener en cuenta que la IA también podría crear nuevos empleos (Muro, Maxime y Whiton, 2019)⁸. Todo progreso tecnológico conlleva, por un lado, destrucción

⁸ Véase también Leru (2016).

de empleo, pero también creación y transformación. La automatización inducida por la robotización avanzada, por ejemplo, ha provocado la pérdida de puestos de trabajo, sobre todo en el sector manufacturero, pero también se han creado nuevos puestos en otros sectores relacionados, lo que ha compensado el impacto global en los niveles de empleo (Dauth y otros, 2017). Ahora bien, las estimaciones actuales no tienen en cuenta el potencial de creación de empleo que puede generar la difusión de la IA.

Además, el hecho de que se perciba un riesgo de automatización de determinadas tareas no significa que el oficio afectado vaya a reducirse mecánicamente; también se puede enriquecer. La IA también puede transformar los trabajos haciendo que evolucione el contenido de sus tareas y enriqueciéndolo. Además de facilitar la automatización de un gran número de tareas, la IA también puede mejorar las capacidades de los seres humanos para realizar nuevas tareas de mayor valor agregado o permitirles realizar las antiguas con mayor eficacia. En este caso la IA se convierte en una herramienta de asistencia, y no de sustitución. Por otro lado, la relación entre las máquinas y el ser humano debe entenderse en ambas direcciones, en la medida en que el ser humano también podría mejorar las capacidades de la IA a través de los procesos de aprendizaje (Daugherty y Wilson, 2018).

Aunque las competencias deben adaptarse al uso de la IA en el trabajo, la complementariedad entre el humano y las máquinas puede generar ganancias de productividad y tener efectos positivos en la demanda de mano de obra, los salarios y los niveles generales de empleo⁹ (Daron, Acemoglu y Restrepo, 2019, págs. 3-20). Pese a ello, en las estimaciones de los estudios mencionados no se tiene en cuenta la dimensión de transformación de las tareas existentes, por lo que no permiten comprender cómo se transformarán las tareas y actividades de los trabajadores con la automatización. Esto deja de lado una buena parte de la realidad.

2. El riesgo de automatización no se limita a lo que es técnicamente factible para la inteligencia artificial

Los estudios mencionados se enfrentan a otras limitaciones importantes, explicadas en gran medida por el enfoque general que —como casi todos los demás estudios sobre el tema— han adoptado: el enfoque basado en las tareas (Holm y Lorenz, 2022). En primer lugar, el riesgo de automatización de las tareas fue estimado por un pequeño panel de expertos en aprendizaje automático (científicos de datos, ingenieros, investigadores del aprendizaje automático) que mantuvieron como métrica principal las capacidades técnicas y científicas de la IA. Por lo tanto, sus estimaciones no tienen en cuenta los costos y las dificultades que pueden enfrentar las empresas a la hora de generar los datos necesarios para entrenar a las máquinas en un formato legible por computadora. Para superar estas dificultades, tal y como se indica en la introducción, a menudo las empresas deben realizar inversiones muy costosas en captadores que recojan datos no estructurados y en sistemas informáticos integrados que puedan recopilar y almacenar datos de las principales áreas funcionales de la empresa.

Tampoco se tienen en cuenta otros costos, como los relacionados con la inversión necesaria para que los empleados adquieran competencias en el análisis de datos, ni los asociados con la redefinición de las tareas para separar las que podrían automatizarse por medio del aprendizaje automático. Es esencial tener en cuenta este rediseño organizacional al estimar el impacto de la IA en el empleo, ya que también puede influir en la velocidad de implantación de la IA en las organizaciones.

Por lo tanto, si no se tienen en cuenta los costos de adopción de la IA, no será posible saber si las empresas estarían interesadas en desplegar la IA, y si tienen la capacidad de hacerlo. No se trata solo de lo que es técnica o científicamente factible para la IA, también depende de lo que es financiera, organizativa y administrativamente —o incluso socialmente— posible en una empresa. En las estimaciones actuales están completamente ausentes estos efectos en las empresas.

⁹ Estos economistas demuestran que, si bien la automatización puede tener efectos negativos a corto plazo sobre el empleo y los salarios, hay otros efectos compensatorios que pueden contrarrestar este descenso, en particular mediante la creación de nuevas tareas inducidas por la automatización.

Además, es aún más difícil evaluar lo que sucede a nivel de las empresas y de su organización del trabajo por el hecho de que, como se señaló anteriormente, el enfoque de tareas se basa principalmente en datos agregados de los sectores y las ocupaciones. Esto tampoco permite considerar los efectos internos ligados a la adopción de las nuevas prácticas organizativas y de gestión necesarias para la reorganización de las tareas, así como a la evolución de las competencias. En consecuencia, en casi todos los estudios existentes sigue sin explicarse la contribución de los efectos internos de las empresas a los cambios observados en el empleo y las competencias.

Al ignorar estos factores, el enfoque de tareas lleva a resultados que subestiman los efectos potenciales de la complementariedad entre el ser humano y las máquinas en favor de la dimensión de sustitución del ser humano por las máquinas.

Una característica llamativa de la literatura económica sobre el impacto de la inteligencia artificial en el empleo y las competencias, además de las ya citadas, es que no se ha tratado de medir lo que ocurre dentro de las empresas. Las 24 contribuciones a un reciente volumen del National Bureau of Economic Research (NBER) de los Estados Unidos (Agrawal, Gans y Goldfarb, 2019¹⁰) se centran en las implicaciones de la IA para el empleo, los salarios y el crecimiento económico, pero ninguna aborda explícitamente los efectos a nivel de las empresas, los empleados o los puestos de trabajo.

En lo que respecta a la redefinición de las tareas, Brynjolfsson Mitchell y Rock (2018) han argumentado, por ejemplo, en un estudio reciente en que se utilizan datos recogidos por CrowdFlower (una plataforma de colaboración masiva que utiliza inteligencia humana), que aunque la mayoría de los puestos de trabajo incluyen tareas que pueden automatizarse por medio del aprendizaje automático, muy pocos pueden ser completamente automatizados. Los autores concluyen que será necesaria una importante reforma de los puestos de trabajo para liberar el potencial del aprendizaje automático y que los investigadores, al igual que los directivos y empresarios, no deberían centrarse (solo) en la automatización, sino (también) en el rediseño de los puestos de trabajo (Brynjolfsson, Mitchell y Rock (2018, p. 44)).

C. El siguiente paso en la evaluación del impacto de la inteligencia artificial: el análisis de microdatos

Una forma de superar las limitaciones y medir mejor los efectos de la IA sería utilizar datos microeconómicos que proporcionaran información más detallada para contabilizar mejor los efectos en las empresas. La utilización de microdatos también permitiría evaluar los efectos de la IA a partir de casos de uso real de las empresas, y no de estimaciones sobre las capacidades de la IA provenientes de un panel de expertos en aprendizaje automático. Este tipo de investigación con microdatos no existe todavía a escala internacional. Hasta la fecha, el único estudio en que se tienen en cuenta estos efectos internos es el de Holm y Lorenz (2022), basado en los datos de una encuesta danesa centrada en la tecnología y las competencias, la encuesta TASK¹¹. El diseño de la encuesta no permitió aún estudiar las repercusiones de la IA en el nivel de empleo y la polarización laboral, pero sí medir estadísticamente el impacto de dos tipos de uso de la IA en las ocupaciones y las competencias,

¹⁰ Citado por Holm y Lorenz (2022).

¹¹ La encuesta TASK fue realizada por el instituto Statistics Denmark en 2019. Se basó en una muestra estratificada de empleados en lugares de trabajo que contaban con el equivalente a cinco puestos a tiempo completo como mínimo y que no formaban parte de la administración pública.

teniendo en cuenta las dimensiones organizativas y las condiciones de trabajo¹². Además, por medio de dicha encuesta es posible establecer un razonamiento a partir de casos concretos de uso real de la IA en las empresas cuyos impactos se observan en las condiciones de trabajo de los empleados que la utilizan. Los dispositivos de IA tienen dos tipos de uso: uno en que el empleado utiliza la información proporcionada por la IA para tomar una decisión, que puede ser compleja, y otro en que la IA da órdenes o instrucciones a los empleados a través de información generada automáticamente por una computadora o una máquina informatizada. A partir de estos dos tipos de uso de la IA, Holm y Lorenz tratan de evaluar sus efectos en las condiciones de trabajo, en la dinámica de aprendizaje y en la evolución de las competencias.

En primer lugar, los resultados del estudio revelan que, para la mayoría de los grupos profesionales, es más habitual utilizar diariamente la IA como apoyo para la toma de decisiones que como herramienta que emita órdenes o instrucciones. Los grupos profesionales que utilizan la IA para apoyar la toma de decisiones son principalmente los de cualificación media y alta, mientras que los de menor cualificación la utilizan más a menudo como herramienta para recibir instrucciones. En general, el grupo que más utiliza la IA es el de los trabajadores de cualificación media (intermediarios). Los resultados muestran también que el uso de la IA tiene efectos diferenciados en las condiciones de trabajo y las prácticas organizativas según las categorías socioprofesionales. Por ejemplo, en el caso de los empleos de cualificación alta, las estimaciones econométricas muestran que, en igualdad de condiciones de los demás aspectos, el uso de la IA puede mejorar la toma de decisiones de los trabajadores, aumentar el aprendizaje y el contenido cognitivo del trabajo, promover el trabajo en equipo y reducir las tareas rutinarias repetitivas. En cambio, si se utiliza como herramienta para dar instrucciones u órdenes a los trabajadores altamente cualificados, la IA conlleva principalmente un aumento de las imposiciones relacionadas con el ritmo de trabajo y una fuerte disminución de la autonomía de estos trabajadores. Estos efectos también se observan en los empleos de cualificación media, pero en menor medida que en los empleos de cualificación alta. En el caso de los empleos de cualificación baja, los efectos del uso de la IA como herramienta de toma de decisiones serían neutros, mientras que el uso de la IA para dar instrucciones tiende a aumentar las imposiciones relativas al ritmo de trabajo y a degradar las condiciones laborales.

Se concluye entonces que, por un lado, los efectos de la IA sobre las ocupaciones, las competencias y las condiciones de trabajo están estrechamente relacionados con el uso que se le dé a esta tecnología y, por el otro, repercuten de forma diferente en las distintas categorías profesionales. Estos resultados llevan a plantear la cuestión de la responsabilidad de los empleadores (o su margen de maniobra, como señalan los autores del estudio) en la elección del uso de la IA: emplearla de manera que favorezca la autonomía y el aprendizaje con vistas a mejorar las competencias, o utilizarla para dar instrucciones, con los riesgos que ello puede acarrear en términos de deterioro de las condiciones de trabajo y de pérdida de oportunidades de aprendizaje, al aumentar la monotonía y la repetitividad de las tareas.

¹² Los autores midieron las competencias cognitivas, adaptativas, sociales, organizativas y técnicas utilizadas por los empleados en su trabajo preguntándoles por las tareas que realizaban, en relación con las prácticas organizativas y de gestión (autonomía, trabajo en equipo, polivalencia, interacciones sociales, control de calidad y cumplimiento de normas de calidad específicas, entre otras) y el contenido cognitivo de las tareas (resolución de problemas complejos, repetitividad y monotonía de las tareas, oportunidades de aprendizaje y otras). A la hora de medir las competencias de los empleados, adoptaron el enfoque de requisitos laborales (Job Requirements Approach (JRA)) utilizado en el Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de los Adultos de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). La encuesta TASK también incluye indicadores sobre si el trabajo requiere que el empleado ajuste su ritmo según lo impuesto por el movimiento automático de equipos o maquinaria, por los estándares de producción u objetivos establecidos por la dirección, por las exigencias de su jefe o por el ritmo de trabajo de sus compañeros.

Si bien el estudio de Holm y Lorenz (2022) no responde a todas las preguntas y no permite todavía entender a fondo cómo la IA puede transformar el trabajo según los tipos de ocupación, sí muestra la importancia de evaluar sus impactos a partir de los casos de uso real de IA en las empresas y por los empleados, teniendo en cuenta los efectos relacionados con las prácticas organizativas y de gestión. Por lo tanto, para profundizar en el conocimiento de la transformación del trabajo parece esencial hacer uso de los microdatos para tener más en cuenta los efectos ligados a la complementariedad entre el ser humano y las máquinas.

La siguiente sección se centrará en la transformación del trabajo, y en ella se presentan ejemplos de distintos sectores para arrojar una luz sobre este ámbito que complementa los enfoques estadísticos. El objetivo de la sección no es ofrecer respuestas precisas sobre cómo será el trabajo en el futuro, sino, sobre todo, ilustrar de forma realista las expectativas que resultan plausibles en varios campos de aplicación y en determinados sectores de actividad. Con este enfoque sectorial se busca examinar en detalle las oportunidades y los riesgos potenciales: evolución de las tareas, dinámicas de aprendizaje, aumento de las competencias técnicas o sociales, cambios en las condiciones de trabajo o en las prácticas de gestión, ganancia o pérdida de autonomía, u otros.

III. El aporte del análisis sectorial al entendimiento de la transformación del trabajo

Para ilustrar de forma realista los impactos actuales y potenciales de la IA, esta sección se centra en las tecnologías de IA existentes o aquellas cuyo potencial de difusión en un futuro próximo presenta un alto grado de certeza. Sin embargo, se deja pendiente la cuestión del posible impacto de los avances radicales de la tecnología, incluida la capacidad de lograr una IA robusta (*strong AI*). En esta sección también se pretenden ilustrar las repercusiones de la IA a nivel sectorial, ya que los potenciales efectos pueden ser diferentes en función de las características específicas de cada sector.

Para dar ejemplos concretos de las posibilidades que ofrece la IA en el mundo del trabajo, el análisis se basa en tres sectores de actividad: el transporte, la banca y la salud. En todos ellos se encuentran ejemplos útiles de las tendencias actuales. Estos sectores también abarcan un abanico de realidades en cuanto a tipos de producción, tanto en la industria como en los servicios; a tipos de actores de los sectores privado y público, y a diversos contextos institucionales y normativos.

Por otro lado, los tres sectores analizados se consideran los más expuestos a la IA. El sector del transporte se ha situado en el punto de mira a raíz del desarrollo del vehículo autónomo, que ha hecho correr ríos de tinta desde que Google (luego Waymo), Uber, Tesla, General Motors, Navya y otras empresas anunciaran su intención de hacer pruebas con este tipo de vehículos o comenzaran a hacerlas. El ya avanzado grado de digitalización del sector bancario, así como la naturaleza intangible del material que procesa, que implica el intercambio de información sobre las transacciones, hace que el sector se preste absolutamente al uso de la IA. El sector de la salud es el que despierta la atención de todos, y hay un gran interés por las posibilidades de uso de la IA en apoyo al procesamiento de datos relacionados con mecanismos muy complejos en el área de las ciencias de la vida. Estos tres sectores también se encuentran en la agenda de la mayoría de los países avanzados en lo que respecta a su estrategia nacional de IA (OCDE, 2019). Además, son los sectores en los que se producen más operaciones de inversión en empresas emergentes.

El análisis de cada sector comienza por los principales ámbitos de aplicación de la IA y, a continuación, se centra en la manera en que los dispositivos de IA sustituyen y complementan las competencias de las distintas profesiones. En este contexto, se evalúa cómo afecta la transformación del trabajo a las competencias, las condiciones laborales y el entorno de trabajo, incluidas las relaciones profesionales y las interacciones entre los trabajadores y sus clientes o pacientes. Lo principal es identificar los posibles riesgos y beneficios para los trabajadores. El análisis de estos sectores no solo ofrece una descripción precisa de las tendencias y una cobertura amplia de la problemática, sino también la posibilidad de extender ciertas conclusiones más allá de los propios sectores.

A. El impacto de la inteligencia artificial en el sector de la salud

Hay varias razones por las que los efectos de la IA en el trabajo de los profesionales del sector de la salud resultan de especial interés.

1. ¿Cómo se complementan la inteligencia artificial y la salud?

a) Un sector caracterizado por su uso intensivo de conocimientos

Fundamentalmente, el sector de la salud se basa en los conocimientos, que a su vez generan progreso (en los propios conocimientos, en los tratamientos médicos, en las técnicas de diagnóstico y en los métodos de atención, entre otros) y, con él, mejores resultados médicos. Por lo tanto, la capacidad de aprender y mantenerse al tanto de los avances científicos es fundamental en este sector, al igual que la capacidad de gestionar el aprendizaje. El propio sistema de salud, los médicos y hospitales, los historiales de los pacientes, e incluso las técnicas automatizadas de recopilación de datos (por ejemplo, el registro del número de pasos mediante un reloj conectado) generan grandes cantidades de datos —los llamados macrodatos— cuya explotación, si bien se encuentra sin duda en una fase incipiente, llevada a cabo de manera inteligente podría mejorar de manera significativa la eficacia y eficiencia de los sistemas de salud. El principal obstáculo en esta fase es la capacidad humana para procesar los datos, además del reto de su disponibilidad.

b) Un sector con una gran concentración de recursos

El peso económico del sector de la salud también es considerable. El gasto en este sector representa casi el 10% del PIB mundial, cerca del 17% del PIB de los Estados Unidos (es decir, 3,2 billones de dólares en 2020), el 11% del PIB del Brasil, el 10% del PIB de Chile, el 12,5% del PIB de Francia y Alemania y casi el 13% en el Reino Unido, por nombrar solo algunos países (OCDE, 2021). Dada la evolución demográfica y epidemiológica, no hay razón para que el ritmo de crecimiento de este gasto disminuya. Se trata, por tanto, de un mercado extremadamente dinámico y en crecimiento a escala mundial, sobre todo si se tiene en cuenta que muchos países importantes, como China y la India, aún no han alcanzado a los países desarrollados en este ámbito. El peso económico considerable del sector y su previsible dinamismo explican el gran interés que despierta. Además, en todos los países desarrollados el financiamiento público está sometido a fuertes restricciones, que seguirán existiendo. Por ello, un gran número de sistemas de salud y otros actores buscan formas de mejorar la eficiencia del sistema, especialmente dado que, según estimaciones recientes de la OCDE, al menos el 20% del gasto en salud no tiene ningún impacto o incluso empeora el estado de salud (OCDE, 2017). El sector de la salud es, por tanto, extremadamente atractivo, sobre todo para las cinco grandes empresas tecnológicas estadounidenses (Google, Amazon, Facebook, Apple y Microsoft) y las cuatro grandes empresas tecnológicas chinas BatX (Baidu, Alibaba, Tencent y Xiaomi), que buscan oportunidades de crecimiento, pero también para las empresas tradicionales, algunas de las cuales pueden estar pasando por dificultades y buscando nuevos modelos de negocio.

c) Un sector múltiple que reúne una amplia gama de competencias

Por último, el sector de la salud es increíblemente diverso en términos de ocupaciones y competencias. Desde el más alto nivel técnico (representado, por ejemplo, por profesionales muy especializados como los neurocirujanos), hasta tareas *a priori* sencillas pero muy exigentes (como las de los auxiliares sanitarios que atienden a pacientes con degeneración cognitiva), pasando por los especialistas de atención de la salud pública o toda una serie de nuevas profesiones vinculadas a la coordinación, la recopilación y el formateo de datos (en particular, los gestores de casos). Así pues, existen múltiples puntos de entrada para las aplicaciones de la IA, ya sea en las profesiones ultraespecializadas o en las ocupaciones más extendidas.

Lo fundamental, no obstante, es que el sector de la salud es también un importante empleador, cuyos costos laborales representan una gran parte del gasto en salud. Esto puede llevar a preguntarse, en un contexto de restricción presupuestaria asociada a un aumento de las necesidades, si no sería posible sustituir al menos una parte de estos trabajadores por máquinas inteligentes, siguiendo el ejemplo de lo que se ha hecho en la industria del automóvil con la introducción de la robotización y las máquinas asistidas por computadora.

En suma, en estos momentos la aplicación de la IA en el ámbito de la salud está dando mucho que hablar, incluso entre el público en general, a partir de casos como los muy publicitados experimentos de Watson Healthcare e incluso un programa de epidemiología desarrollado por Google, que sería capaz de detectar epidemias a partir de las palabras escritas en su motor de búsqueda. Asimismo, los medios de comunicación se hacen eco regularmente de los logros de los robots quirúrgicos.

En cuanto a la evolución de la medicina misma, desde hace varios decenios se ha ido reduciendo el elemento humano en la toma de decisiones médicas, al tiempo que han experimentado un desarrollo exponencial la robotización médico-técnica (sobre todo en biología y farmacia) y, más recientemente, los programas informáticos de ayuda a la prescripción y hasta a la toma de decisiones médicas. Incluso existe un marco jurídico específico para el uso de estos programas informáticos. La propia cirugía ha experimentado un movimiento acelerado hacia la robotización en torno a los últimos diez años. Algunos especialistas del mundo de la medicina llegan a esbozar la perspectiva de una medicina apoyada en medios tecnológicos (*média-médecine*) (Vallancien, 2015), en la que se renovarían fundamentalmente la práctica médica y la organización del sistema de atención. Esta mutación probable es, ante todo, producto de un largo proceso histórico continuo de evolución de la práctica médica, que también ha sido posibilitado por avances tecnológicos tangibles.

2. Campos de aplicación de la inteligencia artificial en el sector

Casi todas las áreas en las que se ha desarrollado la inteligencia artificial, como el reconocimiento de imágenes y videos, el procesamiento del lenguaje natural, el aprendizaje automático y la robótica, tienen aplicaciones en el ámbito de la salud. Estas incluyen el diagnóstico y las recomendaciones terapéuticas, la cirugía, el seguimiento personalizado, la prevención de la salud pública y la investigación clínica, así como otras aplicaciones en el área de los cuidados.

Por ejemplo, en el mercado sanitario existen numerosas herramientas de IA para el diagnóstico médico, y el alcance de sus aplicaciones es impresionante. Pueden encontrarse en ramas médicas como la oncología (incluidas todas las especialidades médicas, los estudios, el diagnóstico y el tratamiento del cáncer), la cardiología, la oftalmología y la radiología, así como en la detección de enfermedades específicas (por ejemplo, la diabetes o la enfermedad de Alzheimer) o incluso en el campo de la salud mental, en la detección de casos de depresión u otros trastornos psicológicos. Sea cual sea el ámbito médico, el principio es siempre el mismo: algoritmos de IA alimentados y entrenados por macrodatos, principalmente por medio del reconocimiento de imágenes y de resultados de la investigación médica. Las máquinas inteligentes (programas informáticos basados en IA) están programadas para detectar

casos de enfermedades conocidas o raras basándose en reglas y protocolos predefinidos por los profesionales médicos. Este tipo de programa informático, presentado como una herramienta inteligente de apoyo a la toma de decisiones médicas, sintetiza una masa de información procedente de millones de informes médicos, historiales de pacientes, pruebas clínicas y conocimientos (actualizados) procedentes de la investigación médica.

Pronto, algunos programas informáticos podrían ser capaces de diagnosticar el cáncer con la misma precisión que un especialista, o incluso más. Según un estudio reciente, la IA ha logrado detectar automáticamente el cáncer de mama con una tasa de éxito del 92%, casi equivalente a la de los especialistas (96%) (Wang y otros, 2016). Cuando se combinan el análisis médico y los métodos de diagnóstico del programa automatizado, el porcentaje de éxito alcanza el 99,5%, por lo que el diagnóstico presenta un riesgo de error muy reducido. En otras especialidades médicas se utiliza el reconocimiento de imágenes para diagnosticar, por ejemplo, a pacientes con enfermedades oculares. Es el caso del robot desarrollado por la división DeepMind Health (IA) de Google, que, tras observar miles de fotos de retinas, ha sido capaz de hacer un diagnóstico más fiable que el de un oftalmólogo humano (Knight, 2016). En el ámbito de la cirugía, asistimos a la aparición de nuevas generaciones de robots quirúrgicos que llevan a una mayor autonomía del cirujano (Shademan y otros, 2016). Es el caso, en particular, de STAR (Smart Tissue Autonomous Robot), una herramienta capaz de lograr una mayor precisión en la ejecución de determinados movimientos. En el área de los cuidados, existen robots sociales que apoyan la labor de los auxiliares sanitarios para mejorar la atención diaria de las personas mayores y dependientes.

Pese a sus numerosos campos de aplicación, en esta etapa las promesas relacionadas con la IA aún son imprecisas (Liu y otros, 2019). Esta tecnología no es una realidad en el sector de la salud actual, sino que representa un potencial. Ningún sistema u organización de salud del mundo se ha transformado totalmente, y las aplicaciones reales en la salud son limitadas. Además, existen muy pocas evaluaciones médico-económicas de las aplicaciones de la IA que midan su rentabilidad económica y social. La información de que se dispone actualmente sobre el impacto de la IA en el diagnóstico se limita sobre todo a subcampos de disciplinas muy específicas, como la oncología o la radiología.

3. La hipótesis de una sustitución total de los profesionales de la salud por la inteligencia artificial es más ficción que realidad

La calidad de la atención al paciente (detección de la enfermedad, propuesta terapéutica y seguimiento, entre otros) está también asociada a un proceso muy complejo que la IA no podría integrar sino de manera imperfecta. Esta complejidad está directamente relacionada con la propia disciplina y con la existencia de una relación altamente mediada entre el equipo médico y el paciente y, en ocasiones, su entorno familiar. En este ámbito, la existencia de un modelo estándar de paciente no suele ser suficiente para desarrollar y aplicar una estrategia de atención totalmente adaptada a cada paciente individual.

Asimismo, cabe recordar que la IA se alimenta de una gran masa de datos, por medio de algoritmos que buscan establecer correlaciones que expliciten y expliquen los fenómenos (determinando sus causas) para, por ejemplo, elaborar recomendaciones clínicas. La robustez de las correlaciones entre varios fenómenos depende, en el caso de la IA, de la cantidad de datos recogidos. Cuanto mayor sea esa cantidad, más robustas serán las correlaciones. Por tanto, son los macrodatos los que hacen posible que la IA funcione y pueda competir con los humanos gracias a su capacidad para procesar datos de un gran volumen de información continuamente actualizada. La fuerza de la IA reside fundamentalmente en los macrodatos y en el acceso a ellos. Sin embargo, la correlación no implica necesariamente causalidad. Los mecanismos causales que explican la aparición de una enfermedad y su evolución suelen ser más complejos que las correlaciones automáticas. Las causas pueden ser múltiples, y algunas son difíciles de codificar, como las relacionadas con el entorno sociodemográfico del paciente y con la percepción de los síntomas, o incluso su ausencia total, como en el caso de la enfermedad por

coronavirus (COVID-19). Además, pueden darse grandes variaciones entre los pacientes. La complejidad del trabajo del profesional de la salud consiste precisamente en tener en cuenta todas estas especificidades desde que se detectan las patologías hasta que se presentan las propuestas terapéuticas a los pacientes. En el ámbito clínico, las correlaciones no son suficientes. Incluso la medicina con base empírica, que se sustenta en los resultados de las evaluaciones más actualizadas, solo puede proporcionar conocimientos y recomendaciones clínicas a partir del paciente modelo medio. Sin embargo, el paciente real al que se diagnostica en una consulta médica no tiene por qué coincidir con el paciente medio que la máquina ha tomado como modelo. Por lo tanto, la IA no puede desarrollar de forma autónoma una estrategia de atención totalmente adaptada a este paciente.

a) Varias de las tareas que componen el trabajo de los profesionales de la salud no son automatizables

Esto también se aplica a las propuestas terapéuticas. El médico ha de tener en cuenta las especificidades del paciente para decidir sobre el mejor tratamiento. Tanto en patologías simples como complejas, a veces el médico debe también negociar con el paciente para encontrar el tratamiento más indicado para él en función de su entorno (profesional, familiar, histológico y otros) con el fin de garantizar su cumplimiento total. El cumplimiento del tratamiento por parte del paciente es un factor importante que influye tanto en el proceso de curación como en la prevención de enfermedades. La investigación ha demostrado, por ejemplo, que el compromiso del paciente con la observancia del tratamiento prescrito para una enfermedad influye, entre otras cosas, en su proceso de curación, pero solo el diálogo y la confianza entre el médico y el paciente permiten negociar el mejor término medio entre el costo y el beneficio y garantizar la participación de los cuidadores familiares cuando sea necesario (Institute of Medicine, 2013). Estas actividades de atención al paciente entrañan competencias fundamentalmente sociales e intrínsecamente humanas, cuyo riesgo de automatización por parte de las máquinas es mucho menor que en el caso de tareas rutinarias o incluso complejas que no requieren tales competencias.

Por último, las herramientas de IA desarrolladas funcionan bien en el caso de fenómenos simples y mecánicos, como la detección de fracturas, y suelen centrarse en una sola patología, como la detección de tumores, al igual que las guías clínicas en las que se fundamenta la medicina con base empírica, pero ¿qué ocurre cuando un paciente presenta varias patologías? Si bien este es un interrogante central en los debates actuales sobre el futuro de los sistemas de salud, por el momento no tiene respuesta en todos los países, ni siquiera en los más desarrollados. Sin embargo, en el futuro el rendimiento de los sistemas de salud estará en gran medida vinculado a su capacidad para manejar a los pacientes polipatológicos a lo largo del tiempo, y es probable que se conviertan cada vez más en sistemas dedicados a gestionar la prevención de las polipatologías a largo plazo con un rotundo componente psicológico y conductual. Las tendencias demográficas y epidemiológicas apuntan justamente en esta dirección: el día de mañana viviremos más tiempo y con varias enfermedades. El reto de nuestros sistemas de salud de entonces será prestar una atención cada vez más compleja centrada en la prevención y establecer una sólida coordinación entre las profesiones de la salud, así como en el ámbito médico-social.

b) La detección de patologías no es solo cuestión del volumen de datos

En resumen, la calidad de un diagnóstico no depende únicamente del volumen de información disponible, sino también de cómo se interpreten mecanismos complejos que no se basan en leyes naturales fijas y que, por tanto, no son deterministas. Los macrodatos funcionan bien para fenómenos explicativos simples y mecánicos, pero el ser humano evoluciona constantemente con su entorno, y este proceso dinámico significa que, en el campo de la medicina y la atención al paciente, la inteligencia artificial no podrá sustituir a los profesionales de la salud. El motor de un automóvil o el de un avión son tan complicados como lo sea su diseño, y su reacción en un contexto determinado es predecible. Este

no es el caso del ser humano, que tiene la capacidad de adaptarse a entornos cambiantes y puede reaccionar de diversas maneras ante acontecimientos imprevisibles. La mera disponibilidad de información no es suficiente para influir en el comportamiento. La obesidad, por ejemplo, se ha convertido en un importante problema de salud pública en muchos países occidentales a pesar de la disponibilidad de aplicaciones de salud preventiva para teléfonos inteligentes. Otra diferencia tiene que ver con la aceptabilidad y la responsabilidad social. Al contrario de lo que ocurre al emplear la IA para crear modelos predictivos en la comercialización y la publicidad, en el diagnóstico y el tratamiento médico un error puede conducir a lesiones o muertes humanas, lo que plantea importantes cuestiones de responsabilidad individual y colectiva.

En conclusión, el discurso de que la IA llevará a la desaparición de los profesionales humanos en el ámbito de la salud no es creíble si tenemos en cuenta la complejidad del campo de la medicina. Esto no significa, no obstante, que no haya lugar para la IA en el ámbito de la salud, ni que determinadas profesiones —algunas de ellas muy cualificadas, como los radiólogos— no estén amenazadas. En cualquier caso, en este momento es posible afirmar que la IA no sustituirá el trabajo de los profesionales de la salud en los próximos decenios, y que hay poco riesgo de que se conviertan en meros ejecutores de algoritmos. Esto es algo que tampoco ha sucedido en nuestros días con los conocimientos a los que ya puede acceder la IA.

4. La inteligencia artificial puede suponer una oportunidad para repensar el sistema de salud de forma más integrada y sistémica

¿Qué impacto puede tener la IA en el trabajo de los profesionales de la salud, su organización y sus condiciones laborales? Los sistemas de salud de los países avanzados han sido diseñados para tratar patologías agudas y bien identificadas, por ejemplo, una fractura o un tumor canceroso. En este modelo, que, sin perjuicio alguno, se asemeja más a la producción mecánica, la IA puede tener sin duda un gran impacto, pero ¿es ese el futuro de nuestro sistema de salud? Es probable que avancemos hacia un sistema dedicado a la gestión o prevención de las polipatologías con un marcado componente psicológico y conductual. El objetivo de ese sistema será lograr cambios de comportamiento a largo plazo, y este tipo de acción requiere una interacción estrecha y humana con los pacientes (Alderwick, Ham y Buck, 2015). El aporte de la IA podría ser una mejor atención al paciente y la identificación de los costos y las estructuras adecuadas para una atención integral. En los Estados Unidos, existe el ejemplo de Kaiser Permanente Washington, reconocido como un consorcio de salud eficaz a la hora de lograr el triple objetivo: garantizar la calidad de la atención al paciente, mejorar la salud de la población y hacerlo al menor coste posible (Foley y Fairmichael, 2015). Este tipo de sistemas invierten cuantiosamente en herramientas basadas en la IA. Pero también contratan a un gran número de médicos, enfermeros, auxiliares sanitarios e incluso trabajadores sociales para mejorar la atención y la prevención de patologías complejas como la obesidad o la diabetes, asociadas a un factor socioeconómico. Asimismo, desarrollan estructuras hospitalarias locales en cada región para estar más cerca de los pacientes y su entorno y poder así influir en su comportamiento y minimizar las intervenciones innecesarias.

Por lo tanto, es probable que sigamos teniendo médicos y auxiliares sanitarios en el futuro, ya que no todas las tareas que componen su trabajo están abiertas a la automatización. De hecho, es probable que la necesidad de profesionales de la salud sea aún mayor con el despliegue de la inteligencia artificial, si gracias a los macrodatos y a las técnicas de recopilación de información que cruzan datos clínicos, historiales de pacientes y datos socioeconómicos y geográficos se pueden mejorar las estrategias de prevención adaptadas a cada población específica (Malone, 2018, págs. 157-171; Malone y Politi, 2020).

5. El impacto de la inteligencia artificial en las profesiones de la salud

Muchas de las profesiones evolucionarán con respecto a lo que son hoy en día, y probablemente surgirán otras nuevas. Los roles también cambiarán y puede que el trabajo, ya sea del médico superespecializado o del auxiliar sanitario a domicilio, se transforme profundamente. Para ilustrar esta transformación, en esta sección se identifican tanto los beneficios como los riesgos potenciales para los profesionales de la salud.

a) **La inteligencia artificial puede transformar el modo en que los profesionales de la salud trabajan e interactúan con los pacientes**

Ya se ha mencionado que una de las principales limitaciones de los sistemas de apoyo para la toma de decisiones basados en la IA es la detección de múltiples patologías en un paciente y el desarrollo de una estrategia terapéutica adaptada a esta complejidad. En cambio, la ventaja de la IA reside en su capacidad para procesar millones de datos actualizados, lo que genera ganancias en términos de exhaustividad, rapidez y desarrollo de varias hipótesis posibles para la detección de enfermedades. Así, el personal médico dispone de un mejor acceso a la información necesaria para tomar una decisión, como la histología completa del paciente o los mejores protocolos de tratamiento según la medicina con base empírica.

b) **Aprendizaje continuo, seguridad en la toma de decisiones y aumento de las competencias sociales**

Si estos sistemas expertos inteligentes se ganan la confianza de los médicos y del público en general, el impacto para dichos profesionales puede ser múltiple. Podrán beneficiarse de la asistencia en el manejo de los diagnósticos y en el desarrollo de protocolos terapéuticos, y gozar de una mayor seguridad en la toma de decisiones gracias al acceso a las prácticas médicas y los conocimientos clínicos más actualizados. De este modo, la IA puede favorecer el aprendizaje continuo, reflejado en una evolución constante de las competencias de los médicos en su propia especialidad. También pasarán menos tiempo interpretando datos rutinarios, que pueden ser procesados por los sistemas inteligentes, para ocuparse de las valoraciones más complejas. En el ámbito de la imagenología médica, el aumento de la productividad que permiten ciertas soluciones tecnológicas en el tiempo de interpretación puede llegar al 70%, lo que permite a los profesionales concentrarse en los casos más complejos (Gruson, 2019). Aunque es probable que la mayoría de las profesiones médicas y paramédicas evolucionen hacia tareas de mayor valor agregado, algunas especialidades médicas se verán más afectadas que otras, como las que se basan por naturaleza en el código numérico (la radiología o la oftalmología).

La dimensión social es ya un aspecto fundamental de la práctica médica, pero el diálogo entre el médico y el paciente podría alcanzar otro nivel. Dado el mejor acceso al conocimiento que permite la IA, cabe esperar que los pacientes también esperen un mayor nivel de transparencia y de información. El médico deberá entonces justificar su protocolo terapéutico y explicar por qué decidió seguir las recomendaciones proporcionadas por la IA o no, de manera que el paciente se adhiera al protocolo elegido. Para poder justificar y explicar las decisiones, también será necesario que los sistemas de IA de apoyo a la toma de decisiones sean lo suficientemente transparentes como para que los usuarios los entiendan.

c) **Intensificación del trabajo y agotamiento cognitivo en caso de mala gestión del tiempo adicional proporcionado por la inteligencia artificial**

No todo son ventajas en el uso de la IA; también puede plantear un riesgo, el de la intensificación del trabajo. Si los avances logrados gracias a esta tecnología (como la velocidad de procesamiento de datos) van acompañados de un aumento en la misma proporción del tiempo dedicado a tareas cognitivas complejas, la mente del profesional médico apenas podrá tomarse un respiro. Si el tiempo ganado solo se destina a esas tareas, los profesionales de la salud corren el riesgo de sufrir lo que los neurocientíficos

llaman "agotamiento cognitivo profesional". Dicho riesgo es aún mayor para las personas más jóvenes y con menos experiencia. Además de la fatiga cognitiva, también existen otros riesgos específicos de determinadas profesiones médicas, como en el ámbito de la radiología. En particular, la IA puede aumentar la fatiga visual de los radiólogos a medida que aumente el uso de los datos en dicha profesión y sus actividades se basen menos en la inferencia y más en la detección de patologías (Jha y Topol, 2016).

d) La inteligencia artificial tendrá efectos diferentes en las distintas especialidades médicas

Entre los profesionales del ámbito de la imagenología médica existe una especial preocupación por la previsible generalización de la lectura automática de imágenes. Si la IA permite automatizar parte de la radiología convencional (en ciertas áreas y situaciones clínicas), la actividad de los radiólogos se verá reducida, pese a las necesidades cada vez mayores relacionadas con el envejecimiento de la población y la ubicuidad de las enfermedades crónicas. De la parte automatizada podrían encargarse operadores de radiología formados en la elaboración de diagnósticos, mientras que los radiólogos reservarían su tiempo para la interpretación de casos complejos. Sin embargo, en el campo de la radiología intervencionista la necesidad de sus conocimientos aumentaría en casi todas las especialidades médicas. La profesión del radiólogo podría evolucionar hacia una mayor especialización en radiología intervencionista con fines diagnósticos (punciones, biopsias y otras) para casos complejos o con fines terapéuticos guiados por imágenes médicas.

En el ámbito de la cardiología, se están desarrollando nuevos sistemas de interpretación de electrocardiogramas (ECG) que ya no dependen únicamente de la experiencia de los cardiólogos, sino que se apoyan en programas informáticos, como *Cardiologs*³³. El programa es capaz de detectar anomalías cardíacas raras o silenciosas, como las fugas mitrales o las arritmias, que para un especialista a veces son difíciles de detectar. Esto le puede ofrecer al médico una mayor calidad de diagnóstico, sea cual sea su especialidad. Este tipo de servicio puede transformar la práctica del electrocardiograma, ampliando su uso en otras especialidades médicas (servicios de urgencias, medicina generalista, geriatría y otras), pero quizás también extendiéndolo a otros profesionales no médicos (por ejemplo, enfermeros o bomberos). Permitiría liberar el tiempo del cardiólogo, aunque solo fuera por su capacidad para gestionar casos sencillos que podrían tratarse en la fase previa, sin necesidad de derivarlos al médico. De este modo, la actividad del personal facultativo se centraría en los casos más complejos y en la formación. Además, los médicos podrían beneficiarse de un aprendizaje continuo gracias a la capacidad del programa informático para utilizar los más recientes conocimientos clínicos y prácticas médicas. También en este caso, la IA podría acentuar la tendencia a la superespecialización médica (por ejemplo, la coronariografía, la arritmología o la cardiopediatría), tendencia facilitada por la creciente digitalización de ciertos dispositivos médicos.

e) Evolución de las prácticas de trabajo, mejora de la eficiencia organizativa y aparición del paciente potenciado

La medicina personalizada y el seguimiento individualizado de los tratamientos es uno de los ámbitos en los que la IA puede transformar también la forma de trabajar de los profesionales de la salud, sobre todo en lo que respecta a la organización del trabajo entre los distintos profesionales que intervienen en las diferentes etapas del proceso asistencial del paciente. En el contexto del paso a la asistencia ambulatoria que se está produciendo desde hace varios años en muchos países y la necesidad de mejorar el seguimiento de los pacientes a distancia, la IA podría hacerse cargo de todas o algunas de las tareas necesarias, por ejemplo, para la preparación de las operaciones (elaborar el expediente administrativo y médico o disipar las preocupaciones del paciente, entre otras), lo que reduciría el tiempo destinado a ellas.

³³ Véase [en línea] <https://www.mindhealth.fr/parcours-de-soins/comment-cardiologs-deploie-son-ia-en-cardiologie/>.

En la actualidad, existen ya servicios conectados a distancia que funcionan a partir de un motor de algoritmos. Este crea cuestionarios basados en un protocolo estandarizado establecido por el médico (por el que hacen ciertas preguntas, disparan alertas o establecen contacto remoto con el médico durante un período de tiempo determinado y con una frecuencia dada). Así, el médico puede saber en qué nivel se sitúa el dolor que siente el paciente, lo que contribuye a evitar falsas alarmas y mejorar los flujos intrahospitalarios en las urgencias. Este servicio conectado a distancia permite al personal médico y de enfermería contar con más tiempo, lo que aumenta la eficiencia organizativa. El alcance de este dispositivo digitalizado podrá verse ampliado con la incorporación de funciones de IA, lo que permitirá enriquecer el protocolo mediante la actualización de las pautas más eficaces, a través del procesamiento de los macrodatos generados por la comunidad científica médica y el cruce de los datos de los pacientes. Contar con un sistema de este tipo ayudaría a los médicos a establecer protocolos para mejorar la seguridad de los procesos asistenciales a distancia (Benhamou y Janin, 2018).

De esta forma, este sistema mejorado de monitorización remota permitiría a todo el personal de la salud implicado en el proceso asistencial —desde el médico hasta el equipo de enfermería (enfermeros y auxiliares sanitarios)— ofrecer respuestas personalizadas teniendo en cuenta el contexto específico de cada paciente. En cuanto a la preparación, la IA también podría encargarse de procesar los datos de los expedientes de los pacientes y sugerir propuestas de atención a los equipos médicos (enfermeros y médicos, entre otros) cuando el paciente ingresara al hospital. De esta forma, la IA podría contribuir a mejorar la integración entre los distintos servicios y ocupaciones que intervienen en el proceso asistencial. Un sistema como este acabaría por transformar la profesión de la enfermería, no en lo relativo a su función de brindar cuidados concretos, sino a sus modalidades de intervención.

La organización del trabajo entre los profesionales de la salud también se transformaría gracias a una mejor coordinación de las acciones de cada profesional que participa en la atención de un determinado paciente. La mejora de los procesos organizacionales, por otra parte, podría reducir el desperdicio de recursos en la asistencia sanitaria. Según la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), este desperdicio es de un promedio estimado del 20% y se debe a deficiencias en la ejecución de la asistencia, fallos en la coordinación y costos administrativos innecesarios, entre otras cosas (OCDE, 2017).

f) Las ocupaciones relacionadas con las funciones de apoyo se ven directamente amenazadas por la inteligencia artificial

En resumen, las herramientas de IA pueden ahorrar tiempo a los equipos técnicos y administrativos, sobre todo optimizando la codificación de la actividad hospitalaria (en los ámbitos de la planificación de los exámenes, el triaje y la priorización de la atención a los pacientes, entre otros), lo que permite anticipar mejor los flujos de pacientes y mejorar la planificación de las actividades del hospital. El uso de herramientas de IA aligeraría la carga burocrática de los profesionales de la salud y dejaría más tiempo libre al personal médico y sanitario. Ello podría materializarse en una reducción de la presión y la intensificación de la labor de los profesionales de la salud, cuyas condiciones de trabajo suelen ser muy difíciles y agotadoras, debido a las múltiples limitaciones a las que se enfrentan muchos hospitales (como la falta de personal, la intensa carga de trabajo o la complejidad de la gestión de las urgencias).

El uso de soluciones de IA para optimizar los procesos de gestión de las tareas administrativas o logísticas, por otra parte, puede tener efectos bastante significativos en el personal no médico. Según las estimaciones del profesor David Gruson, especialista en políticas públicas en materia de salud, al menos el 15% de los puestos de trabajo relacionados con funciones de apoyo (como recepción y gestión de los flujos de transporte sanitario, de pacientes, de personal o de equipos) se verían directamente amenazados (Gruson, 2019), y es muy probable que esta cifra aumente con el tiempo, a medida que la IA vaya mejorando continuamente los procesos organizacionales.

g) Mejora de las condiciones laborales de los profesionales de la salud

El tratamiento y seguimiento de los pacientes mayores que padecen una o varias patologías crónicas, en particular la enfermedad de Alzheimer, es una tarea extremadamente onerosa para el personal de la salud, así como poco valorada. Los pacientes que sufren esta enfermedad suelen presentar trastornos psicoconductuales (ansiedad, agresividad, insomnio, deambulación, delirio o apatía, entre otros), que a veces se acentúan durante la hospitalización. También tienen dificultades para comunicarse y expresar sus sentimientos, lo que los conduce al aislamiento social y puede agravar su ansiedad y angustia. La gestión de estos trastornos de conducta exige mucha dedicación al personal de la salud y vuelve especialmente difíciles sus condiciones de trabajo (ya que genera, por ejemplo, estrés, sensación de ineficacia o desgaste profesional) (Demange y otros, 2019). Estas situaciones difíciles también contribuyen al desánimo de algunos equipos sanitarios, incluso de los más experimentados.

Este tipo de situaciones se traduce en una falta de eficacia organizativa dentro de los equipos y puede generar costos innecesarios en la prescripción de fármacos (como psicotrópicos o analgésicos a dosis elevadas) o incluso riesgos para la salud del paciente. De acuerdo con un estudio realizado por un equipo de investigadores en un hospital, el 100% de los trabajadores del sector geriátrico encuestados admitieron que no disponían de métodos eficaces para gestionar cuidados complejos, lo que les provocaba un sentimiento de ineficacia profesional (Demange y otros, 2019). En este contexto, dicho equipo desarrolló una intervención con mediación robótica para facilitar la atención rutinaria a personas hospitalizadas con trastornos cognitivos. El robot utilizado, llamado Paro, está dotado de inteligencia artificial y dispone de numerosos sensores y micrófonos que le permiten interactuar y responder a las peticiones y necesidades de las personas mayores. Los resultados del estudio muestran que la introducción de Paro redujo la ansiedad, los sentimientos de aislamiento, los episodios depresivos y los tratamientos farmacológicos. En varias publicaciones internacionales se confirman los efectos positivos de este tipo de robots en el bienestar de los pacientes y en las condiciones de trabajo del personal de la salud, puesto que facilitan los cuidados, y también se indica que cuentan con un nivel satisfactorio de aceptación¹⁴.

B. El impacto de la inteligencia artificial en el sector del transporte

La principal innovación que supondrá el desarrollo de la IA en el ámbito del transporte será sin duda el vehículo autónomo, aunque su calendario de implantación sea todavía incierto. Todo depende, por supuesto, del grado de autonomía del que se hable, ya que la automatización de la conducción se divide en seis niveles (0-5) según la clasificación de la sociedad de ingenieros de la industria automovilística SAE International. Esta clasificación define lo que los conductores humanos o los sistemas autónomos pueden y no pueden hacer. Va desde el nivel 0, que corresponde a la ausencia de automatización (toda la conducción la realiza el conductor), hasta el nivel 5, que corresponde a la conducción totalmente autónoma del vehículo en cualquier situación (por ejemplo, tráfico urbano denso, carreteras rurales o caminos sinuosos). En este nivel, por lo tanto, puede prescindirse completamente de un conductor humano. El nivel 5 aún no ha sido anunciado por ningún fabricante, aunque desde 2017 se han llevado a cabo experimentos de circulación en carretera abierta sin conductor, sobre todo por parte de dos de los principales fabricantes de vehículos autónomos: Waymo y la empresa francesa Navya. No obstante, según John Krafcik, Director Ejecutivo hasta abril de 2021 de Waymo —la división de coches autónomos de Alphabet (empresa matriz de Google)—, pasarán décadas antes de que se alcance el nivel 5. Incluso entonces, los vehículos autónomos podrían seguir necesitando un conductor¹⁵.

¹⁴ Véase, por ejemplo, Shishehgar, Kerr y Blake (2017).

¹⁵ Véase [en línea] <https://www.cnet.com/news/alphabet-google-waymo-ceo-john-krafcik-autonomous-cars-wont-ever-be-able-to-drive-in-all-conditions/>.

La madurez tecnológica de los distintos niveles y su posterior difusión serán, por tanto, determinantes en la transformación del sector del transporte y, en consecuencia, en los cambios del trabajo y del nivel de empleo en este sector. Dentro de cinco o diez años, el grado de autonomía de los vehículos podría alcanzar el nivel 4, que corresponde a la autonomía total, pero en contextos muy específicos y en un entorno muy simple y delimitado (por ejemplo, desplazarse y estacionar en un estacionamiento o circular por una autopista). Por lo tanto, la discusión que aquí se presenta se limita a las repercusiones de la difusión del vehículo autónomo de nivel 4 en un horizonte de diez años. En esta sección solo se consideran los impactos que puede tener la IA en el transporte por carretera y ferroviario, que serán los segmentos más afectados por el desarrollo de los vehículos autónomos, la principal innovación relacionada con el desarrollo de la IA en el sector.

1. Campos de aplicación de la inteligencia artificial en el sector

a) El advenimiento del camión autónomo

El transporte por carretera se presta especialmente a la automatización total por varias razones, según el Foro Internacional del Transporte (FIT, 2019): los camiones sin conductor reducirían en gran medida los costos de mano de obra, que actualmente suponen entre el 25% y el 45% de los costos que afrontan las empresas de transporte por carretera en Europa y América del Norte. Además, en los países desarrollados, las operaciones de transporte de larga distancia de mercancías pesadas suelen realizarse por autopista, donde la automatización es más fácil de aplicar que en las condiciones extremadamente complejas del tráfico urbano. Los camiones sin conductor también tienen otras ventajas, como la optimización del uso de los recursos; por ejemplo, no existe la necesidad de respetar los períodos de descanso obligatorio para los conductores, y al viajar los camiones en grupo uno detrás de otro, se ahorra combustible. Otras ventajas son la mejor gestión y la mayor flexibilidad de la flota de vehículos, así como la posibilidad de evitar las horas punta. Además, el sector se enfrenta a una fuerte competencia internacional, lo que constituye un factor adicional de penetración de las innovaciones. Por último, los camiones sin conductor también permitirían al sector hacer frente a la escasez de conductores profesionales que existe en la actualidad (FIT, 2019).

No obstante, la adopción y utilización generalizadas de los vehículos autónomos de transporte de mercancías por carretera exigirán el establecimiento de normas comunes en el sector. La regulación será un factor clave en este sentido, ya que el sector se beneficiará en mayor o menor medida de las ventajas de la automatización del transporte de mercancías por carretera en función del marco regulatorio vigente.

Por último, también existe incertidumbre sobre el nivel de automatización que puede alcanzarse en el transporte de mercancías por carretera. Más de la mitad de los expertos que participaron en la encuesta del FIT esperan que los trenes de carretera se generalicen hacia 2030 y los vehículos autónomos, hacia 2050. Se han llevado a cabo varios experimentos con convoyes de camiones conectados digitalmente y los vehículos autónomos ya operan en la actualidad dentro de zonas bien definidas y muy controladas, como puertos y explotaciones mineras. Sin embargo, sigue habiendo dudas sobre cuál será la escala final de implementación de ambas soluciones. Hasta la fecha, no se conoce ningún caso de uso comercial de camiones totalmente autónomos, ni siquiera en autopistas, aunque se han realizado pruebas con un conductor a bordo (Davies, 2017).

b) Mantenimiento predictivo para la optimización de los flujos

Además de con los vehículos autónomos, las aplicaciones de la IA en el sector tienen que ver principalmente con el mantenimiento predictivo de los equipos, la logística y la optimización de los flujos. Los sensores industriales ya se utilizan ampliamente para medir los puntos de desgaste de las máquinas y para equipar los puntos de control de las cadenas de producción. La reducción del costo de estos sensores permite en la actualidad recoger grandes cantidades de datos. La inteligencia artificial

puede procesar estos datos a una escala superior a la del procesamiento humano, lo que permite añadir más puntos de control y afinar los diagnósticos a partir del análisis de estos datos. De esta forma, las empresas pueden disponer de herramientas de diagnóstico inteligentes que faciliten las operaciones de mantenimiento y desarrollen indicadores antes de que se produzcan anomalías, allanando el camino hacia un mantenimiento predictivo en lugar de preventivo. Las operaciones de mantenimiento y control solo se realizan cuando son necesarias, antes de que aparezca una anomalía capaz de bloquear una cadena de producción o antes de que los equipos se desgasten. El mantenimiento predictivo es de gran interés para todos los operadores de redes (ferroviarias y de carretera) y vehículos (aviones, trenes o camiones, entre otros), ya que permite optimizar las operaciones, limitar el tiempo de inactividad debido al mantenimiento y reducir los costos de este. Puede ayudar también a los departamentos de mantenimiento a anticipar o incluso evitar los picos de actividad.

La inteligencia artificial también podría servir para optimizar la logística en caso de crisis. Esta aplicación, diseñada originalmente para el tráfico ferroviario, también puede utilizarse para el de carretera. Cuando se produce un incidente, el funcionamiento de los trenes de larga distancia y de los trenes metropolitanos puede verse gravemente alterado. En aquellos casos en que el mantenimiento preventivo no haya podido evitar una crisis, la inteligencia artificial aún podrá acelerar su resolución. Hoy en día, las respuestas a los escenarios de crisis están estandarizadas, y el procesamiento de la información y la coordinación de las acciones necesarias son los principales escollos: dos obstáculos que la IA puede ayudar a eliminar. Por ejemplo, en caso de avería en una línea metropolitana, la IA podría tener en cuenta el número de pasajeros para determinar la velocidad óptima para descongestionar la línea, la disponibilidad de trenes de sustitución y la mano de obra necesaria para ponerlos en servicio o los itinerarios alternativos disponibles, entre otros factores. Esta optimización de la logística y los flujos solo es posible si la IA dispone de datos en tiempo real sobre un amplio abanico de parámetros, con todos los riesgos de bloqueo que puede generar la diversidad de actores implicados (Benhamou y Janin, 2018).

Es posible que las aplicaciones descritas anteriormente alcancen un nivel de madurez tecnológica que posibilite su implementación dentro de los próximos cinco o diez años. Sin embargo, esta madurez debe poder responder también a diversos parámetros que influyen en la difusión de la inteligencia artificial: en particular, la disponibilidad de macrodatos para el funcionamiento a gran escala de los vehículos autónomos, y el respeto de la vida privada de las personas en el contexto del desarrollo de los vehículos conectados.

En el marco de cualquier implantación futura de la inteligencia artificial en el sector del transporte, las cuestiones relativas a la recopilación y explotación de datos se plantearán principalmente entre las empresas y, por lo tanto, no tendrán que ver tanto con el respeto de la privacidad, sino más bien con el reparto del valor. Para aprovechar al máximo las posibilidades de la IA, los datos sobre navegación y mantenimiento de los vehículos, así como sobre la infraestructura, deberán compartirse entre varios tipos de actores, como los administradores de infraestructuras ferroviarias y viales y los operadores de vehículos. Por lo tanto, habrá que definir claramente las condiciones económicas y técnicas en materia de armonización, calidad, interoperabilidad y tiempo real, entre otras cosas.

2. Impacto en el empleo, las ocupaciones y las competencias

El impacto de la IA en las profesiones relacionadas con el transporte dependerá de las perspectivas de implantación de los vehículos autónomos, que, a su vez, variarán en función de cada actividad de transporte. En lo que respecta al transporte de mercancías por carretera, el desarrollo de los vehículos autónomos podría provocar numerosas transformaciones en el ámbito de la conducción, pero también en términos de volumen de empleo.

a) Disminución del número de camioneros y cambios en su profesión

Como se ha mencionado anteriormente, existen varios factores que podrían impulsar la implantación de los camiones autónomos. El advenimiento de los vehículos autónomos de nivel 4 permitiría la conducción automatizada en convoyes en autopista, un entorno especialmente adecuado para este tipo de vehículos. Además, en las rutas principales en las que circula un gran número de camiones, la formación de convoyes reduciría los costos de combustible y aumentaría la seguridad gracias a la interconexión de los vehículos. Este tráfico automatizado permitiría, para empezar, aumentar los tiempos de conducción de los camiones mediante la modificación de la normativa sobre los períodos de descanso de los conductores, que ya no estarían obligados a conducir durante todo el trayecto. Con el tiempo, puede que incluso solo se requiriera la presencia de un conductor a la cabeza del convoy. Por otro lado, la presencia humana seguiría siendo necesaria para llevar a cabo las tareas que aún no están automatizadas (por ejemplo, el repostaje de combustible).

Podrían utilizarse conductores locales para transportar los camiones hasta la autopista donde se unirían a un sistema de desplazamiento autónomo o prestar servicios locales. Así, se podría poner en marcha un nuevo sistema logístico para el transporte de camiones, como ya ocurre con el transporte combinado ferrocarril/carretera. Los camiones serían llevados por los conductores hasta una zona de interfaz a la entrada de la autopista antes de unirse a un convoy autónomo, y luego serían recogidos a la salida para su entrega en el punto de destino. De esta forma, la reducción de la necesidad de conductores de larga distancia iría acompañada de un aumento de la demanda de conductores locales, quienes se beneficiarían de mejores condiciones de trabajo (trayectos más cortos en una zona geográfica limitada). Aunque el número de puestos de trabajo de camionero se vería amenazado a largo plazo, podrían crearse puestos de trabajo de controlador para supervisar las flotas de vehículos a distancia.

b) El conductor se convertirá en un piloto-supervisor

En general, las profesiones relacionadas con la conducción en el sector del transporte podrían sufrir grandes cambios. Con la IA, el trabajo de conductor de vehículos podría convertirse en un trabajo de piloto-supervisor. Al disminuir su actividad de conducción, cabría esperar una diversificación de sus tareas, como la comprobación del buen funcionamiento de los sistemas automatizados, el análisis de los datos proporcionados por los programas informáticos basados en IA a fin de tomar las decisiones adecuadas para la conducción del vehículo, o la supervisión de la puesta en marcha de los procesos de carga y descarga de su vehículo en las plataformas de depósito, que también estarán cada vez más equipadas con sistemas automatizados. Por último, cabría la posibilidad de que el conductor cumpliera también una función comercial de análisis de nuevas oportunidades de crecimiento en su sector.

Estas transformaciones —anticipadas en particular por las federaciones profesionales del transporte y la logística, como ha hecho la Asociación para el Desarrollo de la Formación Profesional en el Transporte y la Logística (AFT) de Francia¹⁶— exigirán nuevas competencias en las profesiones relacionadas con la conducción: el conductor necesitará no solo competencias digitales significativas para utilizar los dispositivos conectados, sino también competencias analíticas para comprender la información que le proporcionarán los programas informáticos, a fin de poder adaptarse a las diferentes situaciones. Entender cómo funcionan los programas basados en IA, saber contextualizar los datos proporcionados por dichos programas o poder analizar las alertas del vehículo y los fallos del sistema para garantizar la seguridad del entorno en el que se llevará a cabo la conducción son nuevas competencias necesarias para las futuras profesiones relacionadas con la conducción.

¹⁶ Véase [en línea] https://www.aft-dev.com/sites/default/files/download/Article_evolution_metiers_DEP_o.pdf.

c) Creación de nuevos empleos gracias a la aparición de nuevos servicios de transporte público

La mayor parte del transporte privado se realiza en vehículos particulares. Es poco probable que los vehículos autónomos tengan un impacto significativo en este segmento, ya que resulta todavía muy difícil predecir el momento en que se alcanzará el nivel 5 de conducción automática. Sin embargo, el nivel 4 debería permitir el desarrollo de nuevos servicios de transporte público que podrían sustituir un porcentaje de los trayectos individuales. Las primeras pruebas que se han puesto en marcha consisten en servicios de lanzadera con itinerarios en zonas delimitadas. Navya, líder mundial en este campo, ya cuenta con más de 50 vehículos en todo el mundo para viajes de corta distancia (hasta dos kilómetros). Por lo tanto, cabe suponer que, en los próximos años, las lanzaderas autónomas se utilizarán cada vez más para prestar nuevos servicios de transporte público, especialmente en rutas locales, con menos pasajeros potenciales y no cubiertas por los servicios actuales, como las nocturnas.

Estas lanzaderas autónomas compartidas destinadas a la prestación de servicios locales podrían complementar la oferta de transporte público existente, compitiendo con el transporte público masivo y el transporte privado en taxi o automóvil con chofer, lo que podría tener un impacto en los puestos de trabajo de conductor en estos ámbitos. Sin embargo, mientras no se consideren los vehículos autónomos de nivel 5, los taxis y los automóviles con chofer seguirán siendo los principales medios de transporte para los desplazamientos de puerta a puerta.

Además, la circulación de los vehículos autónomos no podrá competir con el transporte público convencional en las rutas más concurridas: esto provocaría una saturación inaceptable de las autopistas. Por otro lado, estos avances irán acompañados de la creación de empleos para la supervisión de las flotas, así como de puestos para gestionar la relación con los clientes, orientados a la recepción y la seguridad de los pasajeros.

d) Evolución de las profesiones y competencias del personal de mantenimiento

También podrían producirse cambios en la organización del trabajo del personal de mantenimiento. Las herramientas de mantenimiento inteligente que formarán parte del equipamiento estándar de los nuevos vehículos e infraestructuras también podrán instalarse en los vehículos ya existentes. Las personas encargadas de su cuidado y mantenimiento se enfrentarán, por tanto, a la necesidad de adquirir nuevas competencias y a un nuevo marco de trabajo cotidiano en lo relativo a las tareas que deberán realizar y a las herramientas disponibles.

Las herramientas inteligentes proporcionarán asistencia o incluso instrucciones, tanto para el diagnóstico como para la realización de las tareas de mantenimiento. Es difícil contradecir a una máquina sobre el origen de una avería, sobre todo si aún no se ha producido, como ocurrirá en el caso del mantenimiento predictivo. La inteligencia artificial no solo indicará qué componente debe repararse, sino también cómo debe llevarse a cabo dicha reparación. Empleando una metáfora del sector médico, proporcionará tanto el diagnóstico como el tratamiento, lo que conlleva el riesgo de que el personal pierda la visión de conjunto sobre el funcionamiento de un vehículo y las operaciones de mantenimiento que deben realizarse.

Esto podría provocar una descualificación de los trabajos de mantenimiento, pues las personas serían responsables de ejecutar dichos trabajos sin contar necesariamente con conocimientos profundos sobre el tema. En la actualidad, este riesgo parece estar limitado por el deseo general de preservar la autonomía de los empleados en lo que respecta al mantenimiento global de los vehículos y de no favorecer la especialización en tareas específicas que puedan automatizarse posteriormente. El desarrollo de competencias es, por tanto, esencial para mantener este enfoque global, a pesar de la creciente complejidad de los vehículos y de la difusión de nuevas herramientas prescriptivas inteligentes.

Por último, es probable que el ritmo de trabajo en los centros de mantenimiento se vea afectado por el mantenimiento predictivo, que podría ayudar a predecir mejor las cargas de trabajo, así como a limitar los picos de actividad.

C. El impacto de la inteligencia artificial en el sector bancario

El sector bancario ha sido pionero en la adopción de herramientas informáticas para la gestión de bases de datos de clientes y la creación de redes para la banca electrónica. Fue también uno de los primeros sectores en implantar “sistemas expertos”, programas informáticos diseñados para procesar transacciones técnicas.

1. Campos de aplicación de la inteligencia artificial en el sector

Las soluciones de IA empleadas en el sector bancario abarcan una amplia variedad de funciones y tecnologías, que pueden dividirse en cinco categorías: aplicaciones orientadas a la relación con el cliente, operaciones de servicios auxiliares, análisis de contratos, aplicaciones de negociación de activos y gestión patrimonial, y aplicaciones orientadas a la supervisión y regulación de los servicios financieros (Federal Financial Supervisory Authority Report, 2018). La fuerte presencia de datos estructurados y el carácter desmaterializado de la gran mayoría de las transacciones nacionales e internacionales hacen del sector bancario un terreno fértil para el desarrollo de soluciones de IA.

En lo que respecta a las relaciones con los clientes, las aplicaciones más desarrolladas de inteligencia artificial se encuentran en el ámbito de la calificación del riesgo crediticio. Los bancos han desarrollado históricamente la capacidad de analizar el riesgo asociado a cualquier solicitante de un préstamo mediante modelos estadísticos. Estos modelos se ven enriquecidos en la actualidad con fuentes de datos adicionales que puede ser necesario procesar mediante soluciones de inteligencia artificial.

No obstante, el principal campo de aplicación y el que presenta mayor potencial para transformar el trabajo en el sector bancario es el de los asistentes conversacionales o chatbots (Satheesh y otros, 2018). Una serie de aplicaciones de la IA en las operaciones de servicios auxiliares pueden vincularse a las actividades financieras de los bancos, como la modelización del riesgo y la optimización de la utilización del capital. En cuanto a las aplicaciones en el campo de la gestión patrimonial, estas se centran cada vez más en el análisis de señales débiles que pueden proporcionar información útil para las inversiones.

Por último, en el ámbito regulatorio, las aplicaciones de IA se relacionan con la detección de transacciones irregulares y también pueden servir para optimizar los mecanismos destinados a conocer al cliente; por ejemplo, utilizando el reconocimiento de imágenes para extraer automáticamente información útil de la imagen escaneada de un documento de identidad.

2. Impacto en el empleo, las ocupaciones y las competencias

a) La evolución de la profesión del asesor bancario

Los cambios provocados por la IA podrían transformar profundamente la profesión del asesor bancario. En su estudio para el observatorio francés de las profesiones bancarias (Observatoire des métiers de la banque), Athling (2017) destaca que las actividades más afectadas serán las relacionadas con el cumplimiento de los cambios normativos, jurídicos y fiscales propios del sector bancario. Estas actividades mejorarán gracias a un seguimiento más pertinente y a herramientas de recomendación más avanzadas y personalizadas, como la que ofrece el motor de búsqueda jurídica Doctrine, que permitirá el acceso a esta información bajo solicitud. Los asesores también se beneficiarán de la ayuda de las herramientas de IA en la creación de perfiles de sus clientes, lo que les permitirá procesar las solicitudes de crédito más rápidamente e identificar con mayor eficacia los riesgos financieros como el fraude fiscal y el blanqueo de dinero.

Con independencia de su desarrollo, la inminente llegada de la IA, sumada a las nuevas expectativas de los consumidores, está llevando a los bancos a transformar sus actividades y reorientarlas en torno a un servicio disponible las 24 horas del día y los siete días de la semana. El objetivo es cumplir la doble promesa de inmediatez y calidad de servicio mediante la combinación de un servicio basado en la IA para clasificar las solicitudes y gestionar las preguntas más frecuentes con un servicio humano a distancia disponible en cualquier momento. También podría surgir una forma de servicio de bajo costo en la que el consumidor solo tuviera acceso a la ayuda automatizada, y tuviera que pagar más para interactuar con un humano. Los agentes dedicados principalmente al funcionamiento de la plataforma o a la resolución de los problemas técnicos derivados de su uso podrían constatar gradualmente un efecto doble en su trabajo: la reducción del número de empleados necesarios y el aumento de la complejidad de las tareas que quedan por hacer.

La creciente eficacia de la IA para responder las cuestiones relacionadas con la plataforma bancaria en línea, que ya es el principal medio de interacción entre clientes y bancos, liberará tiempo de trabajo y facilitará la labor de estos agentes al filtrar el número de solicitudes. Así, el banco podría optar por formar a estos agentes de atención al cliente para que respondan consultas que son tradicionalmente responsabilidad del asesor bancario. Esta evolución se corresponde con las expectativas del cliente, que cada vez más ve en su asesor no a una persona que comparte la responsabilidad de gestionar su cartera, sino a un asistente que debe ayudarlo a orientarse y estar disponible para resolver cualquier coyuntura.

En este campo también están surgiendo nuevos actores que disponen de uno de los recursos clave para implantar un sistema basado en la IA. Los grupos de servicios integrados especializados en la relación con los clientes, que tienen acceso a grandes cantidades de datos a través de las operaciones de atención al cliente que realizan para empresas terceras, se verán empujados a implementar una oferta alternativa gestionada únicamente por robots, que podría reducir drásticamente sus costos. En lugar de una estrategia de deslocalización u *off-shoring* para reducción de costos se introduce el *bot-shoring* en el cual los procesos se evalúan para la automatización en lugar de la reubicación.

Para el asesor bancario, el hecho de contar con tecnologías de IA que faciliten su trabajo y reduzcan el volumen de conocimientos necesarios (al resultar más accesibles) también puede suponer una motivación para evolucionar hacia un mayor conocimiento del cliente. Así, los asesores podrían asumir una mayor responsabilidad en la gestión de sus clientes, dedicando más tiempo a recomendar inversiones o fuentes de financiamiento. En estas circunstancias, las competencias sociales y de toma de decisiones ganarían importancia, lo que podría llevar a las sucursales bancarias a hacer hincapié en la formación en materia de diálogo y negociación.

En función de las decisiones que tomen las empresas del sector, la IA puede contribuir a optimizar el servicio y continuar la tendencia a la digitalización o a reforzar la importancia del asesor, dándole más autonomía.

b) Transformación de las funciones de apoyo

La transformación de las funciones de apoyo en el sector bancario es una continuación de los cambios que ya se observaron con la llegada de la tecnología digital. La inteligencia artificial hará que desaparezcan ciertas tareas, incluidas las más repetitivas y especialmente las relacionadas con la recogida de datos, que se optimizarán o acelerarán. Surgirán nuevas formas de trabajar, en las que los empleados tendrán que aprender a interactuar con el nuevo sistema basado en la IA para que este evolucione.

En lo que respecta a los sistemas de información, la llegada de métodos basados en la inteligencia artificial no perturbará su organización. Los avances serán una continuación de lo puesto en marcha con la automatización robótica de procesos, una tecnología de automatización informática basada en algoritmos no autodidactas que existe desde los años noventa y está en continuo desarrollo. En el caso

de otras actividades, como las relacionadas con el cumplimiento, las herramientas de IA pueden llevar a una valorización de las competencias transferibles identificadas, como la capacidad de respuesta y adaptabilidad o las habilidades ofimáticas e informáticas (Lainé, 2018). Destacar estas competencias podría aumentar la empleabilidad de los trabajadores.

D. ¿Qué enseñanzas pueden extraerse de este análisis sectorial?

Este análisis sectorial prospectivo permite alcanzar varias conclusiones importantes. Muestra que los efectos de la IA serán multidimensionales y extremadamente variados en función de las particularidades de cada sector (en materia de ocupaciones, competencias, actividades, variedad de tareas propias de cada ocupación, grado de complejidad de las tareas, variedad de usos de los dispositivos de IA, entre otros). Aun así, se pueden extraer varias enseñanzas generales en lo que respecta a otros sectores de actividad, en los que la IA puede tener efectos transversales similares.

1. El impacto de la inteligencia artificial puede ir desde la transformación y la eliminación de tareas dentro de una profesión hasta la creación de nuevas tareas

En primer lugar, el impacto de la IA será diferente según la naturaleza de las tareas, y la transformación de estas irá más allá de las profesiones y las competencias y afectará al entorno laboral de cada persona. Dicho entorno se refiere conjuntamente a la organización del trabajo, las condiciones laborales, las prácticas de gestión y las relaciones laborales.

Además, dependiendo del tipo de tareas, el abanico de posibilidades puede ir desde la transformación y la supresión de tareas hasta la creación de otras nuevas, incluso dentro de una misma ocupación. Estas transformaciones pueden afectar tanto a tareas periféricas de bajo valor agregado como a tareas de alto valor agregado que constituyen el núcleo de la profesión, como en el caso de la conducción autónoma de vehículos.

A este respecto, se pueden identificar tres categorías diferentes de tareas en las que el uso de la inteligencia artificial afecta el trabajo de manera diversa: en primer lugar, la realización de tareas que no habría sido posible llevar a cabo sin una máquina, al menos no en condiciones económicamente rentables, o que implicarían la movilización de mano de obra que no estaba disponible. Un ejemplo característico serían las actividades de seguimiento que realiza un dispositivo sanitario conectado que registra datos las 24 horas del día. En este caso, no existe una sustitución del trabajo actual: se trata de tareas de seguimiento nuevas de un dispositivo automático.

En segundo lugar, la automatización de tareas que antes se realizaban manualmente. Es el caso de la conducción automática en autopista en el transporte de mercancías por carretera. En el sector bancario son ejemplos de ello las tareas poco complicadas y rutinarias, como las actividades de control y de tratamiento de la información (comprobación de documentos, detección de fraudes, control del cumplimiento de normas predefinidas, entre otras) y las tareas de organización y priorización. Estas tareas, en las que se utilizan herramientas de IA, tienden hacia la sustitución, al igual que las competencias empleadas en las funciones de apoyo de la banca minorista (programación, gestión de expedientes de los clientes, análisis de riesgos situacionales, *scoring*, sistemas expertos, entre otras). En este caso, las herramientas de IA pueden suponer una devaluación de ciertas competencias específicas, ya que las máquinas pueden realizar la misma tarea. En la imagenología médica, la capacidad de detectar ciertas patologías podría entrar en esta categoría. Del mismo modo, las competencias procedimentales (planificación, control de calidad, cumplimiento de las normas jurídicas o reglamentarias, entre otras) pueden perder valor pues el cumplimiento del procedimiento estaría garantizado por las máquinas.

En tercer lugar, habría tareas que seguirían siendo realizadas por humanos, al menos en un futuro previsible, a causa de las limitaciones inherentes a la propia tecnología. Un ejemplo de esto son las situaciones en las que la tecnología no está lo bastante avanzada, y no parece cerca de estarlo, debido a la gran complejidad de ciertas actividades, como es el caso de la conducción autónoma en cualquier circunstancia de circulación y la atención médica a pacientes.

Además del impacto que tendrá la IA en las tareas que pueden automatizarse en mayor o menor medida, también surgirán nuevas tareas e incluso profesiones enteras vinculadas al diseño, la producción y el despliegue de dispositivos de IA, en áreas que van desde la investigación y el desarrollo de la IA, pasando por su producción, implantación y actualización, hasta su supervisión y mantenimiento. Estas nuevas actividades pueden abarcar varios tipos de ocupaciones y niveles de cualificación (desde el investigador hasta el operario o técnico). Aunque no cabe duda de que la investigación en materia de IA requiere personas altamente cualificadas, existen otras tareas necesarias para el funcionamiento de los dispositivos de IA que no exigen el mismo nivel de competencia. Algunos ejemplos son la actualización del sistema de aprendizaje del programa informático y de los procesos algorítmicos, la detección y corrección de errores de clasificación por parte de los dispositivos de IA, y la recopilación y digitalización de datos. Estas actividades no constituyen un volumen muy significativo de empleo dentro de los sectores analizados, pero son funciones esenciales para el éxito del funcionamiento de los dispositivos de IA. Ya existen estudios profesionales que permiten obtener una certificación en el ámbito de la inteligencia artificial para satisfacer la creciente demanda de estas nuevas profesiones.

2. Numerosos beneficios para los trabajadores en lo relativo al aprendizaje continuo, la organización del trabajo y la valorización de las competencias sociales y humanas

Los ejemplos sectoriales aquí recogidos han demostrado que los dispositivos de IA son capaces de mejorar el rendimiento operativo favoreciendo una mejor coordinación entre los trabajadores así como una mayor autonomía en el trabajo y en la delegación de tareas, y contribuyendo a fomentar una dinámica de aprendizaje continuo mediante la complementariedad entre humanos y máquinas.

También han puesto de relieve la importancia que pueden adquirir otros tipos de competencias, en particular las sociales y humanas, para aumentar el valor del trabajo generado por la IA. A medida que las herramientas de IA faciliten la realización de tareas sencillas o complicadas, las habilidades interpersonales y sociales —como el don de gentes y la capacidad de influir, negociar y escuchar— podrían valorarse cada vez más, especialmente en trabajos tradicionalmente mal pagados, como los auxiliares sanitarios y los trabajadores sociales. De manera más global, la IA fortalecerá todas las profesiones que se apoyen en las interacciones humanas y sociales.

Con el uso de las herramientas de IA también surge la necesidad de competencias para analizar los resultados proporcionados por las máquinas. Cuando un dispositivo automático indique haber detectado un tumor, por ejemplo, seguirá existiendo una función de interpretación crítica del resultado. Lo mismo ocurre con los programas de mantenimiento predictivo, como en el mencionado sector del transporte, donde la salvaguardia de la seguridad para los humanos es primordial. Será esencial que el ser humano sea capaz de seguir, criticar y encontrar posibles contraargumentos para garantizar que se tome la decisión correcta.

Es importante que el tiempo liberado por el uso de las máquinas pueda dedicarse a analizar y justificar los resultados que estas proporcionen. Utilizar ese tiempo para aprender y mejorar las competencias es sin duda importante, pero también plantea otro reto en cuanto a la responsabilidad en la toma de decisiones por parte de los usuarios de soluciones basadas en la IA. Este reto será aún más importante en el contexto de los sistemas basados en el aprendizaje profundo (*deep learning*), que se

caracterizan por su opacidad, es decir, por la dificultad para rastrear su proceso de toma de decisiones y, por ende, comprender su funcionamiento. Estas reflexiones ya se plantearon con los primeros sistemas de IA aplicados a contextos laborales (sistemas expertos) en los años ochenta y noventa (de Terssac, Soubie y Neveu, 1988, págs. 461-477), y de forma más general con todos los sistemas automatizados que implican la interacción entre humanos y máquinas (Parasuraman y Wickens, 2008).

Sin embargo, más allá de los ejemplos sectoriales estudiados, es importante señalar que los beneficios del aprendizaje y de la mejora de las competencias también dependerán de la lógica de uso de la IA, que derivará de la estrategia empresarial adoptada por cada organización. Si se orienta hacia la mejora de la calidad del trabajo como motor de desempeño de la organización, cabe esperar que los efectos positivos en el trabajo diario de los empleados se conviertan en una realidad. Por el contrario, si la estrategia se orienta principalmente a la reducción máxima de costos para responder principalmente a imperativos económicos, la IA, como cualquier otra tecnología, corre el riesgo de limitar el alcance de la dinámica de aprendizaje. La realización de estudios monográficos exhaustivos a partir de casos de uso concretos a nivel sectorial es lo único que podría dar respuesta a estas cuestiones estratégicas, mediante el análisis minucioso de los vínculos entre el uso de las herramientas de IA, las expectativas de las organizaciones y su modelo de negocio.

3. Paradójicamente, la IA puede disminuir algunas capacidades cognitivas humanas y empeorar las condiciones laborales

El análisis sectorial también ha puesto de manifiesto los efectos contradictorios que la IA puede tener en las condiciones laborales. Si bien la IA puede librar al trabajador de tareas tediosas y rutinarias haciendo que pueda centrarse en tareas complejas de mayor valor agregado, paradójicamente esta circunstancia también puede generar una sobrecarga cognitiva y mental. El trabajador puede sufrir un agotamiento cognitivo si el tiempo liberado por las máquinas supone un aumento demasiado grande de las tareas complejas. La incapacidad de mantener el rendimiento cognitivo al máximo tras una actividad mental prolongada es un fenómeno natural que se produce con todo tipo de tareas y que puede afectar a todas las ocupaciones, independientemente del sector de actividad. Las consecuencias de este fenómeno pueden suponer errores de juicio, de percepción y de memorización así como una capacidad de reacción más lenta por parte de los humanos. Todo ello puede derivar en una mala toma de decisiones y una disminución del rendimiento (Laurent, 2010).

Este posible riesgo debería llevar a las organizaciones que introduzcan tecnologías de IA a definir una división del trabajo y de las tareas lo más sostenible posible, con el fin de conciliar un nivel alto de desempeño económico con unas buenas condiciones de trabajo.

La IA también puede provocar la disminución e incluso la desaparición de ciertas competencias cognitivas si son menos requeridas o dejan de serlo por completo. Este riesgo remite a un fenómeno, más antiguo que la IA, observado con el desarrollo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS): según varios estudios, el GPS favorece que se devalúe el sentido de la orientación y el conocimiento de una ciudad en los conductores, y genera una gran dependencia debido al menor uso de ciertas zonas del cerebro, en particular del hipocampo³⁷. La falta de uso del hipocampo puede incluso provocar que este se atrofie en el caso de usuarios dependientes, lo que en ocasiones puede conducir al desarrollo de enfermedades neurodegenerativas como el mal de Alzheimer (Bohbot y otros, 2017).

Este tipo de riesgo plantea un problema relacionado no solo con la forma en la que se utilizan las herramientas de IA, sino también con su frecuencia de uso, lo que pone de manifiesto la importancia de definir normas de gobernanza para los algoritmos de IA con el fin de proteger las capacidades cognitivas humanas. Entre otras cosas, la definición de estas normas en el contexto de las interfaces entre

³⁷ Véase también, por ejemplo, Javadi y otros (2017).

humanos y máquinas permitiría decidir qué capacidades cognitivas humanas son importantes y deben protegerse de forma prioritaria, de tal modo que los dispositivos con IA se diseñen para potenciar dichas capacidades al tiempo que beneficien de una mayor eficiencia y productividad.

El riesgo de fatiga mental debido al mayor número de tareas complejas, puesto de relieve en el análisis sectorial, también puede provocar un incremento del estrés laboral. Una vez más, se trata de un riesgo que puede afectar a todos los sectores, más allá de los analizados en este estudio. Aunque sigue habiendo pocos estudios sobre el impacto de la IA en el estrés laboral como consecuencia de la reorganización de tareas provocada por esta, puede citarse una reciente encuesta realizada a 10.000 trabajadores japoneses. Esta mostró que, aunque la IA les permitía centrarse en tareas más complejas que les proporcionaban mayor satisfacción, estas mismas tareas aumentaban a su vez el estrés en el desempeño de su trabajo y empeoraban sus condiciones laborales (Yamamoto, 2019).

4. El caso de los robots colaborativos

Más allá de los sectores estudiados, existen otros riesgos para las condiciones de trabajo en lo que respecta a las interfaces entre humanos y máquinas. Veamos el ejemplo de la introducción de robots equipados con soluciones basadas en la IA, incluidos los robots colaborativos (*cobots*) utilizados para muchas aplicaciones en los sectores de la industria y la fabricación, así como en la logística y la gestión de almacenes, por ejemplo. Entre estos robots inteligentes se incluyen los que ayudan a transportar cargas pesadas, los exoesqueletos de las cadenas de montaje que sirven de apoyo a los procesos de producción y ayudan a los operarios, y los robots móviles que se desplazan por el interior de las fábricas y los almacenes. Estas máquinas combinan la precisión de movimientos con la reducción de los esfuerzos inherentes a la repetición de tareas y a la manipulación de cargas pesadas. También representan una oportunidad para ayudar a los empleados con discapacidad o de edad avanzada. Así, la robótica colaborativa puede contribuir a mejorar las condiciones laborales al reducir las lesiones por movimientos repetitivos (LMR) y mejorar la ergonomía del lugar de trabajo¹⁸. Los robots inteligentes pueden trabajar junto a los operarios para reducir los efectos adversos en la salud derivados del esfuerzo físico, los movimientos repetitivos y las posturas forzadas, que se consideran factores de riesgo para lesiones osteomusculares.

A pesar de todo, el uso de estos robots inteligentes también puede suponer muchos riesgos (Eurogip, 2017). En primer lugar, existen riesgos psicosociales si las personas se ven obligadas a trabajar al ritmo del robot, así como riesgos físicos debido a posibles colisiones entre los robots y los operarios (Moore, 2019). Aunque en algunos contextos la estrecha colaboración facilitada por los *cobots* puede mejorar el rendimiento, el hecho de conceder una mayor autonomía a los robots podría reducir el margen de autonomía de los operarios.

La existencia de estos robots colaborativos también plantea la cuestión de la responsabilidad entre las distintas partes (fabricante, integrador, usuario y el propio robot) en caso de accidente laboral. Además, da lugar a un dilema ético relacionado con el respeto a la intimidad, ya que estos robots inteligentes están equipados con numerosos sensores que almacenan información de su entorno de trabajo y recopilan datos que podrían resultar privados. Es el caso, por ejemplo, del uso de cámaras en las habitaciones de hospital: se consideran necesarias para la evolución de los robots empleados en aquel contexto, pero resultan intrusivas en el día a día de los pacientes (Steijn, Luijff y van der Beek, 2016). Es igualmente importante que las organizaciones consideren todos estos riesgos para garantizar la seguridad, la confianza, la aceptabilidad social de los robots y el bienestar laboral.

¹⁸ Las agencias de seguridad y salud ocupacionales (SSO) ya habían identificado la posibilidad de que los robots sustituyeran a los trabajadores en las tareas laborales pesadas y en los entornos de trabajo peligrosos (con riesgos químicos o ergonómicos, entre otros). Véase EU-OSHA (2018).

5. Otra paradoja de la IA es que en determinadas situaciones laborales puede reforzar tareas muy repetitivas

También podemos subrayar el riesgo de alienación y deshumanización del trabajo en el caso de que los trabajadores se acaben ocupando de tareas muy repetitivas y rutinarias que la IA no realiza por resultar demasiado costosas de automatizar. Un sector que puede servir de ejemplo es el de la logística en los almacenes, donde la creciente automatización de los sistemas de clasificación automática ha llevado a reorganizar el trabajo de selección manual en dos ocupaciones: la alimentación y la paletización. Según varios estudios de caso (Gautié, Jaehrling y Pérez, 2020, págs. 774-795), esta reorganización ha hecho que las tareas sean más repetitivas, y los trabajadores han expresado un sentimiento de alienación, como si se hubieran convertido en meros ejecutores dirigidos por máquinas. No se puede descartar que la introducción de sistemas basados en la IA en las labores de almacenamiento pueda tener efectos negativos similares, o incluso empeorarlos.

Concretamente, este fenómeno por el que el empleado se convierte en mero ejecutor dirigido por una máquina comenzó con la creación de plataformas como la Mechanical Turk de Amazon, dado que hacen posible supervisar las tareas mediante IA, permitiendo un control virtual a través de algoritmos basados en la IA (Benhamou, 2018). En este tipo de plataformas, “muchas manos” se conectan para realizar microtareas que los programas informáticos más sofisticados no pueden hacer, como identificar objetos en imágenes, nombrarlos, traducir fragmentos de textos y categorizar imágenes. El principio sigue siendo el de tareas periféricas que pueden ser realizadas a distancia por personas poco cualificadas. Este sistema recuerda a la gestión científica teorizada por F.W. Taylor, basada en tareas fragmentadas y repetitivas, con la única diferencia de que el control jerárquico desaparece, pues pasa a ser virtual mediante el uso de algoritmos.

6. Mayor riesgo de control y vigilancia en el lugar de trabajo

Por último, la IA puede intensificar la vigilancia a la que se somete a los trabajadores y degradar el entorno laboral. El riesgo de control y vigilancia laborales relacionado con la tecnología no es nuevo, sobre todo desde la digitalización de las herramientas de trabajo (vigilancia informática a través de computadoras, videovigilancia, y otras). No obstante, los dispositivos de IA podrían agravar este riesgo mediante la recopilación y el procesamiento de datos (a través de captadores o sensores) relativos a las actividades de los empleados. Incluso los *cobots* —que no están pensados para supervisar el comportamiento de los empleados, sino para ayudarlos a realizar las tareas laborales— producen un sinnúmero de datos granulares sobre el desempeño laboral (por ejemplo, los intervalos de inactividad de los trabajadores y de las máquinas). Por lo tanto, la introducción de *cobots*, según el uso que se les dé, puede aumentar el riesgo de vigilancia y control de las actividades de los empleados. Además, aunque los datos se anonimicen y agreguen de forma eficaz, todavía pueden incluir elementos personales, como el nivel de interacción con los compañeros y el estado de ánimo de los trabajadores (Moore, 2019). En función de las prácticas de gestión de cada organización, la IA podría utilizarse para estrechar el control sobre los trabajadores, con todas las consecuencias que ello puede acarrear en cuanto a estrés, intensificación del trabajo y ansiedad laboral.

Estas problemáticas no son nuevas y ya dieron lugar a un amplio debate en las décadas de 1970 y 1980 sobre si a los órganos directivos de las empresas les interesaba aplicar una estrategia general de descualificación tecnológica para aumentar el control por parte de la dirección (Braverman, 1987). El uso de máquinas-herramienta de control numérico se presentaba como un ejemplo del modo en el que las empresas podían utilizar las tecnologías de automatización para afianzar su control sobre los empleados, separando las tareas de diseño y ejecución. La IA no hace sino renovar el riesgo de un mayor control y vigilancia por parte de las máquinas, pero dicho riesgo recae potencialmente sobre casi todos los empleos afectados por el uso de la IA en su entorno laboral, ya sean cualificados o de cualificación media o baja.

IV. Debate general y recomendaciones

En los últimos años, la inteligencia artificial se ha convertido en un tema de debate crucial que va mucho más allá del ámbito digital, pues se intuye el gran alcance que pueden tener sus consecuencias económicas y sociales, especialmente en el mundo laboral.

Los recientes avances en IA están dando lugar a debates e interrogantes de gran significado y trascendencia. ¿Hasta qué punto pueden sustituir las máquinas a los humanos? ¿Cuántos puestos de trabajo destruirán y cuántos crearán? ¿Cómo se transformarán las ocupaciones, las competencias y las condiciones laborales con la implantación de la IA? ¿Puede esta revolución tecnológica ser sinónimo de mayor bienestar para los trabajadores, en lo relativo tanto a las condiciones laborales como a la optimización de las competencias?

Como demuestra este estudio, las estimaciones actuales del impacto de la inteligencia artificial —excesivamente optimistas o, por el contrario, a menudo alarmistas— no ofrecen respuestas sólidas a preguntas que son legítimas. Aquellas que son excesivamente optimistas contribuyen a alimentar una visión demasiado simplista de la IA e incluso a generar expectativas, tanto sobre el potencial técnico de la IA (es decir, qué será capaz de hacer en lugar de los humanos) como sobre su capacidad para aumentar la productividad, mejorar las condiciones laborales, eliminar el trabajo pesado, o incluso acabar siendo el remedio milagroso para una complementariedad armoniosa entre los humanos y las máquinas. Por el contrario, las estimaciones más negativas cristalizan los temores que predicen la destrucción masiva de puestos de trabajo y de sectores enteros de actividad. Ven surgir el fantasma de la deshumanización del trabajo a partir de un fordismo tecnológico basado en la fragmentación extrema de las tareas, el aumento de la supervisión del ritmo de trabajo y el control de las interacciones sociales.

Estos dos puntos de vista reduccionistas no solo son improductivos, sino que principalmente pueden ser peligrosos. El exceso de optimismo genera expectativas desmesuradas que pasan por alto las condiciones reales de incorporación de la IA y especialmente las condiciones que deben cumplirse para que la IA continúe siendo una herramienta al servicio del ser humano. Por otro lado, el pesimismo extremo puede llevar a renunciar a los beneficios de la IA, pero también puede conducir a una actitud de espera paralizante que hará que la sociedad y los trabajadores estén poco o mal preparados para los cambios que se avecinan.

Las vías exploradas en este estudio se sitúan entre estos dos extremos y apuestan por un enfoque realista y pragmático, con el fin de que la IA esté siempre al servicio de la realización individual.

Los estudios sectoriales presentados ponen de manifiesto los riesgos derivados de la IA (transferencia de conocimientos a las máquinas, pérdida de capacidades cognitivas, deterioro de las condiciones laborales), pero también sus posibles beneficios (optimización de las competencias, enriquecimiento de las tareas, empoderamiento de los trabajadores). Así pues, nos encontramos ante una paradoja con riesgos y beneficios simultáneos.

¿Significa esto que las máquinas —en este caso, la IA— contienen en sí mismas, por naturaleza, estas paradojas?

A. Promover un marco moral y ético para regular la implantación de la inteligencia artificial

La conclusión de este trabajo es muy diferente: lo que dicta y determina la clase de impacto que tendrán las máquinas en el trabajo y el empleo es el marco que forjen los seres humanos para su implantación. Los efectos de la IA, como los de las tecnologías en general, no se producen por sí solos: dependen siempre de las elecciones humanas (intenciones y toma de decisiones) y de las modalidades de ejecución (institucionales, organizativas y reglamentarias). Es necesario tener en cuenta estas dimensiones para inclinar la balanza hacia el lado correcto.

Así pues, la consideración clave que se desprende del análisis del impacto de la IA en el trabajo es que la cuestión no es fundamentalmente tecnológica, sino profundamente humana. ¿Qué tipo de trabajo queremos? ¿Qué tipo de sociedad queremos? ¿Qué valor le damos a la inteligencia humana? ¿Y al trabajo? La IA nos empuja sin remedio a hacernos estas preguntas. Y se desarrollará en el contexto de las respuestas que demos a tales interrogantes, ya sea en la dirección que hayamos elegido o no.

Por tanto, es imperativo definir y descubrir en qué modalidades la IA sería complementaria a la inteligencia humana, sin llegar a sustituirla. La IA añade además un ingrediente crucial: el hecho de que sea una tecnología de autoaprendizaje hace prácticamente imposible predecir en qué dirección irá, desde un punto de vista tecnológico. Su potencial de innovación y disrupción es ilimitado. Si se deja a la IA por su cuenta, sencillamente no sabemos qué dirección podría tomar.

A pesar de todo, los debates actuales se centran en el desarrollo de competencias específicas, sobre la base de lo que sabemos hoy sobre las posibilidades técnicas de la IA. Pero la IA es imprevisible por naturaleza, precisamente por ser autodidacta.

Por eso, mucho más que habilidades técnicas, lo que la IA exige es un marco moral y ético que nos permita estimar correctamente los puntos de inflexión y los trastornos que se derivarán inevitablemente del desarrollo de la IA, aunque no podamos predecir cuáles serán o de dónde surgirán.

Naturalmente, las empresas necesitarán más técnicos especializados en el tratamiento de datos, científicos de datos, analistas de datos y desarrolladores de IA, entre otros. Pero estos puestos de trabajo solo representarán una pequeña parte de los empleos totales y, lo que es más importante, esta es una cuestión de segundo orden.

La cuestión de primer orden es la dirección que queremos que tome nuestra sociedad. Los técnicos y analistas trabajarán dentro de este marco y, en función de cuál sea, lo harán en trabajos precarios sometidos a una máquina o en trabajos estables, gratificantes y dignos.

A escala macro, este marco ético ya existe, por ejemplo, en la Carta de las Naciones Unidas y en la Declaración Universal de Derechos Humanos. Estos dos textos pueden servir de base para concebir estos avances tecnológicos, que son imprevisibles y contingentes por naturaleza.

B. La inteligencia artificial destaca la importancia de aprender a aprender

A un nivel más micro, también hay que establecer un marco ante la llegada de la IA. La tecnología de autoaprendizaje plantea otra cuestión profunda relacionada con el aprendizaje: qué aprender y cómo hacerlo. La IA suele trabajar con datos históricos para descubrir regularidades estadísticas. Paradójicamente, esto puede fomentar el conservadurismo en la toma de decisiones y repercutir en contra de futuras innovaciones. Pero el progreso no es una cuestión del pasado, sino que requiere creatividad y asunción de riesgos. La IA exigirá que los humanos sepan apartarse de las reglas y normas del pasado cuando el entorno lo requiera, y que la alimenten continuamente con nuevos conocimientos.

Los algoritmos también siguen reglas predeterminadas por el diseñador, que no se corresponden necesariamente con la compleja realidad del usuario de la IA. Por tanto, es imprescindible que los humanos mantengan el control sobre las máquinas sin perder la capacidad de hacer una lectura crítica de sus recomendaciones y de enriquecerlas con interpretaciones innovadoras.

Ser capaces de cuestionar las recomendaciones generadas por la IA y de tomar una decisión informada también es parte de la responsabilidad individual en el ámbito profesional. Esta responsabilidad puede ejercerse plenamente siempre y cuando los algoritmos puedan rastrearse a través de todo el proceso de toma de decisiones. Por tanto, la regulación humana (comprensión, comprobación de la estructuración de los datos y de los criterios en los que se basa el razonamiento de las máquinas) es esencial.

Asimismo, este estudio ha puesto de manifiesto el riesgo de que surjan contextos organizativos en los que disminuya el aprovechamiento de las competencias cognitivas como consecuencia de la transferencia de conocimientos específicos a las máquinas. Delegar un número cada vez mayor de tareas en la IA puede conducir a la desvinculación, a la pérdida de responsabilidad de los trabajadores y al empobrecimiento de las relaciones interpersonales si se incrementa la transferencia de conocimientos a las máquinas. Estos riesgos pueden ser aún mayores en el caso de las profesiones cualificadas, que pueden a su vez tener más que decir en la forma en la que se adopta la IA, ya que es más probable que tengan conocimientos especializados esenciales para el funcionamiento de la organización. Estos efectos sobre la mano de obra cualificada se discuten poco en los debates, a pesar de que son riesgos que pueden suponer importantes costos organizativos (disminución de la cooperación, resistencia al cambio tecnológico y organizativo, falta de reactividad, entre otros) si dichos trabajadores cualificados sienten que se convierten en meros subordinados de la IA.

Ante estos retos, las organizaciones harían bien en desarrollar su propia herramienta de apoyo a la toma de decisiones mediante la movilización de varias competencias, favoreciendo la colaboración entre los especialistas en IA y los trabajadores que poseen las competencias propias de la profesión. El objetivo es mejorar la asimilación de los procesos de toma de decisiones, pero también su aceptabilidad, mediante herramientas de IA controladas y contextualizadas, es decir, adaptadas a las necesidades de los usuarios y a la complejidad de sus ámbitos de aplicación. Esta colaboración entre diferentes profesiones también ayudaría a proteger contra los riesgos sistémicos que puede suponer la IA.

C. Adaptar la formación inicial y continua al imperativo de aprendizaje

Así pues, uno de los principales retos del sistema de formación inicial y continua será proporcionar a los individuos los medios necesarios para que desarrollen el juicio crítico, la creatividad, el pensamiento sistémico, la cooperación y el trabajo en equipo con el fin de discernir y jerarquizar fenómenos complejos e interdependientes y aportar soluciones operativas a problemas que respondan realmente a las necesidades y expectativas de las organizaciones y los individuos.

Los efectos de la IA, por tanto, plantean la cuestión del aprendizaje permanente con una nueva magnitud. Los continuos avances de la IA pueden acelerar la obsolescencia de ciertas competencias adquiridas, a medida que esta aprenda a encargarse de más tareas. Por ello, es importante acompañar las transiciones derivadas de la IA asegurando, por un lado, las trayectorias profesionales dentro de las profesiones que se vean transformadas y, por otro, facilitando la movilidad profesional hacia otras ocupaciones y sectores de futuro a los trabajadores más vulnerables al riesgo de la automatización.

El acceso a la formación continua y al desarrollo de su contenido también debe evolucionar y ser coherente con la evolución del sistema de formación inicial. Los sistemas de formación inicial y continua tendrán que encontrar un buen equilibrio entre la adquisición de conocimientos formales impartidos en el plan de estudios y la adquisición de conocimientos a través del aprendizaje experiencial, basado en el ensayo y error y en la resolución de problemas prácticos, la creatividad y la asunción de riesgos. El objetivo deberá ser siempre el de capacitar a los individuos para que aprendan a aprender sin perder el sentido de la responsabilidad y la ética en la toma de decisiones.

Ante este imperativo de aprendizaje, la formación continua ya no debe entenderse únicamente en forma de escolarización, cursos y prácticas fuera de la empresa. Las prácticas de formación continua tendrán que diversificarse e incluir formaciones en situación de trabajo, es decir, en los propios puestos de trabajo, para fomentar el aprendizaje experiencial.

D. La complementariedad entre humanos y máquinas requerirá un nuevo paradigma organizacional

La evolución de las políticas públicas en materia de formación inicial y continua no será suficiente para hacer frente a la revolución que supondrá la IA en el mercado laboral. La organización laboral, a través de sus prácticas de gestión y organización, también desempeñará un papel decisivo en el desarrollo de las competencias y en la complementariedad entre humanos y máquinas.

Una vez más, los informes nacionales e internacionales sobre la IA y el trabajo se centran principalmente en las políticas públicas destinadas a adaptar la formación inicial y continua a la evolución de la IA. No cabe duda de que estas cuestiones son importantes, pero es muy probable que sus virtudes se vean gravemente limitadas si las organizaciones laborales no están adaptadas para desarrollar las capacidades de aprendizaje continuo de sus trabajadores mediante una mayor autonomía, trabajo en equipo, cooperación y experimentación en el lugar de trabajo, entre otros.

Como se señala en un reciente estudio, por desgracia, la cuestión de la organización laboral se subestima con demasiada frecuencia en las políticas públicas destinadas desarrollar las competencias, mejorar de la calidad del trabajo o fomentar una mayor difusión de las innovaciones, ya sea porque los métodos de aplicación son difíciles de identificar o porque se consideran la "caja negra" de la empresa (Benhamou y Lorenz, 2020).

Sin embargo, la organización laboral desempeña un papel decisivo en el uso de las competencias, en la calidad laboral y en la difusión de las innovaciones a través de los procesos de gestión del saber y el conocimiento. Aprovechando varias fuentes estadísticas, a escala de los 27 países de la Unión Europea, se demostró empíricamente (*ceteris paribus*) que no todas las organizaciones laborales son capaces de alcanzar estos objetivos. Algunas son más eficaces que otras, como es el caso de las "organizaciones discentes". Este es el modelo que consideramos más adecuado para crear las condiciones propicias de complementariedad entre humanos y máquinas en lo relativo a las cuestiones mencionadas anteriormente.

E. La organización discente surge para promover la complementariedad inteligente y responsable entre humanos y máquinas

Una organización discente es un modelo de organización laboral que se basa fundamentalmente en el desarrollo continuo de las capacidades de aprendizaje de sus miembros con el fin de alcanzar los objetivos compartidos y anticiparse a las transformaciones futuras. Por lo tanto, está especialmente bien adaptada a un entorno inestable y muy complejo que requiere modalidades organizativas y de gestión específicas destinadas a apoyar una sólida cultura de aprendizaje, aumentar la participación de los empleados en los procesos de toma de decisiones y aplicar una gestión de los recursos humanos coherente con esta visión.

El aprendizaje organizacional se ve particularmente beneficiado por un alto grado de autonomía de los empleados, el trabajo en equipo multidisciplinar y métodos de trabajo basados, en su mayor parte, en la resolución de problemas complejos y en la experimentación. Estas prácticas de gestión y organización aspiran a desarrollar la creatividad, la cooperación y el juicio crítico de los empleados. En una organización discente, equivocarse no es un error, sino un derecho que permite progresar, aprender e innovar. Esto anima a los empleados a reflexionar sobre lo que hacen, cómo y por qué lo hacen. También se los anima a ir más allá de los modelos mentales preestablecidos y de los marcos de representación dominantes que refuerzan los procesos de aprendizaje rutinarios, pues estos impiden, a veces inconscientemente, la buena comprensión sistémica de los cambios en el entorno empresarial y su anticipación.

De este modo, la organización discente tiene más probabilidades de traspasar las barreras entre las profesiones, pues fomenta el aprendizaje interdisciplinar en equipo al permitir a los miembros compartir su experiencia y conocimientos, formales e informales, en el contexto del trabajo. En este tipo de organización, cada persona aprende a conocer su papel y la relación entre sus responsabilidades y las de los demás. Este enfoque aspira a desarrollar la capacidad del individuo para pensar de forma sistémica en los problemas que puedan influir en los procesos de producción en conjunto en lugar de pensar solo en su propio ámbito de operación.

La experiencia acumulada en el trabajo ayuda a desarrollar competencias cognitivas para resolver problemas complejos e identificar la aparición de un problema, usar el juicio para generar y evaluar alternativas, y hacer recomendaciones para resolver dichos problemas estableciendo un plan de acción concreto (Kolb, 1984). Los métodos de resolución de problemas también ayudan a desarrollar competencias como la capacidad de conceptualizar situaciones y problemas de forma sistemática a partir de un amplio abanico de información que puede ser de diferentes tipos. Este tipo de organización también hace posible el desarrollo de una visión compartida de futuros posibles y deseables, para fomentar el compromiso y la voluntad de todos los miembros de la organización con relación al aprendizaje continuo.

En resumen, la organización discente va al núcleo de los procesos de toma de decisiones y de comportamiento de los individuos para favorecer una dinámica de aprendizaje generalizada y apoyar el desarrollo personal y profesional de los miembros de la organización. En este sentido, la organización discente también es un modelo cognitivo autodidacta que tiene la ventaja de reforzar las competencias cognitivas, sociales y organizativas de las que carecen las máquinas, al tiempo que permite el aprendizaje mutuo entre las máquinas y los humanos. Desde este punto de vista, la organización laboral es la condición subyacente a todas las demás (adaptar la formación inicial y continua) para favorecer esta complementariedad.

F. La organización discente también promueve una mejor calidad del trabajo y una mayor difusión de las innovaciones

Por último, más allá de la complementariedad entre humanos y máquinas, la organización laboral discente está estrechamente asociada a una mejor calidad del trabajo (mayor estabilidad laboral, mejores condiciones de trabajo, mayor calidad de la gestión, mayor reconocimiento del trabajo y mayor atribución de sentido al trabajo) (Benhamou y Lorenz, 2020). Asimismo, los empleados están menos expuestos a los riesgos psicosociales y a la sobrecarga de trabajo, y se benefician de un entorno laboral más satisfactorio y sostenible a largo plazo. Sin embargo, como se destaca en este estudio, que las condiciones de trabajo mejoren gracias a la implantación de la IA es una hipótesis tan posible como que dicha implantación derive en la alienación y la intensificación del trabajo. De hecho, esto dependerá de las decisiones que se tomen en cuanto a la productividad y el aumento deseado de esta, así como a la organización del trabajo, las tareas y los equipos. El riesgo de una mayor deshumanización promovida por la creciente emancipación de la IA y el empoderamiento o la oportunidad de automatización de los individuos promovidos por la búsqueda de la complementariedad entre humanos y máquinas dependerán también del “diseño” organizacional elegido por las empresas (ya sean públicas o privadas).

Las posibilidades que brindan las organizaciones discentes no se limitan a la calidad del trabajo. También se asocian a un mejor rendimiento económico gracias al aumento de productividad de los empleados y a una mejor difusión de las innovaciones, especialmente de las nuevas —llamadas disruptivas—. Estos resultados empíricos confirman que existe un vínculo sistémico entre las oportunidades que se ofrecen a los empleados de aprender y explorar nuevos conocimientos en su trabajo diario y la capacidad de las empresas para desarrollar innovación.

Esto entraña un profundo cambio de paradigma con respecto al modelo tayloriano clásico, diseñado hacia finales del siglo XIX para la producción en masa estandarizada, que establecía una fuerte división de las tareas de diseño y ejecución sin que los empleados tuvieran oportunidad alguna de aprendizaje y autonomía. La organización laboral discente también difiere de la gestión ajustada (*lean management*), en la que la autonomía de procesos concedida a los empleados, ya sea en lo relativo a los métodos, el ritmo o el control de calidad, es menor y las oportunidades de aprendizaje son más limitadas. Estos dos modelos se caracterizan especialmente por un alto grado de estandarización de los procesos de producción, lo que puede significar automatizar una gran parte del trabajo, fomentando el uso de la IA.

G. Lanzar programas nacionales de apoyo al cambio organizacional

Por tanto, para acompañar la transición hacia la IA, redundan en interés de las empresas, los sindicatos y las autoridades públicas dar una respuesta coherente y global en favor de organizaciones laborales que permitan a los trabajadores aprender trabajando.

Los gobiernos y las organizaciones internacionales deberían incluir en su agenda de reformas la cuestión organizativa ante el imperativo de aprendizaje que supone la llegada de la IA en la era de los macrodatos. El estudio de S. Benhamou y E. Lorenz (2020) propone, especialmente para los países donde las organizaciones discentes están menos extendidas, varias líneas de actuación concretas en el marco de un programa nacional de apoyo a los proyectos de transformación organizativa de empresas y administraciones, siguiendo el ejemplo de lo que ya se ha hecho en los países del norte de Europa y de Escandinavia.

La importancia de dicho programa es aún mayor si tenemos en cuenta que los retos que plantea la IA coincidirán con otros cambios de magnitud sin precedentes, tanto tecnológicos como económicos, que están llegando a todos los países avanzados. Estos cambios suponen importantes retos muy fuertes

para las empresas y los trabajadores¹⁹. Las tendencias fundamentales que son consenso en la mayoría de los trabajos prospectivos de referencia anuncian un mundo cada vez más complejo y muy inestable. Globalización de las economías, la aceleración de las cadenas globales de valor, las sucesivas crisis económicas, epidémicas y geopolíticas, y la desaceleración del crecimiento mundial. Estas tendencias combinadas con el advenimiento de la IA y la era de *Big Data* pondrán a prueba la capacidad de las organizaciones para seguir siendo competitivas e innovadoras. El mundo de 2030 requerirá organizaciones laborales que puedan anticiparse al cambio, incluso al cambio repentino, para seguir siendo eficientes y estar a la vanguardia de la innovación. Como se subrayó en el estudio prospectivo sobre la evolución de las organizaciones laborales en 2030 (Benhamou, 2017), el desempeño de las empresas dependerá también de que dichas organizaciones sean flexibles, capaces de optimizar rápidamente la gestión del saber y los conocimientos al tiempo que desarrollan las capacidades de aprendizaje continuo.

El mundo del mañana será increíblemente complejo de gestionar: ¿ayudará la IA a mitigar esa complejidad? Hoy por hoy, nadie puede saberlo. La cuestión que se plantea en la actualidad es si nos estamos dotando de los medios necesarios para gestionar esta creciente complejidad, y no solo para adaptarnos de manera pasiva sino para que podamos influir en la dirección que nos hayamos marcado colectivamente.

H. Reforzar la investigación para evaluar el impacto real de la inteligencia artificial en el trabajo

En la actualidad, las formas de evaluar el impacto de la IA en el trabajo, el empleo y las competencias son limitadas e insatisfactorias. Se han expuesto en este trabajo los problemas que plantea la metodología de la mayoría de las investigaciones económicas sobre el tema. Por otro lado, los análisis sobre microdatos son más prometedores, pero casi inexistentes. Estos permitirían tener en cuenta toda la complejidad vinculada a las transformaciones laborales provocadas por la IA, partiendo de los casos de organizaciones donde la IA ya se haya implantado realmente y teniendo en cuenta los efectos internos (organizacional, de gestión, decisiones estratégicas de las empresas, costos vinculados a la implantación de la IA, entre otros). Por este motivo es importante que los datos de las encuestas sean más específicos (con una sección de "empleados", una de "empresas" y una de "representantes del personal"), para poder calcular mejor los efectos sobre el empleo y el trabajo y para ahondar en las expectativas y en la forma en las que los distintos agentes se coordinan ante los cambios tecnológicos y organizacionales. Sin embargo, apenas existen encuestas de este tipo a escala nacional e internacional. Solo serán provechosas si se analizan con vistas a profundizar los análisis relativos a las cuestiones éticas y de responsabilidad que plantea la IA.

La investigación exhaustiva de los efectos de la IA también debe incluir el desarrollo de estudios monográficos sectoriales para analizar con mayor detalle aún las transformaciones de casos de uso específicos en diferentes sectores, mediante protocolos de encuesta basados en guías de entrevista con las diferentes partes interesadas de las organizaciones, incluido el empleado usuario.

Este tipo de estudio de caso también permitiría analizar mejor cómo se tienen en cuenta los factores éticos a la hora de diseñar los sistemas de IA: ¿hasta qué punto y en qué momento requieren la organización y el usuario la transparencia del sistema de IA en su práctica laboral diaria? ¿Cuáles son los principales obstáculos o limitaciones a la hora de recopilar y etiquetar los datos necesarios para la formación y la experimentación del aprendizaje automático? ¿Cómo se utilizan los datos personales de los empleados (vigilancia frente a desarrollo de competencias)? Estos estudios de caso también deberán intentar analizar qué posibilidades y medios se ofrecen a los empleados de reconcebir el sistema de IA con el fin de mejorar los procesos, además de evaluar cómo repercute el diseño de las interfaces entre

¹⁹ ESPAS (2015), [online] https://espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/sites/default/files/generated/document/en/ESPAS_Report2019_V14.pdf. Global trends to 2030: Can the EU meet the Challenges ahead? European Strategy and Policy Analysis System, Bruxelles.

humanos y algoritmos (IA o inteligencia humana aumentada) en las capacidades cognitivas y las condiciones laborales de los empleados. ¿Qué cambios son necesarios en la organización laboral y en la reorganización de las tareas para una adopción efectiva de la IA y cómo varían dichos cambios de un sector a otro? ¿Difieren los cambios según la categoría socioprofesional? Hoy por hoy, todos estos ejemplos de reflexiones y preguntas orientativas están aún muy lejos de tener respuestas rigurosas.

I. Propiciar un diálogo con múltiples partes interesadas sobre nuestra relación con la tecnología

Para concluir, creemos que cualquier consideración sobre la adopción y el impacto de una nueva tecnología debería tener en cuenta la relación entre el costo del capital y el costo de la mano de obra. El hecho de que exista una solución tecnológica no implica que se vaya a implementar. ¿Cómo se explica, por ejemplo, que sectores económicos tan importantes como el textil, el reciclaje y la cocina en hotelería y restauración —y en particular la cocina en los restaurantes de comida rápida— hayan permanecido en gran medida al margen de la automatización a pesar de existir tecnología que la permitiría? El proceso de producción de unos pantalones o una camisa está al alcance de un robot y no requiere ninguna interacción con los humanos, pero el sector textil sigue siendo fundamentalmente humano. El motivo es, simplemente, que por ahora los seres humanos son más baratos que las máquinas. Esta cuestión remite al papel fundamental de las instituciones, las normas, las normativas, la fiscalidad y los sistemas de protección social en la adopción y difusión de nuevas tecnologías. Son estas instituciones y normas las que delimitarán los campos de aplicación de la IA y harán que tenga un impacto positivo en la cohesión social y el progreso humano, o bien un impacto negativo que suponga el incremento de la desigualdad y la precarización del trabajo. En resumen, la cuestión más importante no es tanto saber cuántos trabajos puede destruir la IA en el futuro, sino saber, qué tipo de sociedad queremos promover realmente de cara al futuro. Nuestra relación con la tecnología y nuestra visión de cómo debe ser la sociedad determinarán en gran medida el futuro del trabajo.

Bibliografía

- Acemoglu, D. y P. Restrepo (2019), "Automation and new tasks: how technology displaces and reinstates labor", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 33, N° 2.
- Agrawal, A., J. Gans y A. Goldfarb (eds.) (2019), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, Chicago, University of Chicago Press.
- Alderwick, H., C. Ham y D. Buck (2015), *Population Health Systems: Going Beyond into Integrated Care*, Londres, The King's Fund, febrero.
- Alpaydayn, E. (2016), *Machine Learning: The New AI*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- Arntz, M., T. Gregory y U. Zierahn (2017), "Revisiting the risk of automation", *Economics Letters*, vol. 159.
- _____ (2016), "The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, N° 189, París, OECD Publishing.
- Athling (2017), *L'IA dans la banque: emploi et compétences*, París, Observatoire des métiers de la banque, diciembre.
- Autor, D., F. Levy y R. Murnane (2003), "The skill content of recent technological change: an empirical exploration", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 118, N° 4.
- Benhamou, S. (2018), "The world of work in 2030: four scenarios", *Work in the Digital Age: Challenges of the Fourth Industrial Revolution*, M. Neufeind, J. O'Reilly y F. Ranft (eds.), Londres, Rowman et Littlefield Intl.
- _____ (2017), "Imaginer l'avenir du travail: quatre types d'organisation du travail à l'horizon 2030", *Documento de trabajo*, N° 2017-05, París, France Stratégie, abril.
- Benhamou, S. y L. Janin (2018), *Artificial Intelligence and Work*, París, France Stratégie, marzo.
- Benhamou, S. y E. Lorenz (2020), *Les organisations du travail apprenante: enjeux et défis pour la France*, París, France Stratégie, abril.
- Bohbot, V. D., G. Iaria y M. Petrides (2004), "Hippocampal function and spatial memory: evidence from functional neuroimaging in healthy participants and performance of patients with medial temporal lobe resections", *Neuropsychology*, vol. 18, N° 3.
- Bohbot, V. D. y otros (2007), "Gray matter differences correlate with spontaneous strategies in a human virtual navigation task", *Journal of Neuroscience*, vol. 27, N° 38.
- Braverman, H. (1987), *Trabajo y capital monopolista: la degradación del trabajo en el siglo veintiuno*, Ciudad de México, Editorial Siglo XXI.
- Bresnahan, T. y M. Trajtenberg (1992), "General purpose technologies 'engines of growth?'" , *NBER Working Paper*, N° 4148, Cambridge, Massachusetts, Oficina Nacional de Investigaciones Económicas (NBER).

- Brynjolfsson, E. y A. McAfee (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, Nueva York, WW Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., T. Mitchell y D. Rock (2018), "What can machines learn and what does it mean for occupations and the economy?", *AEA Papers and Proceedings*, vol. 108.
- Chollet, F. (2018), *Deep Learning with Python*, Shelter Island, Manning Publications.
- Daugherty, P. R. y J. Wilson (2018), *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*, Boston, Harvard Business Review Press.
- Dauth, W. y otros (2017), "German robots. The impact of industrial robots on workers", *CEPR Discussion Paper*, N° DP12306, Centro de Investigación en Economía y Política.
- Davies, A. (2017), "Self-Driving Trucks are Now Delivering Refrigerators", *Wired* [en línea] <https://www.wired.com/story/embark-self-driving-truck-deliveries/>.
- De Terssac, G., J.-L. Soubie y J.-P. Neveu (1988), "Systèmes experts et transferts d'expertise", *Sociologie du travail*, vol. 30, N° 3.
- Demange, M. y otros (2019), "Management of acute pain in dementia: a feasibility study of a robot-assisted intervention", *Journal of Pain Research*, vol. 12, junio.
- ESPAS (Sistema Europeo para el Análisis Estratégico y Político) (2016), *Tendencias mundiales hacia 2030. ¿Puede la Unión Europea hacer frente a los retos que tiene por delante?*, Luxemburgo.
- Eurogip (2017), "Prévention dans le domaine de la robotique collaborative: synthèse de travaux réalisés à l'international", *Note thématique*, París.
- EU-OSHA (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo) (2018), *Key Trends and Drivers of Change in Information and Communication Technologies and Work Location*, Luxemburgo, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Federal Financial Supervisory Authority Report (2018), *Big Data Meets Artificial Intelligence. Challenges and Implications for the Supervision and Regulation of Financial Services*, BaFin.
- Felten, E., M. Raj y R. Seamans (2019), "The variable impact of artificial intelligence on labor: the role of complementary skills and technologies", Nueva York, NYU Stern School of Business.
- FIT (Foro Internacional del Transporte) (2019), *Perspectives des transports FIT 2021*, París, OECD Publishing.
- Foley, T. y F. Fairmichael (2015), *The Potential of Learning Healthcare Systems*, The Learning Healthcare Systems Projects [en línea] https://learninghealthcareproject.org/wp-content/uploads/2015/11/LHS_Report_2015.pdf.
- Frey, C. y M. Osborne (2017), "The future of employment: how susceptible are jobs to computerization", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114.
- _____(2013), "The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation", *Documento de Trabajo*, Oxford Martin School, Universidad de Oxford.
- Gautié, J., K. Jaehrling y C. Perez (2020), "Neo-Taylorism in the digital age: workplace transformations in French and German retail warehouses", *Industrial Relations*, vol. 75, N° 4.
- Gruson, D. (2019), "IA et emploi en santé: quoi de neuf docteur?", *Institut Montaigne*, enero.
- Holm, J. R. y E. Lorenz (2022), "The impact of artificial intelligence on skills at work in Denmark", *New Technology, Work and Employment*, vol. 37, N° 1 Wiley.
- Institute of Medicine (2013), *Best Care at Lower Cost: The Path to Continuously Learning Health Care in America*, Washington, D.C., National Academies Press.
- Javadi, A.-H. y otros (2017), "Hippocampal and prefrontal processing of network topology to simulate the future", *Nature Communications*, vol. 8.
- Jha, S. y E. J. Topol (2016), "Adapting to artificial intelligence: radiologists and pathologists as information specialists", *JAMA*, vol. 316, N° 22.
- Kaiser Permanente (2018), *Kaiser Permanente Washington Population Health Program Description* [en línea] <https://wa.kaiserpermanente.org/static/pdf/public/about/population-health-2020.pdf>.
- Knight, W. (2016), "An AI ophthalmologist shows how machine learning may transform medicine", *MIT Technology Review*, 29 de noviembre.
- Kolb, D. A. (1984), *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

- Lainé, F. (2018), "Situations de travail, compétences transversales et mobilité entre les métiers", *Documento de trabajo*, N° 2018-03, París, France Stratégie.
- Laurent, F. (2010), "Détection de la fatigue mentale à partir de données électrophysiologiques", Neurosciences, París, Université Pierre et Marie Curie.
- LeCun, Y. (2017), "Chaire informatique et sciences numériques", Collège de France.
- Leru, N. (2016), "L'effet de l'automatisation sur l'emploi: ce qu'on sait et ce qu'on ignore", *Note d'analyse*, París, France Stratégie.
- Liu, X. y otros (2019), "A comparison of deep learning performance against health-care professionals in detecting diseases from medical imaging: a systematic review and meta-analysis", *The Lancet Digital Health*, vol. 1, N° 6.
- Malone, A. (2018), "Vers des systèmes d'information hautement performants, enjeux cliniques, enjeux de gouvernance, enjeux systémiques", *Innovations en santé publique, des données personnelles aux données massives (Big Data)*, Ch. Hervé y M. Stanton-Jean (eds.), Dalloz.
- Malone, A. y C. Politi (2020), "Pour un système d'information et d'organisation populationnel", Fédération Hospitalière de France.
- Moore, P. (2019), "OSH and the future of work: benefits and risks of artificial intelligence tools in workplaces", *Discussion Paper*, Agencia Europea para la Seguridad y el Trabajo (EU-OSHA).
- Muro, M., R. Maxime y J. Whiton (2019), *Metropolitan Policy Program*, Washington, D.C., The Brookings Institute.
- Nedelkoska, L. y G. Quintini (2018), "Automation, skills use and training", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, N° 202, París, OECD Publishing.
- Nordhaus, W. (2015), "Are we approaching an economic singularity? Information technology and the future of economic growth", *Cowles Foundation Discussion Paper*, N° 2021, New Haven, Cowles Foundation for Research in Economics.
- Obermeyer, Z. y otros (2019), "Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations", *Science*, vol. 366, N° 6464.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2021), *Panorama de la santé 2021. Les indicateurs de l'OCDE*, París, OECD Publishing, diciembre.
- _____ (2019), *Artificial Intelligence in Society*, París, OECD Publishing, junio.
- _____ (2017), *Tackling Wasteful Spending on Health*, París, OECD Publishing.
- Parasuraman, R. y C. Wickens (2008), "Humans: still vital after all these years of automation", *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, vol. 50, N° 3.
- Polanyi, M. (2009), *The Tacit Dimension*, Chicago, University of Chicago Press.
- Rainie, L., J. Anderson y E. A. Vogels (2021), "Worries about developments in AI", Pew Research Center [en línea] <https://www.pewresearch.org/internet/2021/06/16/1-worries-about-developments-in-ai>.
- Satheesh Kumar, K. y otros (2018), "Artificial intelligence powered banking chatbot", *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol 8, N° 3.
- Shademan, A. y otros (2016), "Supervised autonomous robotic soft tissue surgery", *Science Translational Medicine*, vol. 8, N° 337.
- Shishehgar, M., D. Kerr y J. Blake (2017), "The effectiveness of various robotic technologies in assisting older adults", *Health Informatics Journal*, vol. 25, N° 3.
- Smith, A. y M. Anderson (2017), "Automation in Everyday Life", Pew Research Center [en línea] <https://www.pewresearch.org/internet/2017/10/04/automation-in-everyday-life/>.
- Steijn, W., E. Luijff y D. van der Beek (2016), "Emergent risk to workplace safety as a result of the use of robots in the work place", *TNO Rapport*, N° TNO 2016 R11488.
- Vallancien, G. (2015), *La médecine sans médecin? Le numérique au service du malade*, París, Gallimard.
- Wang, D. y otros (2016), *Deep Learning for Identifying Metastatic Breast Cancer*, Boston, Harvard Medical School & Beth Israel Deaconess Medical Center (BIDMC).
- Webb, M. (2020), *The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market*, Stanford, Universidad de Stanford.
- Yamamoto, I. (2019), "The impact of AI and information technologies on worker stress", *VoxEU*, 14 de marzo.

Los recientes avances de la inteligencia artificial están dando lugar a debates e interrogantes de gran significado y trascendencia. ¿Hasta qué punto pueden las máquinas sustituir al hombre? ¿Cuántos puestos de trabajo destruirán y cuántos crearán? ¿Cómo se transformarán los puestos de trabajo, las competencias y las condiciones laborales con la implantación de la inteligencia artificial? ¿Puede esta revolución tecnológica suponer un mayor bienestar para los trabajadores? Las estimaciones actuales del impacto de la inteligencia artificial, excesivamente optimistas o, por el contrario, a menudo alarmistas, no ofrecen respuestas sólidas a preguntas que son legítimas. Los aspectos explorados en este estudio se sitúan entre estos dos extremos, y se enmarcan en un enfoque realista y pragmático al describir las condiciones (éticas, institucionales y organizativas) que favorecen una complementariedad inteligente y responsable entre humanos y máquinas.