

Informe Resumen: El impacto de la Inteligencia Artificial en el aprendizaje, la enseñanza y la educación

Tuomi, I. *The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education. Policies for the future*, Eds. Cabrera, M., Vuorikari, R & Punie, Y., EUR 29442 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97257-7, doi:10.2760/12297, JRC113226.



Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF)

Departamento de Proyectos Europeos

Diciembre 2019

<https://intef.es/> | [@educaINTEF](#) |



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons Atribución-CompartirIgual 3.0 España*

Contenidos

Introducción	2
¿Qué es la Inteligencia Artificial?	3
Desarrollos recientes y futuros en Inteligencia Artificial	3
Modelos de aprendizaje en la Inteligencia Artificial basada en datos	5
Mirando hacia el futuro	6
Impacto de la Inteligencia Artificial en la demanda de habilidades y competencias	7
Habilidades en estudios económicos del impacto de la Inteligencia Artificial	8
Modelos de impacto tecnológico sesgados por habilidades y por tareas	9
Capacidades de la Inteligencia Artificial y sustitución de tareas	11
Tendencias y cambios	12
La Inteligencia Artificial neuronal como cambio tecnológico sesgado por datos.....	12
La educación como creadora de programas de competencias.....	14
Impacto directo de la Inteligencia Artificial en la demanda de habilidades digitales avanzadas	16
Impacto de la Inteligencia Artificial en el aprendizaje, la enseñanza y la educación	17
Desarrollos actuales	17
El impacto de la Inteligencia Artificial en el aprendizaje	18
El impacto de la Inteligencia Artificial en la enseñanza	20
Modelos de estudiantes generados por Inteligencia Artificial y nuevas oportunidades pedagógicas ..	20
La necesidad de una visión orientada hacia el futuro con respecto a la Inteligencia Artificial	21
Repensar el papel de la educación en la sociedad	22
Desafíos políticos	22

Introducción

Todas las acciones humanas están basadas en futuros anticipados. No podemos saber nada del futuro porque aún no existe, pero podemos imaginarlo y hacer que pasen cosas si hacemos uso de lo que sabemos actualmente. Porque cuanto mejor entendamos el presente y el pasado, mejor comprenderemos las posibilidades que nos ofrece el futuro. Por eso, para valorar las oportunidades y los retos que la Inteligencia Artificial conlleva, necesitamos conocer su desarrollo no solo actual, sino futuro, cuando su uso esté generalizado en la sociedad. Y es que la Inteligencia Artificial puede crear nuevos métodos de aprendizaje y enseñanza, y cambiar la sociedad de tal manera que las instituciones educativas tengan que hacer frente a diversos desafíos.

Desde que en 2013 Frey y Osborne estimaron que casi la mitad de los empleos en los Estados Unidos tenían un alto riesgo de automatizarse, la Inteligencia Artificial ha estado siempre presente en las agendas políticas. Y no es de extrañar, porque actualmente muchas habilidades que fueron importantes en el pasado se están automatizando, y muchos trabajos y ocupaciones se volverán obsoletos o se transformarán completamente cuando la Inteligencia Artificial se use de manera generalizada. Al mismo tiempo, ha habido una gran demanda de profesionales con habilidades en el desarrollo de Inteligencia Artificial. China ha anunciado que su objetivo es convertirse en el líder mundial en Inteligencia Artificial para 2030. La Comisión Europea tiene como objetivo aumentar la inversión pública y privada total en Inteligencia Artificial en la Unión Europea en al menos 20 mil millones de euros para finales de 2020.

En tareas limitadas, la Inteligencia Artificial ya supera las capacidades humanas. En 2017, con apenas un mes de desarrollo del sistema, investigadores de Stanford pudieron diagnosticar con Inteligencia Artificial 14 tipos de afecciones médicas mediante imágenes de rayos X de vista frontal, muy por encima de la precisión de diagnóstico humano para la neumonía. Ese mismo año un sistema de red neuronal artificial, [AlphaZero](#), logró en 24 horas un nivel de juego sobrehumano en los juegos de ajedrez [shogi](#) (ajedrez japonés) y [Go](#), sin más conocimiento de ellos que las propias reglas. En mayo de 2018, el CEO de *Google*, Sundar Pichai, causó un gran revuelo cuando reveló un sistema de Inteligencia Artificial, [Duplex](#), que puede programar citas de forma autónoma por teléfono, engañando a las personas para que piensen que están hablando con otro humano. Entre los coches sin conductor, los robots que hablan, y la avalancha de milagros que puede hacer la Inteligencia Artificial, puede ser fácil pensar que se está haciendo rápidamente superinteligente y que puede reunir todas las capacidades buenas y malas que se le otorgan en la cultura popular. Pero esto no es cierto, porque la Inteligencia Artificial está limitada técnica, social, científica y conceptualmente hablando.

En el informe original -y en este documento queda patente- se plantean cuestiones sencillas que muestran la relevancia de la Inteligencia Artificial para las políticas y prácticas educativas, y para la comprensión del futuro del aprendizaje, la enseñanza y la educación: las profesiones que se volverán obsoletas a corto plazo, las competencias del siglo XXI que serán necesarias en un mundo donde la Inteligencia Artificial sea generalmente usada, la manera en que debe incorporarse la Inteligencia Artificial en el currículo de primaria y secundaria y, en general, en que cambiará la Inteligencia Artificial la enseñanza, si debería permitirse o no el seguimiento en tiempo real de las emociones de los estudiantes en las aulas, la capacidad de la

Inteligencia Artificial para evaluar de manera justa a los estudiantes, si necesitamos menos aulas debido a la Inteligencia Artificial, o si esta reduce el impacto de la dislexia, discalculia u otras dificultades de aprendizaje. Unas cuestiones sencillas cuyas respuestas, algo más complejas, no pretenden ser proporcionadas por el informe que en estas páginas se sintetiza. Más bien pretende proporcionar un contexto que facilite el debate sobre esas y otras cuestiones importantes que deben plantearse a medida que la Inteligencia Artificial se hace cada vez más visible en la sociedad y la economía que nos rodea.

¿Qué es la Inteligencia Artificial?

La Inteligencia Artificial tiene muchas definiciones diferentes. En los titulares de periódico, la Inteligencia Artificial es una máquina que piensa, entiende diferentes idiomas, resuelve problemas, diagnostica afecciones médicas, conduce coches, juega al ajedrez y pinta imitaciones impresionistas de las pinturas de Van Gogh. La Inteligencia Artificial a menudo se define como un sistema informático con la capacidad de realizar tareas comúnmente asociadas con seres inteligentes. Como esta definición requiere que a su vez definamos -no sin problemas- la inteligencia y es inconvenientemente tautológica, la Inteligencia Artificial se considera comúnmente como una disciplina científica, como la actividad que crea máquinas que pueden funcionar de manera adecuada y teniendo en cuenta su entorno. La primera definición explícita de Inteligencia Artificial, que se sugirió en una propuesta de financiación a la Fundación Rockefeller en 1955, estaba basada en la "conjetura de que cada aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia, en principio, se puede describir con tanta precisión que se puede crear una máquina para simularla".

► Desarrollos recientes y futuros en Inteligencia Artificial

El reciente interés en la Inteligencia Artificial es el resultado de tres desarrollos paralelos. El primero de ellos, los juegos de ordenador que, cada vez más realistas, han requerido procesadores gráficos especializados. Cuando el fabricante de tarjetas gráficas para PC *Nvidia* publicó en 2007 la interfaz de programación *CUDA* en sus tarjetas aceleradoras de gráficos, se hizo posible una programación paralela rápida a bajo costo. Esto permitió a los investigadores construir modelos de redes neuronales que tenían muchas capas conectadas de neuronas artificiales y una gran cantidad de parámetros que la red podía aprender.

El segundo desarrollo es la gran cantidad de datos disponibles a medida que los ordenadores y sus usuarios se han conectado en red. La digitalización de imágenes, vídeos, voz y texto ha contribuido a la creación de un entorno donde el aprendizaje automático puede prosperar. Esto ha permitido a los investigadores de Inteligencia Artificial volver a visitar antiguos modelos de redes neuronales artificiales, juntándolos con conjuntos muy grandes de datos.

Sorprendentemente, estas enormes fuentes de datos han demostrado ser suficientes para algunos de los problemas más difíciles que presenta la Inteligencia Artificial, incluido el reconocimiento de objetos desde imágenes digitales y la traducción automática. Mientras que antes se creía que los ordenadores necesitaban entender el lenguaje y sus estructuras antes de poder traducir el texto y el habla de un idioma a otro, para muchos usos prácticos es suficiente procesar millones de oraciones para descubrir los contextos en los que las palabras aparecen. Al colocar las palabras en espacios de representación de alta dimensión, se retiene suficiente información contextual para que la traducción se pueda realizar sin conocimiento lingüístico. Un enfoque común es utilizar las representaciones de palabras [GloVe](#) disponibles públicamente que se han desarrollado utilizando corpus de texto que contienen hasta 840 mil millones de *tokens* similares a palabras encontrados en documentos y contenido en Internet, posteriormente traducidos a un vocabulario de más de 2 millones de palabras. Usando este conjunto de datos y algoritmos de aprendizaje automático, las palabras se han mapeado en puntos en un espacio vectorial de 300 dimensiones. La ubicación y las relaciones geométricas entre las palabras en este espacio capturan muchos elementos del uso de palabras, y también se pueden usar como base para la traducción de un idioma a otro. Aunque un enfoque tan puramente estadístico y basado en datos no puede comprender usos nuevos o creativos del lenguaje, funciona realmente bien en la práctica.

En tercer lugar, se han creado entornos de programación de aprendizaje automático de código abierto especializados que facilitan la creación y prueba de redes neuronales. En la mayoría de los modelos actuales de Inteligencia Artificial neuronal, el aprendizaje se produce mediante el ajuste gradual de los pesos de la red, en función de si la red hace predicciones correctas con los datos de entrenamiento. Una tarea esencial en dicho aprendizaje es propagar información sobre la importancia de la actividad de cada neurona para las predicciones correctas e incorrectas hechas por la red. Cuando una neurona activa se asocia con una predicción incorrecta, la actividad de la neurona disminuye al hacerlo el peso de sus conexiones entrantes. Como puede haber muchas capas de neuronas y muchas conexiones entre neuronas, esta es una tarea difícil incluso para los ordenadores más potentes. Sin embargo, la influencia de cada neurona en la predicción puede calcularse utilizando la regla de la cadena de cálculo, propagando la información de la capa de salida de la red capa por capa hacia la capa de entrada. Esto se conoce como "retropropagación" del error. Aunque el cálculo de los pesos de la red utilizando este método puede involucrar cientos de millones de cálculos en redes de última generación, los entornos actuales de desarrollo de Inteligencia Artificial neuronal pueden hacer esto con un par de líneas de código del programa.

El resurgimiento de la Inteligencia Artificial neuronal ha sido en parte causada por la disponibilidad de datos, como imágenes digitales, textos electrónicos, patrones de búsqueda en Internet y contenido, y conexiones de redes sociales. Sin embargo, los desarrollos recientes también se han visto impulsados por el hecho de que estos enormes conjuntos de datos son difíciles de analizar y utilizar con la informática tradicional. El aprendizaje automático requiere grandes datos, pero también hace que sean de gran valor y susceptibles de ser utilizados. Por lo tanto, existen grandes incentivos comerciales en el uso de modelos aprendidos por máquina para procesar datos que prácticamente no pueden procesarse utilizando enfoques más tradicionales.

Modelos de aprendizaje en la Inteligencia Artificial basada en datos

Casi todos los sistemas de Inteligencia Artificial neuronales actuales se basan en lo que se llama un modelo supervisado de aprendizaje. Tal "aprendizaje supervisado" está a su vez basado en datos de entrenamiento que han sido etiquetados, generalmente por humanos, para que los pesos de la red se puedan ajustar cuando las etiquetas para los datos de entrenamiento se predicen erróneamente. Después de proporcionar un número suficiente de ejemplos, el error puede reducirse en la mayoría de los casos a un nivel en el que las predicciones de la red sean útiles para fines prácticos. Por ejemplo, si un programa de detección de imágenes intenta diferenciar entre gatos y perros, durante el proceso de entrenamiento, alguien necesita decirle al sistema si una imagen contiene un gato o un perro.

Una variante práctica importante del aprendizaje supervisado se denomina "aprendizaje de transferencia". Una red neuronal compleja se puede entrenar con grandes cantidades de datos, de modo que aprenda a diferenciar sus características importantes. La red entrenada se puede reutilizar para diferentes tareas de reconocimiento de patrones, cuando las características subyacentes son lo suficientemente similares. Por ejemplo, una red puede ser entrenada para etiquetar rostros humanos con millones de imágenes. Cuando la red ha aprendido a reconocer las caras que se han utilizado para su entrenamiento, sus capas profundas se optimizan para el reconocimiento facial. Los niveles superiores de la red se pueden entrenar con relativa facilidad para detectar nuevas caras que el sistema no ha visto con anterioridad. Esto reduce muchísimo los requisitos de cálculo y de datos. De hecho, los desarrolladores de Inteligencia Artificial pueden comprar redes "pre-entrenadas" de proveedores especializados, o incluso obtenerlas de última generación de forma gratuita y adaptarlas al problema en cuestión. Por ejemplo, los vectores *GloVe*, disponibles en la Universidad de Stanford, se usan comúnmente como punto de partida para el procesamiento del lenguaje natural, y las redes de procesamiento de imágenes previamente entrenadas de *Google*, [Inception](#), a menudo se usan para el reconocimiento de objetos y tareas similares de procesamiento de imágenes.

Los sistemas de aprendizaje supervisados pueden producir suposiciones estadísticas de a qué clase pre-dada pertenece un patrón de datos de entrada dado específico. El aprendizaje supervisado, por lo tanto, supone que ya sabemos qué categorías pueden representar los patrones de entrada. Este es el modelo de aprendizaje más utilizado en la Inteligencia Artificial actualmente porque, a efectos prácticos, a menudo es suficiente clasificar los patrones en un conjunto de clases predefinidas. Por ejemplo, un automóvil autónomo necesita saber si un objeto es un ciclista, un camión, un tren o un niño. Técnicamente, el aprendizaje supervisado crea máquinas que mapean patrones de entrada en una colección de clases de salida. Su inteligencia, por lo tanto, es similar a la de los seres vivos más simples que pueden asociar las condiciones ambientales con los comportamientos aprendidos. En psicología, estos modelos de aprendizaje sustentan la teoría pavloviana de los reflejos y, por ejemplo, el aprendizaje de refuerzo skinneriano. Como Vygotsky señaló en la década de 1920, este tipo de aprendizaje representa el modelo de aprendizaje más simple para el desarrollo, y tanto las palomas como los humanos son muy capaces de hacerlo.

Un desafío particular de los modelos de aprendizaje supervisado es que solo pueden ver el mundo como una repetición del pasado. Las categorías disponibles y los criterios de éxito que se utilizan para su

entrenamiento son suministrados por humanos. Los prejuicios personales y culturales, por lo tanto, son un elemento inherente a los sistemas de Inteligencia Artificial que utilizan el aprendizaje supervisado.

Desde la década de los 60, se han desarrollado muchos modelos de aprendizaje neuronal no supervisados o parcialmente supervisados, algunos de los cuales también se están desarrollando y aplicando actualmente. El aumento de la potencia computacional también ha permitido a los investigadores utilizar redes de coincidencia de patrones simples como componentes en arquitecturas de nivel superior. Por ejemplo, la Inteligencia Artificial del juego *AlphaZero* de *Google* utiliza "aprendizaje de refuerzo" en el que el sistema genera simulaciones de juegos y ajusta los pesos de la red en función del éxito en estos juegos. Inspirado en los modelos skinnerianos de condicionamiento operante, el aprendizaje por refuerzo amplifica el comportamiento que conduce a resultados que se definen como positivos. Una variante del aprendizaje de refuerzo se conoce como Redes Generativas Antagónicas, o GAN por sus siglas en inglés (*Generative Adversary Networks*), donde una red intenta engañar a otra para creer que los datos que genera en realidad provienen del conjunto de datos de entrenamiento. Este enfoque se ha utilizado, por ejemplo, para crear imágenes sintéticas de obras de arte y rostros humanos que un sistema de reconocimiento de imágenes no puede distinguir de las imágenes reales.

Mirando hacia el futuro

Como algunos economistas, filósofos y científicos han hecho declaraciones de gran notoriedad sobre la inminente aparición de sistemas de Inteligencia Artificial súper inteligentes que con el tiempo podrán reemplazar a los humanos en muchas áreas de la vida, tal vez sea útil tener en cuenta que la mayoría de los modelos actuales de aprendizaje de Inteligencia Artificial representan capacidades cognitivas que se parecen más a los instintos biológicos. Muchas predicciones sobre el futuro de la Inteligencia Artificial se han basado en extrapolaciones del desarrollo técnico histórico y, en particular, en estimaciones de la continuación de la "Ley de Moore" en computación, con poca preocupación por las diferencias entre las formas avanzadas de aprendizaje humano y las capacidades más elementales de asociación. Para los humanos es importante saber qué cuenta como conocimiento, cómo continuar adquiriéndolo, creándolo y aprendiéndolo, cómo regular la cognición, la atención y la emoción en los procesos de aprendizaje, y cuál es la motivación social y práctica para el aprendizaje. Como Luckin ha señalado recientemente, actualmente la Inteligencia Artificial carece de la mayoría de estas capacidades metacognitivas y regulatorias.

Asimismo, conviene saber que el futuro del actual auge de la Inteligencia Artificial estará determinado en gran medida por los desarrollos en el diseño de chips. Durante casi cincuenta años, los desarrollos en procesadores y chips de memoria fueron impulsados por mejoras rápidas y continuas en la miniaturización de las características de los componentes en chips semiconductores. Durante los últimos diez años se ha aceptado cada vez más que este desarrollo está a punto de finalizar, y se necesitan nuevos enfoques para mantener la industria de semiconductores en crecimiento. La Inteligencia Artificial neuronal aborda esta era "post-Moore" orientando el desarrollo hacia nuevos modelos computacionales, incluida la computación

analógica. Esto representa una gran discontinuidad en los fundamentos tecnológicos de la sociedad del conocimiento.

En la práctica, la mayoría de los expertos en Inteligencia Artificial trabajan con "Inteligencia Artificial limitada", en contraste con la "Inteligencia Artificial general" que tendría capacidades similares a las de los humanos. Al establecer el primer proyecto de verano de Dartmouth sobre Inteligencia Artificial, los principales investigadores creyeron que los ordenadores serían inteligentes muy pronto. Unas expectativas que poco tienen de realistas actualmente. Aunque podría ser posible desarrollar sistemas de Inteligencia Artificial con capacidades muy parecidas a la inteligencia humana, los sistemas actuales de Inteligencia Artificial utilizan modelos bastante simplificados de aprendizaje e inteligencia biológica. La mayoría de los sistemas de Inteligencia Artificial actuales se basan en modelos de aprendizaje esencialmente conductista, popularizados por Pavlov y Thorndike a principios del siglo XX. Por lo tanto, podrían describirse mejor como instintos mecánicos, en lugar de como Inteligencia Artificial. A pesar de estas limitaciones, el potencial de la Inteligencia Artificial en la educación ha sido ampliamente reconocido durante las últimas tres décadas. Aunque el impacto en las aulas ha sido relativamente menor, los desarrollos recientes sugieren que la situación puede cambiar. En particular, los sistemas basados en Inteligencia Artificial pueden apoyar directamente a docentes y alumnado, pero también transformar rápidamente la economía y el mercado laboral, demandando nuevos requisitos a los sistemas educativos.

➤ Impacto de la Inteligencia Artificial en la demanda de habilidades y competencias

Una de las funciones clave de los sistemas educativos actuales es la promoción del desarrollo de competencias que permitan a las personas participar en la esfera económica de la vida. Y es que la historia de los sistemas educativos está estrechamente relacionada con el desarrollo de la sociedad industrial, y el trabajo asalariado sigue siendo un principio organizador central en las sociedades industriales y su vida cotidiana. Por lo tanto, en los debates políticos de alto nivel, la educación suele entenderse como una fuente de empleo. La educación, en esta interpretación, es un impulsor de la productividad económica y la competitividad, y las políticas educativas se enmarcan en el contexto del crecimiento económico. Por lo tanto, es importante considerar también en el contexto de las políticas educativas cómo la Inteligencia Artificial transformará el mundo laboral. Para los economistas, una pregunta esencial siempre ha sido si la automatización y la informatización aumentan el desempleo. Como las máquinas aumentan la productividad laboral, se necesitan menos trabajadores humanos para mantener la producción. A menos que la demanda de productos crezca lo suficiente, aumenta el desempleo.

En realidad, este modelo simple es, por supuesto, demasiado simple. Si las máquinas reemplazan algunos trabajos, las personas pueden desempeñar otros. En general, esto es lo que sucedió el siglo pasado cuando los trabajos agrícolas e industriales se automatizaron y la mano de obra se trasladó a los servicios, un patrón verificado por muchos estudios que, utilizando datos históricos, generalmente concluyen que una mayor

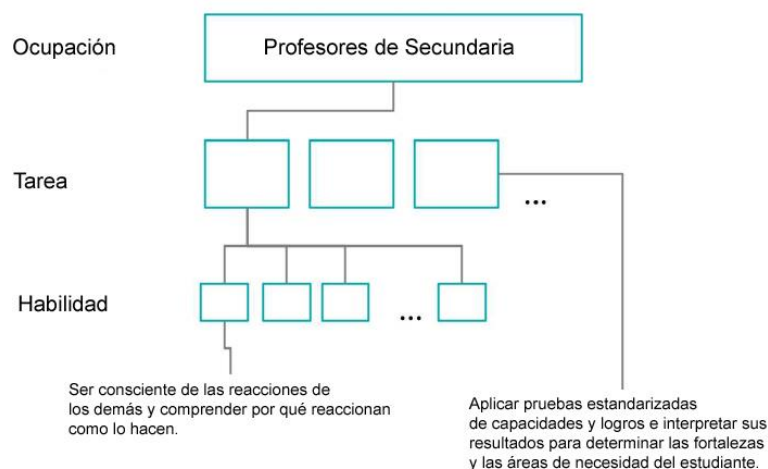
tecnología y crecimiento de la productividad laboral no ha conllevado un aumento del desempleo global. Por otro lado, es bien sabido que una razón importante por la que la automatización no haya generado desempleo constante es el crecimiento de la población, con el consiguiente aumento de la demanda de productos y servicios industriales. Muchos otros factores, como la educación, la globalización, el aumento del consumo de recursos naturales no renovables, así como los avances en la ciencia y la salud han estado involucrados en el crecimiento económico del siglo XX y, por lo tanto, es difícil hacer predicciones sobre el futuro utilizando patrones históricos.

Aunque algunos estudios afirman que la automatización no ha generado desempleo, puede que sea útil recordar también la historia de la industrialización y sus consecuencias sociales: agitación social y revoluciones desde Prusia a México, Rusia y países de todo el mundo, a menudo con resultados brutales, millones de vidas perdidas y gente acudiendo en masa a las ciudades, en las que las condiciones laborales eran pésimas. Como el sistema económico ahora opera a escala global, el impacto de la Inteligencia Artificial no puede estudiarse fácilmente a escala nacional, donde normalmente se dispone de datos econométricos útiles. Aunque los datos a nivel de país se pueden unir, por ejemplo, para comparaciones transnacionales, la economía del conocimiento global y en red no es solo un conjunto de economías nacionales económicamente integradas. Considerar el impacto social, económico y humano de la Inteligencia Artificial y su relación con las políticas educativas hace necesaria una visión amplia sobre el cambio social.

Habilidades en estudios económicos del impacto de la Inteligencia Artificial

Muchos de los estudios econométricos utilizan la base de datos de la Red de Información Ocupacional de los Estados Unidos ([O*NET](#)) como punto de partida. O*NET contiene ahora alrededor de 1000 definiciones de ocupaciones para ayudar a los estudiantes, solicitantes de empleo y educadores a comprender sus requisitos de habilidades y sus tareas propias. En la imagen siguiente se muestra un ejemplo de la estructura de tareas de la ocupación “Profesores de Secundaria, excepto Educación Especial y Educación Profesional/Técnica”.

Estructura de tareas y habilidades O*NET para profesores de Secundaria



Fuente: Basado en O*NET (<https://www.onetonline.org/>)

El estudio pionero de Frey y Osborne preguntaba a los expertos en Robótica e Inteligencia Artificial cuáles son los obstáculos técnicos que limitan la automatización de algunas tareas laborales. Utilizando esos mismos obstáculos de automatización como punto de partida, les pidieron a los expertos que clasificaran un conjunto de ocupaciones basadas en si la automatización de sus tareas podía o no ser posible. Los trabajos que no contenían tareas difíciles de automatizar se clasificaron como de alto riesgo de ser automatizados. Un resultado importante del estudio de Frey y Osborne es que predijo que aproximadamente la mitad de las ocupaciones de los Estados Unidos tenían un alto riesgo de ser automatizadas en el futuro cercano utilizando las tecnologías actuales. Sea esta una estimación precisa o no, lo que está claro es que los sistemas educativos están bajo una presión considerable para abordar este cambio generalizado. Los sistemas educativos actuales han intentado predecir la demanda futura de diferentes tipos de educación en función de la evolución estimada del mercado laboral. Frey y Osborne muestran que la Inteligencia Artificial tendrá un impacto radical en el mercado laboral y creará discontinuidades en muchas tendencias que actualmente sustentan la planificación y las políticas educativas. Por lo tanto, debemos reconsiderar tanto el contenido como las funciones de la educación en este nuevo entorno.

Modelos de impacto tecnológico sesgados por habilidades y por tareas

Muchos estudios sobre el impacto de los ordenadores y la automatización se han basado en modelos de cambio tecnológico sesgados por habilidades. En ellos, los trabajos que no requieren trabajadores formados, con experiencia y con competencias son susceptibles de automatización. En tales modelos, se espera que los ordenadores se usen principalmente para tareas que requieren habilidades limitadas, por lo que se supone que para evitar el desempleo las personas necesitan más educación, y de más nivel. Por el contrario, estudios recientes sobre informatización han adoptado un enfoque sesgado las tareas, que asume que aquellas que se pueden describir con exactitud pueden ser programadas con un ordenador. En estos

estudios, las ocupaciones que consisten en tareas rutinarias son susceptibles de automatización. Esto generalmente ha llevado a los investigadores a suponer que las ocupaciones que requieren inteligencia humana no son susceptibles de automatización. En este sentido, la implicación para la política educativa podría ser que debería centrarse en tareas cognitivas no rutinarias, a menudo etiquetadas como competencias del siglo XXI. Frey y Osborne usaron un modelo sesgado por tareas, pero abogaron por un enfoque diferente. En su opinión, el impacto en la Inteligencia Artificial y la Robótica debe estudiarse en función de los obstáculos tecnológicos actuales. La Inteligencia Artificial es cada vez más capaz de realizar tareas que tradicionalmente se ha entendido que requieren cognición humana. Según Frey y Osborne, es importante preguntar a los expertos qué no pueden hacer los ordenadores. Todas aquellas tareas en las que no existen obstáculos técnicos pueden ser automatizadas, y si una ocupación consiste en tales tareas, es susceptible de automatización.

Más allá del análisis a nivel de ocupación, es interesante profundizar en trabajos específicos y considerar cómo la Inteligencia Artificial podría cambiarlos. En la siguiente tabla se hace esto para los profesores de Secundaria de O*NET, enumerando algunas de sus tareas, en orden de importancia. El impacto potencial de la Inteligencia Artificial en las tareas se basa en la estimación del autor del informe y debe tomarse como indicativo.

Potencial impacto de las tareas de un profesor de Secundaria

Tarea	Impacto
1 Adaptar los métodos y los materiales de enseñanza para satisfacer las diferentes necesidades e intereses de los estudiantes.	Alto
2 Establecer y hacer cumplir reglas de comportamiento y procedimientos para mantener el orden entre los estudiantes.	?
3 Hablar con las familias, otros docentes, orientadores y administradores para resolver los problemas de comportamiento y académicos de los estudiantes.	Bajo
4 Mantener, precisar, completar y corregir los registros de los estudiantes según lo exijan las leyes y las normas administrativas.	Alto
5 Preparar, supervisar y calificar exámenes y tareas para evaluar el progreso del estudiante.	Alto
6 Preparar material y aulas para las actividades de clase.	Medio
7 Enseñar a través de conferencias, debates y demostraciones en una o más asignaturas, como inglés, matemáticas o estudios sociales	Medio
8 Establecer objetivos claros para todas las lecciones, unidades y proyectos, y comunicarlos a los estudiantes.	Medio
9 Apoyar a los estudiantes que necesiten ayuda adicional, a través de tutorías, por ejemplo, y preparar e implementar programas de apoyo.	Alto
10 Asignar lecciones y corregir tareas.	Alto
11 Hacer cumplir todas las normas y reglas administrativas aplicables a los estudiantes.	Medio
...	
15 Reunirse o comunicarse con las familias para hablar sobre el progreso de los niños y determinar sus prioridades y necesidades de recursos.	Medio

Fuente: Opinión del autor del informe original

Mirando la tabla anterior, uno podría preguntarse por qué muchas de las tareas enumeradas parecen ser susceptibles de automatización. Una posible explicación sería que la tecnología ahora ha avanzado a un nivel en el que los ordenadores también pueden realizar algunas actividades cognitivas humanas exigentes, como tareas relacionadas con la enseñanza, tareas administrativas y de comunicación. Una visión más crítica podría consistir en que, en los sistemas educativos actuales, los docentes están cargados de tareas bastante mecánicas. Esta lista de tareas también refleja profundas creencias sobre las funciones de la educación y las instituciones sociales que la rodean.

Capacidades de la Inteligencia Artificial y sustitución de tareas

Como argumentó von Neumann hace medio siglo, si podemos describir una tarea de manera exacta e inequívoca, es posible programar un ordenador para realizarla. Él hablaba de la capacidad de los ordenadores para simular cualquier sistema que pueda ser simulado, aunque también señaló que podríamos necesitar nuevas formas de lógica y nuevos formalismos para hacerlo. Una conclusión simple de esto podría ser que no existen obstáculos técnicos esenciales que hagan imposible la automatización. De hecho, autores conocidos como Kurzweil y Bostrom parecen adoptar esa opinión.

Una forma alternativa de abordar la cuestión de la sustitución de tareas es comenzar con la declaración de uno de los principales expertos en Inteligencia Artificial, Andrew Ng. Él resume las capacidades de la Inteligencia Artificial neuronal y el aprendizaje automático de la siguiente manera:

"Si una persona normal puede hacer una tarea mental empleando menos de un segundo de pensamiento, probablemente podamos automatizarla usando Inteligencia Artificial ahora o en el futuro cercano".

Pero ... ¿qué entendemos por persona "normal"? Muchas tareas humanas de "menos de un segundo" requieren años de aprendizaje. Algunas de ellas, por ejemplo, aprender a caminar, son más bien conductuales y también pueden ser aprendidas por robots con Inteligencia Artificial. Sin embargo, muchas de estas tareas también requieren largos períodos de adaptación cultural y social. Por lo tanto, puede ser posible, por ejemplo, usar Inteligencia Artificial para simular un pianista tocando las Variaciones Goldberg de Bach y producir música que suene similar. Sin embargo, la interpretación significativa de las Variaciones de Goldberg requiere un amplio conocimiento sobre la historia cultural, el reflejo de la relación de Bach con otros compositores, el conocimiento sobre interpretaciones posteriores, así como años de formación. Puede tocarse una nota en un segundo, pero también lleva muchos años poder hacerlo. Aunque un pianista de concierto puede no ser una persona "normal", muchas tareas cotidianas muy típicas requieren una enculturación y aprendizaje similares. De hecho, una afirmación básica en la teoría del desarrollo cognitivo de Vygotsky a principios de la década de 1930 fue que las capacidades cognitivas avanzadas que distinguen a los humanos de otros animales son exactamente esas capacidades que no pueden describirse como reflejos simples, pero que requieren un aprendizaje social y cultural. Esto sugiere que Ng realmente habla de comportamiento instintivo, en lugar de inteligencia. Por lo tanto, el obstáculo fundamental de la automatización no reside en la capacidad técnica, sino en la diferencia cualitativa entre el comportamiento

observado y su significado. En cuanto se fija el significado de la actividad, podemos mecanizar el comportamiento y aprender cómo hacerlo utilizando una gran cantidad de ejemplos de dicho comportamiento. Sin embargo, muchas formas de aprendizaje humano y formas avanzadas de cognición humana se basan en crear un significado donde antes no existía. Para abordar tales áreas de inteligencia humana, los investigadores de Inteligencia Artificial necesitarán modelos de inteligencia que superen con creces los que se usan actualmente en Inteligencia Artificial.

Tendencias y cambios

Los estudios econométricos sobre los efectos de la automatización, la informatización y la Inteligencia Artificial revisten gran interés e importancia, pero no captan bien el futuro. En términos generales, no hay una razón obvia por la que las tendencias históricas sigan siendo válidas en las transiciones socioeconómicas. Los modelos econométricos pueden ser importantes para comprender el presente a la luz del pasado, pero solo pueden predecir el futuro si no hay cambios importantes. Esto se debe simplemente a que estos modelos se basan en datos y no tenemos datos empíricos sobre el futuro. Sin embargo, son importantes porque sugieren que podemos predecir el futuro de una manera muy específica: si no hay cambios importantes, el uso generalizado de las tecnologías de Inteligencia Artificial ya existentes conducirán a un futuro que será muy diferente de lo que solía esperarse. Este resultado un tanto paradójico muestra que esto se debe a que el trabajo asalariado solía ser un factor central en la configuración de la era industrial, sus instituciones y nuestra vida cotidiana.

La Inteligencia Artificial neuronal como cambio tecnológico sesgado por datos

Un estudio reciente de Nedelkoska y Quintinien de la OCDE proporciona una buena revisión de la investigación econométrica sobre el impacto de la automatización, y amplía el estudio de Frey y Osborne utilizando los resultados de la Evaluación de competencias de adultos (PIAAC) de la OCDE. Nedelkoska y Quintini combinaron los obstáculos técnicos de Frey y Osborne con las variables PIAAC en las tareas laborales, como la frecuencia de resolución de problemas complejos y el asesoramiento o la formación a otros. Las variables utilizadas por Nedelkoska y Quintini se muestran en la siguiente tabla. Para la muestra general de 32 países, encontraron que, de media, el trabajo tenía una probabilidad del 48 por ciento de ser automatizado, con grandes variaciones entre países.

Obstáculos técnicos para la automatización

Obstáculos de ingeniería	Variables en PIACC	Descripción
Manipulación de la percepción	Dedos (destreza)	¿Con qué frecuencia se usan las manos o los dedos para tareas de precisión?
Inteligencia creativa	Resolución de problemas simples	¿Con qué frecuencia se resuelven problemas simples en no más de 5 minutos?
	Resolución de problemas complejos	¿Con qué frecuencia se resuelven problemas complejos en no más de 30 minutos?
Inteligencia social	Enseñanza	¿Con qué frecuencia se instruye, forma y enseña a gente, bien de manera individual o en grupo?
	Consejos	¿Con qué frecuencia se aconseja a la gente?
	Planificación por otros	¿Con qué frecuencia se planifican actividades por otros?
	Comunicación	¿Con qué frecuencia se comparte información relacionada con el trabajo con los compañeros?
	Negociación	¿Con qué frecuencia se negocia con gente tanto fuera como dentro de la misma compañía u organización?
	Influencia	¿Con qué frecuencia se persuade o se influye en la gente?
	Venta	¿Con qué frecuencia se vende un producto o un servicio?

Fuente: Adaptación de Nedelkoska & Quintini, 2018

Los economistas han utilizado tanto modelos sesgados por habilidades como por tareas para estudiar el impacto de la automatización, los ordenadores y la Inteligencia Artificial. Sin embargo, la Inteligencia Artificial neuronal y el aprendizaje automático no se ajustan bien a estos modelos. El principal obstáculo no es si una tarea es rutinaria o no, o si requiere una resolución compleja de problemas; es si la tarea puede ser aprendida por un ordenador. Esto, a su vez, depende de si hay datos que puedan usarse para el aprendizaje. Por lo tanto, el impacto de la Inteligencia Artificial en las ocupaciones puede entenderse mejor en un modelo sesgado por datos. Si hay datos disponibles y la historia se repite, los algoritmos de aprendizaje automático actuales pueden, al menos en principio, simular el pasado. Como el aprendizaje, la innovación y la creación de conocimiento se trata de combinar los conocimientos existentes, las máquinas también pueden hacerlo. Desde un punto de vista técnico, tales operaciones son puramente sintácticas. Hay buenas razones para

esperar que los procesos sociales, económicos y cognitivos, así como otros sistemas que pueden llamarse vivos, no puedan simularse utilizando este enfoque.

La educación como creadora de programas de competencias

Como resultado, la Inteligencia Artificial probablemente tendrá su mayor impacto cuando se use para aumentar la cognición humana y para apoyar el aprendizaje y el conocimiento humano. Esto sugiere un principio general de mantener a los humanos informados cuando la Inteligencia Artificial se use con fines educativos y en entornos educativos. Suponiendo que algunas profesiones se volverán obsoletas en un futuro cercano, lo que las políticas educativas tendrían que plantearse es cómo las personas en estas ocupaciones pueden desempeñar nuevos empleos. Un estudio reciente realizado por el *Royal Bank of Canada* (RBC) se centró en esta pregunta, localizando seis grupos de habilidades que se pueden usar para agrupar ocupaciones en Canadá. Este estudio utilizó datos O*NET, pero se centró en habilidades, en lugar de en tareas como en el de Frey y Osborne. El estudio de RBC argumentó que a medida que muchas ocupaciones se superponen en sus requisitos de habilidades, es relativamente fácil complementarlas dentro de estos grupos de manera que les permita a las personas moverse a nuevos trabajos cuando sus viejos trabajos se automatizan. Estos grupos se muestran en la siguiente tabla. Un enfoque que, por lo tanto, complementa la opinión de que hay habilidades y competencias transversales clave que son necesarias para el futuro.

Conjuntos de habilidades y probabilidad de disrupción en sus ocupaciones

Conjuntos de habilidades	Descripción	Probabilidad de disrupción
Técnicos	Habilidades técnicas altas	Moderada
Artesanos	Habilidades técnicas medias, habilidades de gestión bajas	Muy alta
Ejecutores	Énfasis en habilidades básicas	Alta
Solucionadores	Énfasis en habilidades de gestión y pensamiento crítico	Mínima
Moderadores	Énfasis en habilidades emocionales	Moderada
Proveedores	Habilidades analíticas altas	Baja

Fuente: Adaptación de RBC, 2018

Se pueden plantear preguntas similares para las competencias clave tal como se definen en las [Competencias clave de la Unión Europea para el aprendizaje permanente](#), así como para el [Marco europeo para la competencia digital docente](#). La siguiente imagen enumera algunas habilidades de ejemplo que podrían tener un impacto en la competencia clave en idiomas. En general, los estudios sobre el trabajo futuro y la demanda de habilidades sugieren que la educación no puede centrarse en habilidades específicas relacionadas con el trabajo en el futuro, sino que necesita crear programas de competencias que permitan un aprendizaje efectivo de por vida. Paradójicamente, tal visión sobre un "programa educativo" sugiere un posible retroceso hacia el trivium y el quadrivium medievales, con sus siete artes liberales. Muchos directivos de empresas llevan afirmando durante años que necesitamos sistemas educativos que enseñen a las personas gramática, lógica, retórica, aritmética y geometría. La música y la astronomía nunca han estado a la cabeza de la lista, lo que puede deberse a que ahora están incluidas en áreas como la creatividad y la ciencia.

Habilidades de la competencia clave en idiomas y capacidades de Inteligencia Artificial asociadas

- Habilidad de entender mensajes orales
- Iniciar, mantener y concluir conversaciones
- Leer, entender y producir textos



- Traducción en tiempo real
- Búsqueda semántica
- Voz a texto
- Gramática y ortografía
- Impacto retórico
- Diccionarios en línea
- Traducción automática con conciencia cultural
- Análisis de emociones
- Mensajes personalizados

Fuente: Autor del informe original. Recomendaciones del Consejo relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente.

Impacto directo de la Inteligencia Artificial en la demanda de habilidades digitales avanzadas

El desarrollo de nuevos modelos de Inteligencia Artificial y aprendizaje automático requiere profesionales con niveles muy altos de competencias en varias áreas: habilidades científicas, matemáticas y técnicas, una buena comprensión de las estadísticas, el álgebra lineal, las ecuaciones diferenciales, así como las arquitecturas informáticas y las tecnologías emergentes de chips, los enfoques y herramientas de programación. Las estimaciones recientes sitúan el número de personas con este conjunto de habilidades en unas decenas de miles. Unas 5000 personas son las que han escrito artículos académicos o han dado conferencias sobre Inteligencia Artificial en los últimos años.

Se puede esperar que la alta visibilidad de la Inteligencia Artificial y la demanda actual atraigan relativamente rápido el talento a esta área. Como ejemplo, desde su lanzamiento en mayo de 2018, alrededor de 90000 estudiantes de más de 80 países se han inscrito en el curso *Elements of AI*, de seis semanas organizado como parte del programa de Educación de Inteligencia Artificial del Centro Finlandés de Inteligencia Artificial. Este curso introductorio ha sido muy popular entre las organizaciones del sector público y privado que luchan por dar sentido a los desarrollos en Inteligencia Artificial. Sin embargo, las habilidades de alto nivel en Inteligencia Artificial no se pueden adquirir rápidamente, y la escasez de habilidades relacionadas con ella puede tener serias implicaciones indirectas para la enseñanza y el aprendizaje. En 2017, las fusiones y adquisiciones de negocios relacionadas con Inteligencia Artificial fueron de aproximadamente 21800 millones de dólares en todo el mundo, y las startups sin ingresos alcanzaron precios que ascienden a 5-10 millones de dólares por experto en Inteligencia Artificial. Como profesionales expertos altamente cualificados pueden ganar salarios anuales muy altos, las universidades pueden tener grandes dificultades para encontrar docentes competentes para esta especialidad. Algunos profesionales relativamente nuevos en el sector pueden realizar un trabajo práctico de implementación utilizando herramientas de desarrollo y materiales de aprendizaje disponibles de forma abierta, pero el desarrollo de aplicaciones de misión crítica requiere habilidades bastante avanzadas.

Un resultado bastante inmediato de esta situación es que el talento de Inteligencia Artificial de alto nivel y la capacidad de computación probablemente se proporcionen como un servicio, lo que puede traducirse en la no necesidad de competencias de Inteligencia Artificial de alto nivel. Debido a las elevadas diferencias salariales, muchos estudiantes actuales de estadística, matemáticas, física matemática, diseño de ordenadores y chips, y quizás neurofisiología pueden, sin embargo, reconsiderar sus trayectorias profesionales y encontrar nuevas identidades como expertos en Inteligencia Artificial. Además, en el contexto del aprendizaje informal actual, el fácil acceso a las tecnologías y a la investigación de última generación también podría significar que las competencias de Inteligencia Artificial de alto nivel pueden adquirirse en lugares no tan tradicionales, por ejemplo, a través de comunidades de software y hardware abierto.

Impacto de la Inteligencia Artificial en el aprendizaje, la enseñanza y la educación

Desde principios de la década de 1980, y hasta hace poco, las aplicaciones educativas de Inteligencia Artificial se han centrado esencialmente en el enfoque basado en el conocimiento, como los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS, *Intelligent Tutoring System*), la principal línea de investigación en Inteligencia Artificial, caracterizados por una arquitectura que posee un *modelo del dominio* que describe el área a aprender, y un *modelo de estudiante* que describe el estado actual del conocimiento y el aprendizaje del estudiante. Un sistema experto o *modelo pedagógico* gestiona la asignación de materiales de aprendizaje al alumno a través de una interfaz de usuario adaptativa e interactiva.

Estos sistemas han utilizado tradicionalmente el enfoque basado en el conocimiento, actualmente conocido como GOFAI (por sus siglas en inglés, *Good Old-Fashioned Artificial Intelligence*) y han tenido éxito principalmente en áreas como las matemáticas y la física. Como también se puede monitorear con gran detalle el comportamiento y el aprendizaje de los estudiantes en los entornos de Sistemas de Tutoría Inteligente, han sido una fuente importante de datos para la investigación sobre el aprendizaje. La dificultad en el desarrollo de Sistemas de Tutoría Inteligente para dominios de aprendizaje amplios también ha cambiado el enfoque al problema del uso de Inteligencia Artificial y aprendizaje automático para generar interfaces en las que los docentes monitoreen a los estudiantes, y supervisen y hagan diagnósticos de su aprendizaje. Esto se conoce comúnmente como analítica de aprendizaje y minería de datos educativos (EDM).

➤ Desarrollos actuales

En Educación Especial, los enfoques basados en Inteligencia Artificial han demostrado un gran potencial, por ejemplo, en la detección temprana de la dislexia. Ejemplo de ello es el sistema sueco [Lexplore](#), que identifica rápidamente a los estudiantes en riesgo y detecta dislexia mediante el seguimiento de los movimientos oculares del usuario. También se han desarrollado con éxito sistemas basados en Inteligencia Artificial para el diagnóstico del Trastorno del Espectro Autista (TEA) y el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). En particular, la interacción niño-robot parece permitir nuevas formas de diagnóstico y aplicaciones educativas para necesidades especiales.

Como los exámenes de los estudiantes juegan un papel importante en muchos sistemas educativos, muchos proyectos están tratando de explorar el uso de la Inteligencia Artificial para su generación y evaluación automáticas. Gran parte de este trabajo está dirigido a automatizar la evaluación sumativa, con la promesa de reducir la carga de trabajo de los docentes.

Los sistemas de Inteligencia Artificial actuales son muy buenos para combinar evidencia de fuentes de datos complejas y variadas, y usarlas para el reconocimiento de patrones en tiempo real. Por ejemplo, la tarea de

los estudiantes puede verificarse y diagnosticarse con relativa facilidad mediante un sistema de Inteligencia Artificial que tiene datos tanto del historial individual del estudiante como de las respuestas de los compañeros. La Inteligencia Artificial también está comenzando a usarse para identificar la atención de los estudiantes, las emociones y las dinámicas de conversación en entornos digitales de aprendizaje, por ejemplo, para el desarrollo y la gestión de cursos, en un intento de generar grupos óptimos para las tareas de aprendizaje colaborativo, y para reconocer patrones que predicen el abandono por parte de los estudiantes. Se necesitan grandes conjuntos de datos para entrenar a los sistemas si se quiere hacer todo lo anterior de manera efectiva. Como se señaló previamente en el informe, este es un importante obstáculo técnico. El comportamiento del estudiante también debe ser supervisado activamente para proporcionar retroalimentación para el aprendizaje. Esto crea necesidades técnicas para monitorear de manera discreta a los estudiantes, por ejemplo, usando el procesamiento de vídeo y el seguimiento remoto de los ojos, con los desafíos éticos y reglamentarios que esto conlleva. Éticamente menos problemáticos son los sistemas que utilizan datos menos granulares para proporcionar recomendaciones. Por ejemplo, en la Universidad de California, Berkeley, los estudiantes pueden obtener recomendaciones de cursos utilizando un sistema que se basa en tecnologías neuronales de Inteligencia Artificial desarrolladas originalmente para el procesamiento del lenguaje natural y la traducción automática.

Una de las ideas principales de los Sistemas de Tutoría Inteligente es la interacción con interfaces adaptativas que personalizan las experiencias de aprendizaje basadas en el alumno y su nivel actual de aprendizaje. El principal punto fuerte de los sistemas de Inteligencia Artificial basados en datos, por otro lado, es que pueden procesar flujos de datos muy complejos en tiempo real. Para los Sistemas de Tutoría Inteligente de próxima generación esto significa que necesitarán interfaces de usuario que recopilen información en tiempo real del comportamiento del alumno y también datos históricos que puedan usarse para modelar al alumno. Por lo tanto, existirá un considerable interés comercial por impulsar diversos tipos de tecnologías de sensores e interfaces de usuario destinadas a las aulas, así como por obtener acceso a datos de otras fuentes de datos relacionadas con el alumno, como redes sociales y plataformas de juegos.

➤ El impacto de la Inteligencia Artificial en el aprendizaje

En la educación formal, la Inteligencia Artificial puede tener tanto un impacto positivo como negativo en el aprendizaje. Como la Inteligencia Artificial ahora ocupa un lugar destacado en la agenda política, puede parecer que deba aplicarse en la mayor cantidad posible de entornos educativos. Cuando surge una nueva tecnología prometedora, y cuando las limitaciones de la tecnología y los desafíos de su aplicación no se comprenden perfectamente, la tecnología puede parecer abrir posibilidades radicalmente nuevas para resolver viejos problemas.

Esto es lo que sucede en las primeras fases del ciclo de vida de las tecnologías de uso general, y lo que conduce al impulso tecnológico. Los emprendedores y los legisladores se dan cuenta del potencial de las nuevas tecnologías y visualizan todas las posibilidades de cómo podrían marcar la diferencia. En el ámbito

del aprendizaje, este entusiasmo se mitigará cuando las personas se den cuenta de que la Inteligencia Artificial no solo hará que la educación existente sea más eficiente, sino que también cambiará el contexto donde se produce el aprendizaje y donde se vuelve socialmente relevante. Muchas prácticas de aprendizaje actuales abordan las necesidades de una sociedad industrial que se está transformando. Es fácil automatizar cosas que simplemente institucionalizan viejos hábitos. En un mundo cambiante, esto a menudo genera frustración, ya que las soluciones pueden volverse obsoletas antes incluso de que se implementen.

En la etapa de impulso tecnológico, los expertos en tecnología poseen un conocimiento escaso, que puede dominar y anular otros tipos de conocimiento. En el ámbito de la educación y la formación, esto puede convertirse en un problema, ya que los tecnólogos transfieren fácilmente sus propias experiencias y creencias sobre el aprendizaje a sus diseños. Por ejemplo, en el campo del aprendizaje automático, el aprendizaje a menudo se entiende como una simple asociación entre las entradas y las salidas del sistema. Para los científicos del aprendizaje, este concepto de aprendizaje automático puede ser un oxímoron. Puede ser posible revolucionar el aprendizaje utilizando la tecnología, pero también lo es automatizar ideas y replicar prácticas que tienen poco que ver con el aprendizaje.

Por ejemplo, aunque sabemos muchas cosas de los MOOCs, conocemos muy poco sobre su impacto a la hora de "entregar los resultados de aprendizaje deseados". Como es posible que un docente enseñe a muchos estudiantes en entornos en línea, pero es difícil saber qué aprenden, una de las grandes promesas de la Inteligencia Artificial es realizar analíticas de aprendizaje a gran escala en dichos entornos. Por ejemplo, a menudo se sugiere que la Inteligencia Artificial podría usarse para evaluar de manera objetiva el aprendizaje de los estudiantes al calificar los resultados de los exámenes sin el sesgo del maestro. Si se dan suficientes ejemplos de datos etiquetados por humanos, la Inteligencia Artificial neuronal y el aprendizaje automático pueden aprender fácilmente a clasificar a los estudiantes en función de los resultados de sus exámenes. Sin embargo, no está claro que los resultados de los exámenes sean indicadores precisos de aprendizaje. Para apoyar el aprendizaje, puede ser más importante medir el desarrollo individual que la media de resultados en pruebas estandarizadas. Sin embargo, la Inteligencia Artificial neuronal prefiere grandes conjuntos de datos y pruebas estandarizadas. Los sistemas actuales de Inteligencia Artificial neural se ajustan de manera natural a los modelos de aprendizaje que consideran el aprendizaje como una transferencia de conocimiento a la mente del alumno. Si el aprendizaje se entiende como el desarrollo de habilidades y competencias, es necesario que la Inteligencia Artificial se incorpore a los procesos de aprendizaje de diferentes maneras.

Por ejemplo, la [Watson Classroom](#) de IBM promete soluciones cognitivas que ayudan a los docentes a comprender mejor los estilos de aprendizaje, las preferencias y las aptitudes de cada estudiante "llevando el aprendizaje personalizado a un nivel completamente nuevo". Sin embargo, no es tan evidente que tales objetivos sean beneficiosos o relevantes para el aprendizaje. Como Vygotsky señaló hace mucho tiempo, el desarrollo de muchas capacidades cognitivas que definen formas avanzadas de pensamiento se basa en su relevancia social y tienen poca trascendencia inmediata para un alumno individual. Por ejemplo, la comunicación mediada a través del texto escrito no es natural para un niño que es perfectamente capaz de usar el habla desde una edad temprana. Sin un sistema complejo de intereses y prácticas sociales, los sistemas conceptuales avanzados, como los utilizados en matemáticas, tendrían poco sentido para un

alumno individual. Por lo tanto, la Inteligencia Artificial puede proporcionar nuevas e interesantes oportunidades para adaptar el contenido de aprendizaje en función de las características individuales y el estilo de aprendizaje de los estudiantes, incluso cuando la investigación empírica muestra que el concepto de estilo de aprendizaje quizás esté mejor caracterizado como un mito urbano.

➤ El impacto de la Inteligencia Artificial en la enseñanza

Si pensamos cómo se puede usar la Inteligencia Artificial de manera más efectiva en el contexto educativo actual, automatizamos con facilidad cosas que solían ser importantes en el pasado. Por lo tanto, es importante comprender el impacto de la Inteligencia Artificial en el contexto del aprendizaje y la educación futuros, en lugar de en los sistemas actuales de educación y formas de aprendizaje. El análisis del impacto de la Inteligencia Artificial en la enseñanza, por lo tanto, estará inherentemente vinculado al trabajo orientado a la prospectiva sobre el futuro del aprendizaje.

Sin embargo, hay algunas tareas educativas donde la Inteligencia Artificial puede tener un impacto claro. Una de esas tareas es la evaluación en sus diversas formas. En los sistemas convencionales de tutoría inteligente, un componente central lo constituye un modelo de estudiante que mantiene información sobre el estado actual del alumno y que, en base al modelo de estudiante, trata de inferir posibles obstáculos en la forma que tiene un estudiante de entender un campo que está aprendiendo.

Modelos de estudiantes generados por Inteligencia Artificial y nuevas oportunidades pedagógicas

En principio, la Inteligencia Artificial neuronal resulta adecuada para tareas de diagnóstico. Los sistemas tradicionales de tutoría inteligente basados en el conocimiento han hecho frente al desafío de crear modelos de estudiantes, en parte porque no hay una forma obvia de crear representaciones de modelos de estudiantes en dominios complejos y en un contexto realista de aprendizaje. Sin embargo, la Inteligencia Artificial neuronal puede generar modelos de estudiantes si hay suficientes cantidades de datos disponibles. Como se mencionó anteriormente, las palabras en lenguajes naturales a menudo se pueden representar usando un espacio de 300 dimensiones donde se ubican millones de palabras basadas en miles de millones de ejemplos. El aprendizaje automático puede generar representaciones tan complejas en formas que funcionan en la práctica, a pesar de todas sus deficiencias conceptuales y técnicas. Con suficientes datos, el aprendizaje automático probablemente puede crear modelos de estudiantes que sean lo suficientemente buenos como para ser de valor práctico.

La Inteligencia Artificial neuronal también puede aprender patrones de interacción y asociarlos con grupos pedagógicamente relevantes para que un docente pueda tener una mejor comprensión de las maneras en que los estudiantes piensan y cómo se les puede orientar de forma efectiva. Los sistemas de Inteligencia

Artificial pueden proporcionar dichos datos de diagnóstico también a los estudiantes para que puedan reflexionar sobre sus enfoques metacognitivos y las posibles áreas que necesitan desarrollo. Por lo tanto, la Inteligencia Artificial neuronal tendrá un potencial importante en el diagnóstico del aprendizaje, la analítica y la minería de datos educativos.

Los rápidos avances en el procesamiento del lenguaje natural y las interfaces hombre-máquina basadas en Inteligencia Artificial también generarán nuevas posibilidades pedagógicas. Por ejemplo, el aprendizaje mediante la enseñanza de robots muestra cierto potencial. Además, la traducción automática en tiempo real abre nuevas posibilidades en el aprendizaje de idiomas, y los sistemas de Inteligencia Artificial se pueden utilizar, por ejemplo, para interpretar textos escritos por estudiantes, ayudándolos así a escribirlos de manera que comuniquen mejor lo que pretendían comunicar.

La necesidad de una visión orientada hacia el futuro con respecto a la Inteligencia Artificial

Es posible imaginar muchas posibilidades fascinantes para la Inteligencia Artificial en la enseñanza. Sin embargo, sin principios pedagógicos claros es probable que los proveedores de Inteligencia Artificial ofrezcan productos y servicios que aborden los problemas inmediatos percibidos por los agentes clave, en lugar de los principales desafíos sociales y económicos. Para una startup de Inteligencia Artificial en el sector educativo resulta difícil ofrecer productos y servicios que requieran cambios en las prácticas educativas actuales.

Por lo tanto, sin visiones claras y sin políticas que sitúen las posibilidades técnicas emergentes en el contexto más amplio de la transformación de la educación y el futuro del aprendizaje, la Inteligencia Artificial educativa probablemente se proporcionará principalmente en forma de soluciones a los problemas existentes. En lugar de renovar el sistema y orientarlo hacia las necesidades de una economía postindustrial y una sociedad del conocimiento, la Inteligencia Artificial puede, por lo tanto, mecanizar y reinventar prácticas de enseñanza obsoletas y hacerlas cada vez más difíciles de cambiar. Por lo tanto, puede que resulte necesario desarrollar visiones y políticas apropiadas, creando simultáneamente modelos orientados hacia el futuro para la educación y la enseñanza. Eso sí, es sumamente importante llevar a cabo experimentos concretos en un contexto auténtico con docentes y expertos en educación.

➤ Repensar el papel de la educación en la sociedad

En un nivel más sistémico, la Inteligencia Artificial tendrá un profundo impacto en los sistemas educativos. No por ninguna característica específica de la Inteligencia Artificial, sino por su misma concepción como la expresión de una transformación más amplia y continua que resulta de la digitalización, la creación de redes globales de comunicación y producción en tiempo real, y la automatización de procesos productivos.

A esto se le ha llamado la sociedad de la información, la economía del conocimiento y la revolución algorítmica. Una de las razones por las que la Inteligencia Artificial ha surgido como un tema político importante en los últimos años es el convencimiento de que tendrá un impacto radical en el mundo laboral. Como las instituciones educativas actuales han surgido en gran medida como respuestas a los problemas de la era industrial, muchas de estas respuestas se están quedando obsoletas.

Es posible que esos economistas tengan razón al argumentar que la automatización y la Inteligencia Artificial no aumentarán el desempleo en el futuro. En el contexto del siglo XX, esto sería bueno, ya que el desempleo era un importante desafío económico en las sociedades industrializadas. Dichos argumentos están respaldados por teorías económicas que parten del supuesto de que las economías tienden al equilibrio. También están respaldados por el sentido común que dice que, por supuesto, las personas tienen que trabajar. Adoptando tales puntos de vista, se puede decir que, por supuesto, habrá trabajo en el futuro, aunque todavía no sabemos cómo y cuáles serán. También es posible que el trabajo en el futuro ya no sea lo que se suponía que iba a ser. En la historia del pensamiento educativo, ha habido una batalla constante entre corrientes que ven la educación desde un punto de vista instrumental, como una forma de preparar a los futuros trabajadores para futuros trabajos, y una visión más desarrollada que ve a la educación como una forma de realizar el potencial humano. Haya o no trabajos en el futuro, la Inteligencia Artificial parece impulsar la educación hacia estos modelos de educación más desarrollados. Suponiendo que la Inteligencia Artificial transformará el mercado laboral, una forma potencialmente útil de imaginar el futuro de la educación y los sistemas educativos es partir de esta última posibilidad. Si imaginamos la educación en un mundo donde el trabajo no es un factor central en la vida o donde los trabajos, como los conocíamos, no existen, ¿cuál sería el papel de la educación? ¿cómo podríamos organizarla? ¿cuáles serían sus objetivos y qué necesidades tendría?

Desafíos políticos

El énfasis actual sobre la Inteligencia Artificial hace que sea considerada como la solución a una amplia variedad de problemas en la educación, aunque su potencial y los desafíos que plantea aún no se comprendan bien. Para el desarrollo de políticas, probablemente sea más importante entender la motivación del uso de la tecnología, es decir, por qué y para qué usamos la Inteligencia Artificial que cómo se usa.

Por lo tanto, se necesita un diálogo continuo sobre los usos apropiados y responsables de la Inteligencia Artificial en la educación, por ejemplo, permitiendo y financiando investigaciones independientes sobre la política, la ética, las implicaciones sociales y la economía de la Inteligencia Artificial, lo que puede ser una forma práctica de hacer aportes útiles para este diálogo.

En el ámbito de la política educativa es importante que los educadores y los legisladores entiendan la Inteligencia Artificial en el contexto más amplio del futuro del aprendizaje, prestando atención al rápido cambio de la demanda de habilidades y competencias del mercado laboral.

En general, los cambios profundos en la sociedad y la economía que la Inteligencia Artificial y las tecnologías relacionadas están haciendo posible crearán un mundo donde muchas instituciones sociales se transformarán y las personas tendrán que adaptarse. Un desafío de política general, por lo tanto, es aumentar la conciencia entre los educadores y los legisladores sobre las tecnologías de Inteligencia Artificial y su potencial impacto. Una forma de hacerlo es participar en procesos que generen visiones del futuro, desarrollen conceptos que puedan usarse para describirlos, y diseñen escenarios y experimentos en los que se puedan probar dichos futuros imaginados. Una propuesta bastante simple para el desarrollo de políticas, por lo tanto, es comenzar de manera explícita procesos orientados hacia el futuro que generen una comprensión de las posibilidades del presente.

Los datos que se necesitan para el aprendizaje automático suelen ser muy personales. Si se usan para evaluar el rendimiento de los estudiantes, la seguridad de los datos puede convertirse en un obstáculo clave en el uso de la Inteligencia Artificial, la analítica de aprendizaje y la minería de datos educativos. Como los sistemas de Inteligencia Artificial neural no entienden los datos que procesan, también es fácil falsificarlos para engañar el proceso de decisión. La seguridad de la Inteligencia Artificial es un desafío porque suele utilizar representaciones internas complejas de datos que son difíciles o imposibles de interpretar. Debido a esto, ahora hay un considerable interés en crear una "Inteligencia Artificial explicable". Sin embargo, los sistemas actuales carecen de todas las capacidades reflexivas y metacognitivas esenciales necesarias para explicar lo que hacen o no hacen. Parafraseando a Descartes, es, por lo tanto, tan inútil preguntarle a un reloj en la pared por qué acaba de dar las siete u ocho como preguntarle a un sistema de Inteligencia Artificial de aprendizaje profundo por qué le otorgó una calificación específica a un estudiante. Los relojes no están diseñados para explicar su tictac, y los sistemas de Inteligencia Artificial, como los conocemos, no tienen capacidades explicativas. En el mejor de los casos, pueden ayudar a los humanos a explicar qué sucedió y por qué. Como puede haber límites teóricos y prácticos fundamentales en el diseño de sistemas de Inteligencia Artificial que pueden explicar su comportamiento y decisiones, es importante mantener a los humanos en el ciclo de toma de decisiones.

Como varios informes recientes han enfatizado, las consideraciones éticas adquieren gran importancia cuando la Inteligencia Artificial se aplica en la sociedad o en entornos educativos. Desde una perspectiva política, la ética de la Inteligencia Artificial es un desafío general, pero tiene una relevancia específica para las políticas educativas.

Desde el punto de vista normativo, las consideraciones éticas proporcionan la base fundamental a partir de la cual se crean y justifican las nuevas regulaciones y leyes. Desde el punto de vista del desarrollo, la ética

y los juicios de valor apoyan conceptos fundamentales como la voluntad, la responsabilidad, la identidad, las libertades y las capacidades humanas. En los modelos de aprendizaje de Inteligencia Artificial supervisados, los posibles resultados de elección deben proporcionarse al sistema antes de que comience a aprender. Esto significa que el mundo se describe en términos cerrados, en función de intereses y categorías predefinidos. Además, las categorías se basan en datos recopilados en el pasado. La Inteligencia Artificial neuronal clasifica a las personas en grupos donde los datos de otras personas, considerados similares por el sistema, se utilizan para predecir características y comportamientos individuales.

Desde el punto de vista político y ético, esto es muy problemático. La voluntad humana es la capacidad de tomar decisiones sobre los actos futuros y, por lo tanto, ser responsables de ellos. Cuando los sistemas de Inteligencia Artificial predicen nuestros actos utilizando datos históricos sobre un gran número de personas, no pueden entender a aquellas que toman decisiones verdaderas o que rompen con patrones de comportamiento históricos. Por lo tanto, la Inteligencia Artificial también puede limitar el ámbito en el que los humanos pueden expresar su voluntad.

Como se ha enfatizado anteriormente, los éxitos recientes en Inteligencia Artificial se han basado en gran medida en la disponibilidad de grandes cantidades de datos. Los productos y servicios basados en Inteligencia Artificial pueden generarse en el sector educativo solo si se dispone de datos apropiados. En la actualidad, algunos de los conjuntos de datos existentes pueden considerarse monopolios naturales y, a menudo, son controlados por unas pocas grandes corporaciones. Un desafío político importante es cómo hacer más fácilmente disponibles los conjuntos de datos tan grandes que se necesitan para el desarrollo y uso de sistemas basados en Inteligencia Artificial. Una posible solución es aprovechar el actual Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), que exige que los interesados puedan tener una copia de sus datos personales proporcionados en un formato electrónico de uso común. Técnicamente, esto permitiría a los usuarios acceder a sus datos personales, hacerlos anónimos y enviarlos en un formato apropiado a las plataformas que se utilizan con fines educativos y de aprendizaje de Inteligencia Artificial. Dicha funcionalidad podría integrarse con relativa facilidad, por ejemplo, en navegadores web de uso común, si existieran sistemas de agregación de datos. Una posibilidad podría ser probar tales sistemas de agregación en una escala adecuada y, si tienen éxito, extenderse a toda la Unión Europea.