

Las relaciones entre trabajo y tecnología no son siempre sencillas. En el entorno actual en el que las tecnologías ocupan un papel cada vez más importante en todos los ámbitos de la vida, surgen diferentes voces y puntos de vista respecto a sus efectos en el mundo laboral.

Aunque existe el consenso generalizado de que las tecnologías han tenido un impacto muy positivo en la productividad y en consecuencia en la vida de las personas, lo que ha redundado en una mejora del nivel de vida, en la actualidad se ven con cierto recelo por una parte importante de la sociedad. Y es que son muchas las cosas que están pasando al mismo tiempo: aumento de desempleo, irrupción de nuevos sistemas inteligentes en los trabajos, transformación digital de los negocios... Muchos cambios y de mucho calado, cuyas relaciones e interacciones no están claras y plantean ciertas incógnitas. ¿Serán las tecnologías capaces de crear trabajo a largo plazo?, ¿cuál será el papel del trabajador en un mundo en el que el trabajo cognitivo se llega a automatizar?...

El presente monográfico, editado por Fundación Telefónica, realiza un análisis profundo sobre el futuro del entorno del trabajo tras el desarrollo de robots y sistemas inteligentes que permiten realizar actividades con alto nivel cognitivo. Dicho análisis se ha realizado incluyendo diferentes enfoques para ofrecer una visión holística que se complementa con el posterior *think tank*, cuya transcripción completa se incluye, y que aporta un valor especial al estudio puesto que se incluyen los diversos puntos de vista de expertos de las múltiples vertientes analizadas.

Fundación Telefónica

El trabajo en un mundo de sistemas inteligentes

El trabajo en un mundo de sistemas inteligentes



EL TRABAJO EN UN MUNDO DE SISTEMAS INTELIGENTES

EL TRABAJO EN UN MUNDO DE SISTEMAS INTELIGENTES

Esta obra ha sido editada por Ariel y Fundación Telefónica, en colaboración con Editorial Planeta, que no comparten necesariamente los contenidos expresados en ella. Dichos contenidos son responsabilidad exclusiva de sus autores.

© **Fundación Telefónica, 2015**

Gran Vía, 28
28013 Madrid (España)

© **Editorial Ariel, S.A., 2015**

Avda. Diagonal, 662-664
08034 Barcelona (España)

© de los textos: Fundación Telefónica

© de la ilustración de cubierta: © Shutterstock © Willyam Bradberry - Shutterstock © Syda Productions- Shutterstock

Coordinación editorial de Fundación Telefónica: Rosa María Sáinz Peña
Este informe ha sido realizado con la colaboración técnica de Telefónica I+D.
Primera edición: diciembre de 2015

El presente monográfico se publica bajo una licencia Creative Commons del tipo: Reconocimiento - Compartir Igual



Esta obra se puede descargar de forma libre y gratuita en:
http://www.fundaciontelefonica.com/arte_cultura/publicaciones-listado

ISBN: 978-84-08-15094-7

Depósito legal: B. 27.301-2015
Impresión y encuadernación: Unigraf, S. L.
Impreso en España – Printed in Spain

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como **papel ecológico**.

Índice

Introducción	1
1. Sistemas inteligentes como elemento transformador del empleo	
1.1 Revoluciones industriales y empleo	4
1.2 Evolución de la utilización de máquinas y automatización de sistemas en el trabajo	5
1.3 Del <i>winner-takes-all</i> al <i>loser-loses-all</i>	7
1.4 La creatividad como elemento fundamental del nuevo empleo	7
2. Tecnologías habilitadoras del cambio	
2.1 Robots	10
2.2 Sistemas inteligentes	13
2.3 Vehículos de conducción autónoma	15
2.4 Tecnologías de la información.....	18
3. Límites de la inteligencia artificial	
3.1 Puntos fuertes y puntos débiles de los sistemas informáticos	22
3.2 Los sistemas computacionales empujan sus propios límites	22
3.3 Mente y sistemas inteligentes: test de Turing y habitación china	23
3.4 Inteligencia artificial fuerte e inteligencia artificial débil	23
4. La automatización del trabajo en la empresa	
4.1 Automatización del trabajo en el sector primario	26
4.1.1 Aplicaciones en la agricultura	26
4.1.2 Aplicaciones en la ganadería	28
4.2 Automatización del trabajo en el sector secundario	29
4.3 Automatización del trabajo en el sector servicios	30
4.3.1 Aplicaciones en el transporte y la logística	30
4.3.2 Aplicaciones en la medicina y el cuidado personal	33
4.3.3 Aplicaciones en el sector de los viajes y el alojamiento	34
4.3.4 Aplicaciones en el sector financiero y de los seguros	35
4.3.5 Aplicaciones en otros ámbitos del sector servicios	37
5. El impacto de la automatización en el ámbito laboral	
5.1 Impacto en los puestos de trabajo	42
5.2 Impacto en las empresas	46
6. La respuesta del ámbito educativo	
6.1 Nuevas competencias para nuevos puestos de trabajo	50
6.2 Nuevas prácticas pedagógicas facilitadas por las tecnologías	52
6.3 Situación de la educación en España en las competencias clave para la automatización del trabajo	53

VIII

6.4 Recomendación de políticas educativas para abordar el cambio hacia la automatización del trabajo	55
7. Escenarios del impacto de la automatización del trabajo inteligente	
7.1 El mundo en 2030	60
7.2 Escenarios en el ámbito del trabajo	62
7.3 Conclusiones de los escenarios	65
8. Transcripción del encuentro de expertos sobre trabajo inteligente	70

Introducción

El trabajo siempre ha ocupado un papel central en la vida de las personas. Necesario para que la sociedad funcione, su sentido va más allá del de ser una mera obligación para poder garantizar un nivel de vida, y muchos lo consideran una parte integral de la persona que permite el desarrollo de capacidades y habilidades a la vez que ocupa una parte importante de su tiempo.

El trabajo es, por tanto, un concepto que debe entenderse de manera muy amplia, no solo desde el punto de vista de necesidad material, sino como una parte integral de la persona en una sociedad en la que ciertos puestos de trabajo de alto nivel cognitivo se han convertido en un verdadero símbolo de estatus social. Por este motivo, cualquier evolución que amenace con agitar los cimientos en los que se sustenta el trabajo es siempre motivo de observación, análisis y, en última instancia, de debates y polémicas.

El caso del que se ocupa este monográfico, la irrupción de tecnologías dotadas con cierta inteligencia capaces de realizar actividades laborales con un componente cognitivo elevado, no es una simple evolución. Más bien se puede considerar como una verdadera revolución que pasará a la historia junto a otras revoluciones, como las industriales, por alterar de forma sustancial el entorno laboral.

Se trata además de una revolución que muestra ciertas diferencias con respecto a las anteriores. La más significativa es que afecta principalmente a las personas con un alto nivel formativo, a los trabajadores conocidos generalmente como trabajadores de cuello blanco, lo que cuestiona la máxima que hasta ahora se había cumplido de que con un elevado nivel de formación una persona tenía garantizado el acceso al mercado laboral. También la aparición de sistemas inteligentes e incluso de robots con elevadas capacidades cognitivas puede significar un elemento disruptivo dentro del entorno laboral que amenaza con ser fuente de suspicacias e incluso de fricciones. Y es que hasta ahora el ser humano estaba completamente al mando de las tareas cognitivas en el entorno laboral, mientras que los dispositivos y demás máquinas se encargaban de aumentar sus capacidades, permitiendo multiplicar la cantidad de trabajo realizado.

Sin embargo, la tendencia que en este monográfico se muestra presenta a las máquinas y a otros sistemas inteligentes como elementos con capacidad de asumir tareas con alto nivel cognitivo. En este nuevo entorno son muchas las cosas que están todavía por definir y surgen nuevas preguntas: quién manda y quién obedece, quién ayuda a quién, qué criterio prevalece... Demasiadas concesiones como para que el hombre no se sienta ofendido en su propia esencia: ser el único ser con capacidad de entender e interpretar la realidad que le rodea y de tomar decisiones inteligentes para conseguir determinados fines. No es de extrañar, por tanto, las reticencias con las que cierta gente observa el proceso; bastante competitivo se ha vuelto el mercado laboral como para tener que competir además con máquinas.

Al igual que sucedió con otras distopías que se planteaban en pasadas revoluciones industriales de base tecnológica, los motivos que llevan a la desconfianza se verán superados con creces por los bene-

ficios que supondrá la revolución tecnológica que nos aguarda. Aunque los nuevos sistemas tengan capacidad de realizar tareas con importante contenido cognitivo, el hombre seguirá manteniendo capacidades únicas que no podrán ser reemplazadas por otras provenientes de sistemas computacionales, al menos en el horizonte temporal que somos capaces de atisbar con meridiana claridad.

La creatividad es por ahora la gran capacidad humana, nuestro reducto inexpugnable que no parece en peligro de ser arrebatado o imitado. Por este motivo, tanto a lo largo del monográfico como en el posterior Think Tank, la educación que permita desarrollar las capacidades propias de cada persona, en especial la creatividad, se muestra como el factor clave para el futuro desarrollo profesional. En un mundo en el que la mayoría de las actividades rutinarias podrán ser realizadas por máquinas, esta capacidad es la que coloca a la persona en el centro del sistema laboral.

El futuro es imprevisible; no suele ser muy productivo el tratar de realizar previsiones sobre él porque no está escrito, sino que lo construimos nosotros y con nuestras decisiones lo guiamos en un sentido o en otro. Quiero con este monográfico ofrecer una visión profunda sobre el mundo del trabajo ante la aparición de sistemas inteligentes, que pueda servir para tener una perspectiva general sobre un tema tan controvertido y para centrar un debate que pueda servir para crear conciencia y guiar decisiones.

Sistemas inteligentes como elemento transformador del empleo

1.1	Revoluciones industriales y empleo	4
1.2	Evolución de la utilización de máquinas y automatización de sistemas en el trabajo	5
1.3	Del <i>winner-takes-all</i> al <i>loser-loses-all</i>	7
1.4	La creatividad como elemento fundamental del nuevo empleo	7

Nos encontramos en un momento en el que la sociedad está sometida a numerosos cambios; es uno de esos momentos en los que se tiene la sensación de que algo va a pasar y después ya nada será igual. En esta sensación influyen dos tipos de aspectos: por una parte sociales, con graves problemas, como el aumento del desempleo, y por otra parte tecnológicos, con nuevos desarrollos y servicios que están cambiando nuestra manera de comportarnos y de los cuales todavía estamos lejos de ver su verdadero potencial. Existe un debate entre los expertos sobre las posibles relaciones entre ambos aspectos; unos opinan que existe un vínculo entre ellas, otros se inclinan por pensar que es una coincidencia circunstancial en el tiempo, y otros más que las nuevas tecnologías serán la solución al problema del desempleo. Este monográfico trata de afrontar de una manera global la relación entre los sistemas computacionales inteligentes y el trabajo con un componente cognitivo importante, de forma que muestre una panorámica general de cómo estas tecnologías podrán transformar el mercado laboral en diferentes sectores.

1.1 Revoluciones industriales y empleo

Durante los últimos dos siglos, desde que la primera revolución industrial tuvo lugar a finales del siglo XVIII, las grandes revoluciones tecnológicas han venido siempre marcadas por controversias entre los que defienden las bondades de las nuevas tecnologías a ultranza y su aplicación masiva en todos los sectores dejando en un segundo plano el cómo afectan dichos cambios al equilibrio del mercado de trabajo, y los que se muestran cautos, defendiendo restricciones en el uso de las tecnologías de forma que no afecte de manera significativa al mercado laboral.

El ejemplo de los luditas en el Reino Unido a principios del siglo XIX muestra bien las fricciones que este tipo de temas puede originar. De hecho, dicho movimiento ha dado lugar a la acuñación del término ampliamente utilizado para referirse a los colectivos que ven con suspicacia la utilización masiva de las tecnologías en el ámbito laboral. En realidad, el movimiento ludita tuvo un sentido más profundo que el simple debate sobre la bondad o los puntos negativos de las máquinas, fue un debate que hundía sus raíces en aspectos profundos de la sociedad, como el fin de un *modus vivendi* para muchos empleados, el paso de un modelo artesanal a un modelo industrial, o una distorsión del mercado de trabajo que hacía que muchas personas quedaran fuera de él o sometidas a condiciones de vida precarias. En definitiva, las tecnologías venían a romper el equilibrio entre las necesidades de capital y las necesidades de fuerza laboral. También dividía a la fuerza laboral entre aquellos cuyo trabajo era fácilmente reemplazable por máquinas —con lo que su porvenir económico quedaba en entredicho— y aquellos que eran capaces de manejar las máquinas y entender la lógica de la fabricación industrial, necesarios para liderar la revolución industrial.

Este ejemplo resalta cómo los momentos de la historia marcados por el desarrollo de tecnologías de carácter disruptivo provocan grandes cambios en el mercado de trabajo que pueden llegar a suponer movimientos sociales más amplios, que incluyen revueltas o cambios de la legislación laboral en busca de restablecer de nuevo un equilibrio entre las fuerzas del capital y las fuerzas del trabajo. Se trata, por tanto, de cambios de gran calado en la sociedad que trascienden el mero hecho tecnológico y que deben ser analizados teniendo en cuenta un enfoque holístico en el que se considere de forma amplia todo el contexto social.

Merece la pena destacar cómo todos estos miedos a que la tecnología supusiera la consolidación de un segmento social continuamente en desempleo, una reducción del poder adquisitivo general y, en definitiva, una sociedad empobrecida con una menor capacidad de adquirir producto y servicios se han visto desmentidos por la realidad. Nadie duda ahora de que la utilización masiva de las tecnologías tanto en el campo como en las industrias ha supuesto a medio y largo plazo una mayor capacidad adquisitiva por parte de los usuarios, lo que ha impulsado la productividad y la calidad de vida de una forma global. De esta manera, los beneficios se repartieron entre los trabajadores más cualificados, los menos cualificados, los propietarios de capital y los consumidores.

Sin embargo, la revolución digital en la que estamos inmersos actualmente está empezando a dejar unas sensaciones contradictorias desde el punto de vista de su impacto en el mercado de trabajo. Por un parte, todos somos conscientes de los grandes beneficios que ofrecen la conexión a Internet, la movilidad, la nube o la automatización de procesos. No obstante, cuando se analizan los datos de una forma objetiva se observa que entre el año 1939 y el 2000, antes de esta revolución, el crecimiento de la productividad medio fue del 2,7% al año en Estados Unidos, mientras que entre los años 2000 y 2013 el crecimiento fue del 0,9%. Si bien es cierto que no está claro cuál es la causa de que estos datos sean peores que los de las décadas anteriores y que se ha creado un debate en torno a otros posibles motivos, como, por ejemplo, la globalización, la crisis financiera, el *boom* inmobiliario, etc., la verdad es que el efecto de las tecnologías es uno de los puntos centrales de este debate.

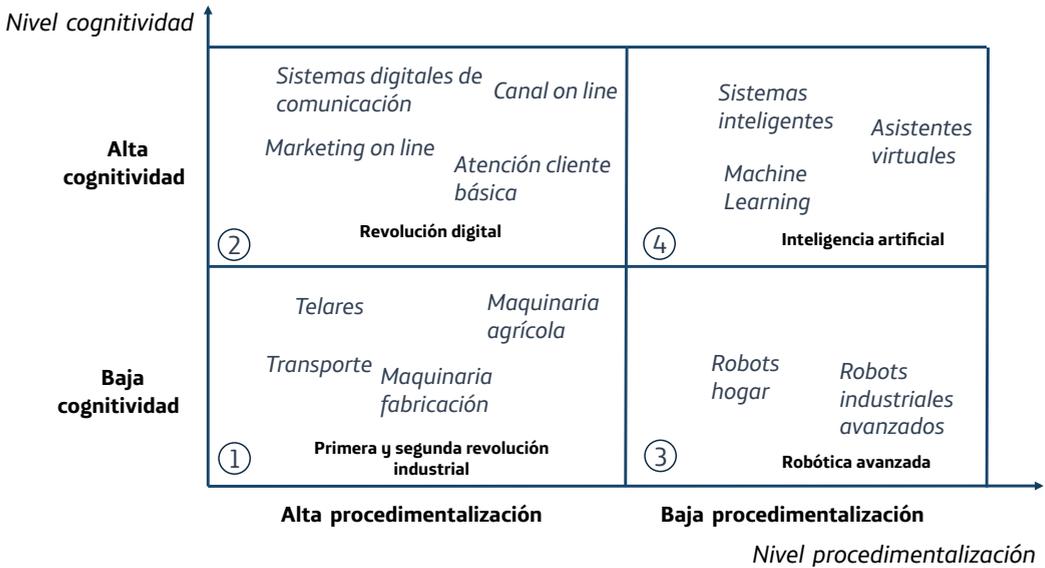
1.2 Evolución de la utilización de máquinas y automatización de sistemas en el trabajo

La incorporación de maquinaria y dispositivos tecnológicos en el entorno del trabajo se ha ido produciendo de una forma escalonada, que ha dependido principalmente de las características de la actividad a la que se ha dedicado. Para analizar este proceso consideramos esta evolución según un modelo en el que pueden identificarse cuatro categorías, que se pueden representar como una tabla con cuatro cuadrantes (Figura 1.1).

Estos cuadrantes son el resultado de considerar dos variables representadas en el eje de abscisas y en el de ordenadas: el nivel de cognitividad y el de procedimentalización. En un principio, durante la primera y segunda revolución industrial, las tecnologías y maquinarias vinieron a realizar actividades que tenían un elevado nivel de procedimentalización y que, además, eran más manuales, esto es, tenían menos nivel de cognitividad. Así, la máquina de vapor y otros sistemas mecánicos favorecieron la aparición de fábricas y el desarrollo de sistemas de transporte, como el tren, que produjeron importantes cambios en la fisonomía del trabajo. El desarrollo de este tipo de maquinaria y la innovación en este campo han continuado posteriormente, y de hecho todavía continúan con el desarrollo de máquinas más potentes y que requieren menos mano de obra en su manejo. Un ejemplo del impacto de la incorporación de este tipo de maquinaria se observa en la maquinaria agrícola que ha desplazado a la mayoría de los trabajadores del campo (en el año 1900 el 40% del trabajo en Estados Unidos pertenecía al sector agrícola, mientras que un siglo más tarde es inferior al 5%).

En una segunda etapa, una nueva revolución, en este caso la digital, ha permitido realizar actividades con un mayor carácter cognitivo, siempre que dichas actividades pudieran implementarse de forma

Figura 1.1 Evolución de la incorporación de tecnologías para la realización de trabajos



muy procedimentalizada, esto es, que se pudieran realizar siguiendo una serie de normas perfectamente establecidas. Ejemplos de este caso han sido la atención al cliente básica, la dispensación automática de efectivo en los cajeros por parte de los bancos o los canales on line de venta. Este es un fenómeno en el que Internet y demás sistemas de automatización han tenido una importancia fundamental y cuyo impacto en el empleo ha sido muy relevante; así, en las décadas de los ochenta, de los noventa y en la primera década del siglo XXI, el número de empleados que realizaban actividades procedimentalizadas, incluidas aquellas que tenían carácter cognitivo como empleados de banca, descendió un 5,6%, un 6,6% y un 11%, respectivamente,¹ lo que marca una aceleración clara en el tiempo. A pesar de esta reducción en el número de puestos de trabajo para realizar estas actividades, el impacto final de la incorporación de las tecnologías digitales ha sido positivo tanto en el empleo, dado el elevado número de puestos de trabajo que generan en otras actividades como el diseño de los nuevos productos, como en el producto interior bruto de los países, tal como muestran varios estudios a este respecto. Por ejemplo, según un trabajo de McKinsey, Internet es responsable del 21% del crecimiento del producto interior bruto de los países desarrollados y permite crear 2,6 puestos de trabajo por cada trabajo que destruye.²

La tecnología que se muestra en este monográfico permite que nuevos dispositivos y sistemas inteligentes puedan empezar a realizar actividades con un nivel de procedimentalización bajo, por lo que afecta a los cuadrantes 3 y 4. De esta forma, además de los trabajadores que se podrían encuadrar en la categoría de «cuello azul», que tienen un trabajo con un alto componente manual, se ve afectado personal de «cuello blanco», que realiza actividades que requieren un alto nivel cognitivo. Se trata

1. N. Jaimovich y H. E. Siu, «The Trend is the Cycle: Job Polarization and Jobless Recoveries (No. w18334)», National Bureau of Economic Research, 2012.
 2. Internet matters: «The Net's sweeping impact on growth, jobs, and prosperity», McKinsey Global Institute, 2011.

además de un movimiento de gran envergadura que podría afectar a sectores enteros con unas características muy diversas, desde el sector del taxi hasta los corredores de bolsa, por ejemplo. Todos los expertos coinciden en que tendrá un impacto muy importante en la redefinición del mercado laboral, y llevará asociadas consecuencias que no son fáciles de prever, por lo que el objetivo de este monográfico es mostrar diferentes puntos de vista y escenarios para preparar el debate de expertos que se presenta en la segunda parte.

1.3 Del *winner-takes-all* al *loser-loses-all*

Uno de los fenómenos que se ha consolidado en el mercado de trabajo durante los últimos años es la institucionalización de un modelo de remuneración que premia mucho a aquellos que destacan notablemente sobre los demás, mientras que penaliza a los que se encuentran en la media o por debajo. Así, entre los años 2002 y 2007 el 1% de la población absorbió dos tercios del crecimiento de los beneficios de la economía norteamericana. Se trata de una situación que en cierto modo viene motivada por las economías de escala y la globalización de los mercados y negocios que se han producido en las últimas décadas. En un entorno tan abierto, el valor diferencial que aportan los mejores profesionales tiene un efecto multiplicador que hace que pequeñas diferencias en el desempeño supongan al final grandes diferencias económicas en el resultado. Por ejemplo, fichar a un directivo de una gran multinacional que sea capaz de aumentar un 1% sus beneficios puede suponer una ganancia extra de muchísimos millones de euros, de los cuales el directivo tenderá a exigir una parte.

Este fenómeno, que supone que pequeñas diferencias en el rendimiento tengan grandes implicaciones para las organizaciones y para la política retributiva, se ha venido produciendo desde hace muchos años en el deporte. Suele considerarse aceptable que un futbolista que destaque levemente sobre otro tenga un contrato mucho más alto, ya que esa pequeña diferencia es la que separa al equipo líder del segundo. En el ámbito de la Fórmula 1, una diferencia de unas centésimas de segundo es suficiente para pasar del mundo de la gloria al del olvido, con lo que los equipos tenderán a fichar a aquellos participantes que puedan aportar ese pequeño extra.

A este fenómeno, que se ha ido consolidando en las últimas décadas, habría que añadir el riesgo de que un número elevado de trabajadores no tenga la capacidad adecuada para adaptarse a un nuevo entorno laboral en el que máquinas y sistemas inteligentes realicen una porción cada vez más elevada de trabajo. De esta forma, existe el peligro de que queden al margen del mercado laboral, sin apenas posibilidades de reincorporarse; en definitiva, como dice el título de este apartado, que lo pierdan todo. Como se comenta más adelante en este estudio, una de las claves para mitigar tanto el efecto «estrella» como el quedarse al margen del sistema productivo vendrá de una mejora del sistema educativo en la que se potencien las cualidades que serán más demandadas por las empresas y se tengan en cuenta las capacidades personales de cada persona.

1.4 La creatividad como elemento fundamental del nuevo empleo

Si bien parece que esta situación implica malas noticias para el empleo, también es necesario ver los puntos positivos que puede suponer un uso intensivo de estas tecnologías en el ámbito laboral.

En primer lugar, históricamente, la destrucción de puestos de trabajo a manos de una tecnología viene a suponer la creación a medio y largo plazo de un número mayor de puestos de trabajo en otros sectores y tipo de actividades. Además, se suele tratar de puestos de mayor nivel tanto en lo económico como en lo relativo a los requerimientos intelectuales que se necesitan para su desarrollo. En definitiva, la tecnología hasta ahora ha creado puestos de trabajo de mayor calidad, en los que las capacidades humanas son «aumentadas» por la tecnología. En segundo lugar, el efecto que ciertos expertos presentan de un impacto negativo en la clase media no es cierto si se considera el escenario de forma global, ya que el trabajo que se ha destruido en los países más avanzados se compensa ampliamente con las zonas emergentes, como en el sudeste asiático.

Tal como se muestra a lo largo de este monográfico, existen dudas sobre cuál será el balance definitivo de todo este proceso. No es fácil discernir si son dudas fundadas o si reflejan cierto nerviosismo propio de toda transición de un entorno conocido a otro entorno que presenta incertidumbre. Si bien es cierto que el impacto en el empleo, principalmente aquel perteneciente a puestos medios que requieren formación académica, está siendo elevado, es importante considerar otros aspectos para tener una visión global. Se debe, así, valorar también que los puestos de trabajo que tienen ciertas dosis de creatividad y análisis no solo no están en peligro, sino que supondrán cada vez más un yacimiento fundamental de empleo a largo plazo. Por ejemplo, numerosos estudios muestran la gran necesidad de expertos en análisis de datos y la carencia de este tipo de expertos en la actualidad en el mercado.

Todo esto lleva, tal como sucedía en otros monográficos que tocaban campos relacionados con la innovación, a resaltar la educación como punto fundamental de desarrollo. Como ha sucedido en otras épocas de la historia, la educación tendrá que adaptarse a las nuevas necesidades de los tiempos y de la población. Una educación más personalizada, en la que se potencien los valores de cada persona y en la que la creatividad sea un valor fundamental, podrá ayudar a dotar a la población de las herramientas necesarias para enfrentarse al nuevo escenario laboral.

Tecnologías habilitadoras del cambio

2.1 Robots	10
2.2 Sistemas inteligentes	13
2.3 Vehículos de conducción autónoma	15
2.4 Tecnologías de la información	18

La tendencia que se estudia en este monográfico es resultado de un conjunto de evoluciones tecnológicas; aunque las mayores inductoras son las tendencias relacionadas con los sistemas inteligentes y con la robótica, es la convergencia entre tecnologías la que hace que tenga un carácter disruptivo. Así, las tecnologías de la comunicación que permiten el desarrollo del Internet de las cosas y que personas y objetos puedan interactuar fácilmente son parte fundamental en esta evolución; también, todas las innovaciones que se han producido en la industria de componentes principalmente relacionadas con la miniaturización de componentes como sensores, baterías, módulos de conexión, etc. Dado que el número de tecnologías habilitadoras que participan de una u otra manera en esta evolución es muy amplio, en este apartado nos centraremos en las más específicas y también incluiremos un último punto relacionado con las tecnologías de la información que actúan como elemento aglutinador.

2.1 Robots

El desarrollo de máquinas que realizan las actividades de forma más o menos autónoma de manera que sirvan de ayuda a las personas ha sido un deseo de todas las culturas, como muestra el gran número de referencias a todo tipo de innovaciones, inventos y artilugios diseñados con tal fin a lo largo de la historia. Aunque el desarrollo de máquinas ha sido una constante en todos los tiempos, en este caso nos referimos a máquinas con cierto grado de autonomía en el que ciertas actividades se puedan programar, aunque sea de una manera elemental.

No obstante, hasta el año 1921 no fue acuñada la palabra *robot*; su origen es una palabra checa que significa «labor», lo que muestra que su sentido ha venido unido siempre al de facilitar el trabajo. Ha sido muy habitual vincular la imagen de un robot con formas humanas, incluso con expresiones y sentimientos, en este caso se estaría hablando de humanoides, que tanto se han promocionado en las películas de ciencia ficción, lo que ha provocado cierta confusión entre la población general con relación al verdadero significado de la palabra *robot*. Una definición de lo que se entiende por *robot* sería la de la *Enciclopedia Británica* según la cual un robot es «cualquier máquina que sea operada automáticamente y que reemplace el esfuerzo humano, aunque no posea parecido a los seres humanos». No obstante, esta definición es demasiado amplia ya que incluye posibles dispositivos de un nivel muy inferior a la idea general que disponemos de robot, por lo que habría que añadir que, por su apariencia o sus movimientos, ofrece la sensación de tener un propósito propio. Aunque la palabra *robot* puede referirse tanto a mecanismos físicos como a sistemas virtuales de *software*, en esta sección la aplicaremos a mecanismos físicos, y denominaremos a los segundos con el término *bots*.

Al utilizar esta definición amplia se observa que hay numerosas categorías de robots, lo que refleja la variedad de desarrollos que se han realizado, así como la cantidad de posibilidades que ofrecen. En una clasificación amplia se pueden dividir en dos tipos principales: robots industriales y robots de servicios (Figura 2.1).

En el primer caso se engloban aquellos robots que se utilizan en el ámbito industrial con el fin de mejorar la producción, principalmente en la cadena de producción. Según la ISO 8373, un robot industrial es un «manipulador de tres o más ejes que es automáticamente controlado, reprogramable y multi-propósito. El cual puede estar fijo en un lugar o ser móvil para la automatización de aplicaciones indus-

Figura 2.1 Tipos de robots

Robot industrial



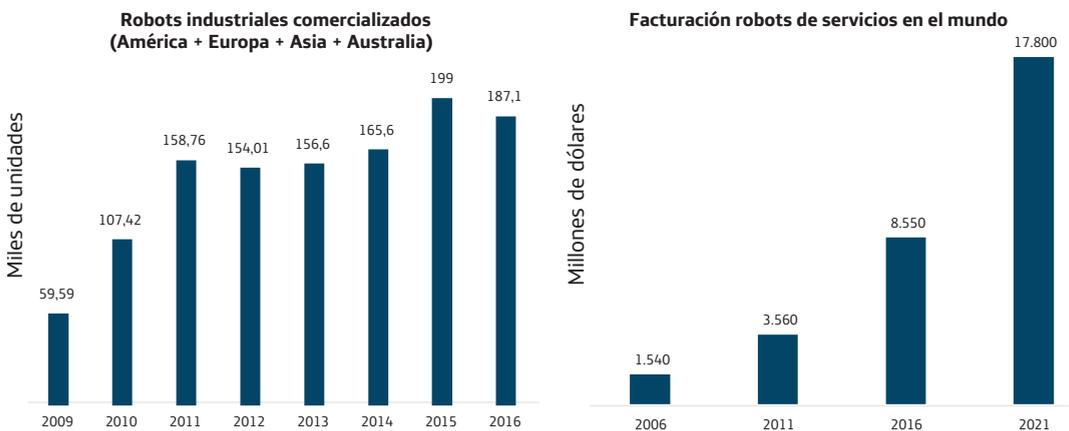
Robot servicios



triales». Puede incluir todo tipo de herramientas y sensores en función de la actividad por realizar; por ejemplo, pueden aplicar puntos de fusión o apretar tornillos.

Los robots de servicios son aquellos que operan de forma autónoma o semiautónoma realizando servicios útiles para el bienestar de las personas, excluidos los procesos de fabricación. Aunque en un principio los robots se desarrollaron para su uso en tareas de fabricación, en la actualidad el concepto ha traspasado los muros de las fábricas y cada día son más comunes en otros entornos, por ejemplo, en el hogar o en los hospitales. Además, la previsión de crecimientos es más elevada que en el caso de los robots de carácter industrial. Según se observa en la figura 2.2, el mercado de robots de carácter industrial muestra una tendencia al crecimiento de poca magnitud, e incluso las previsiones reflejan un estancamiento a partir del año 2014. En cambio las previsiones de facturación de los robots de servicios muestran un crecimiento mucho más elevado; así, el volumen de negocio entre los años 2011 y 2016 se espera que crezca en un 140%, y que en los siguientes cinco años, esto es, entre 2016 y 2021, el crecimiento continúe fuerte, en concreto en un 108%.

Figura 2.2 Previsión de evolución mercado de robots



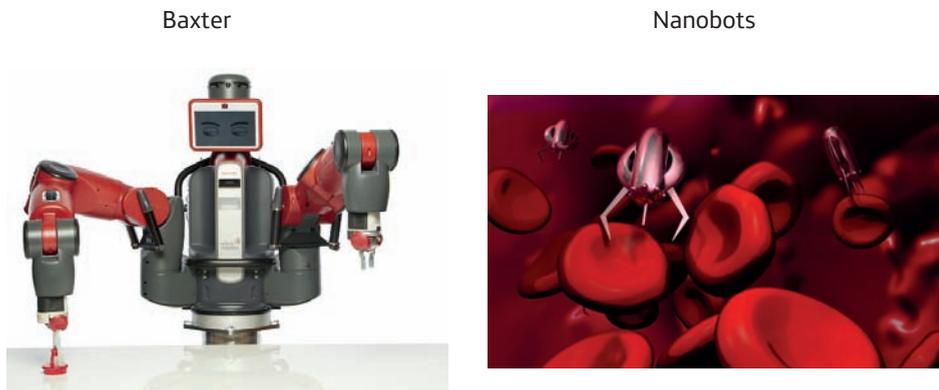
Fuente: Para robots industriales: IFR, Diverse Quellen. Datos de 2013. Datos entre 2012 y 2016, previsiones. Para robots de servicios: Freedonia. Datos de abril de 2013.

Esto nos viene a mostrar que aunque la utilización de los robots en los entornos de producción esté estabilizada, ya que depende del nivel de fabricación, el mundo de las posibilidades de los robots fuera de este ámbito empieza a no tener límites. La unión de sistemas mecánicos más avanzados, que permitan incluso la movilidad, con otros sistemas relacionados con la inteligencia artificial vendrá a abrir la puerta al desarrollo de un gran número de dispositivos que pueden ayudar a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Un ejemplo claro se encuentra en el mundo de las tareas domésticas, uno de los que ocupa más tiempo personal y en el que ya se están dando pasos importantes, como la introducción de robots de limpieza como el Roomba. En el área de los cuidados a las personas mayores o con algún tipo de incapacidad, las posibilidades son enormes dado el envejecimiento de la población mundial (más de 1.500 millones de personas tendrán más de sesenta y cinco años en el año 2050).¹

La programación de estos robots para que sean capaces de funcionar de forma autónoma en determinados entornos que están sometidos a cambios es la gran asignatura pendiente. No obstante, ya se están empezando a dar pasos en ese sentido con el desarrollo de modelos que están programados para aprender. Este es el caso de los robots Baxter (Figura 2.3), que no necesitan una programación de rutinas cada vez que tienen que realizar una actividad nueva, sino que aprenden cuando se les guía en dicha actividad; incluyen gran cantidad de cámaras, sensores y detectores de presencia, de forma que son capaces de corregir autónomamente las pequeñas variabilidades que se encuentran en cualquier proceso.

El avance en las tecnologías hace que las aplicaciones de los robots aumenten continuamente, y lo seguirán haciendo en el futuro de forma que ahora nos es difícil de imaginar. Un ejemplo futurista de su posible aplicación serían los nanobots, robots de tamaño microscópico que se podrían inyectar en el organismo para realizar alguna labor de apoyo a las células. En otros casos la frontera entre lo que es un robot y otro tipo de dispositivo no es clara, como sucede con los coches autopilotados y los drones, que, dada su importancia como desarrollos innovadores, se tratarán como un punto aparte.

Figura 2.3 Nuevos modelos de robots



1. Previsiones de la ONU.

2.2 Sistemas inteligentes

El desarrollo de la inteligencia artificial (IA) es un tema ampliamente debatido a lo largo de las últimas décadas. La intención última es la creación y diseño de entidades capaces de tomar decisiones por sí mismas utilizando como paradigma la inteligencia humana. Este es un punto controvertido en el que los enfoques y las expectativas varían mucho (tal como se comentará en el apartado siguiente), en el que se diferencia el concepto de IA fuerte del de IA débil. La dificultad de llegar a un acuerdo hace que sea un tema debatido desde muy diversas perspectivas —desde la filosofía hasta las ciencias de computación, lógica, etc.— y cuyos resultados en muchas ocasiones no han cubierto las expectativas que se habían creado respecto a sus posibilidades; baste pensar en las visiones mostradas por los futuristas y en las películas de ciencia ficción.

El enfoque computacional de la inteligencia artificial se fundamenta en la creación de sistemas expertos con gran capacidad de cálculo, aspecto en el que son claramente imbatibles al encontrarse en un orden de desempeño muy superior al de cualquier humano. Esto ha hecho que en ciertos ámbitos, en aquellos en los que el entorno está bien definido y las reglas de operación se pueden implementar de una forma lógica, como en el juego del ajedrez, los resultados sean espectaculares. Desde el principio de la creación de los sistemas inteligentes se desarrollaron sistemas con alto nivel de juego en ajedrez en un desafío por batir al hombre. Dicho proceso culminó el 11 de mayo del año 1997, cuando el computador de IBM Deep Blue fue capaz de derrotar al campeón del mundo de ajedrez Gari Kaspárov después de un torneo a seis partidas. En la actualidad, ninguna persona puede batir ni a un ordenador de tipo medio, e incluso el *software* de un móvil ha llegado a superar a grandes maestros y alcanzar niveles Elo (método matemático, basado en cálculo estadístico, para estimar la habilidad relativa de los jugadores de diversos juegos) de 2.898.

Sin embargo, cuando se trata de identificar patrones para poder valorar situaciones, por muy sencillas que sean, sus resultados se encuentran muy por debajo de los que puede ofrecer un niño de corta edad. Esta laguna se está intentando superar y se están perfeccionando modelos que permiten a los sistemas computacionales aprender de las experiencias pasadas, obteniendo así una forma de adaptarse al contexto. Esta rama de la computación se denomina *machine learning*. Se trata así de crear programas capaces de generalizar comportamientos a partir de una información no estructurada suministrada en forma de ejemplos, promoviendo de esta forma un proceso de creación de conocimiento. En muchas ocasiones el campo de actuación del aprendizaje automático se solapa con el de la estadística, ya que el aprendizaje se basa en el examen de gran cantidad de datos y de extraer modelos de ellos. Los modelos más avanzados de *machine learning* han dado lugar al concepto Deep Learning, que trata de desarrollar algoritmos para que las máquinas puedan realizar el proceso de aprendizaje *end-to-end*.

Los algoritmos que se utilizan en el *machine learning*, así como los enfoques para su resolución, son muy variados: modelos estadísticos, teoría de la decisión, redes neuronales, etc. Sin embargo, se pueden identificar dos grandes grupos: un aprendizaje supervisado que implica que alguien valore el nivel de desempeño en cada interacción, de forma que el sistema va aprendiendo; y sistemas no supervisados en los que no se tienen en cuenta las salidas del sistema, sino solo las entradas, de forma que el sistema se dedica a reconocer patrones más que a realizar una labor de clasificación en diferentes categorías.

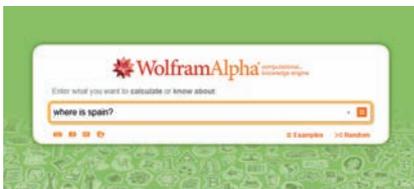
Una de las técnicas fundamentales de cualquier sistema *machine learning* es el reconocimiento de patrones, que como se ha comentado anteriormente es uno de los puntos débiles de cualquier sistema inteligente. Durante los últimos años se ha producido una mejora importante en este tipo de tecnologías y en su comercialización; un ejemplo son los sistemas automáticos de identificación de caras en una foto o los sistemas de atención telefónica automáticos. En el caso del reconocimiento de caras, empresas como Google, Facebook o Apple ya lo incluyen en sus servicios al público. No obstante, el problema fundamental se encuentra en la identificación de patrones más complejos como los de comportamiento, o en entender una conversación en lenguaje natural, lo que se llama NLP (Natural Language Processing). En el primer caso, los sistemas de Big Data como **Smart Steps**² ofrecen una aproximación que está dando buenos resultados; en el segundo existen gran cantidad de empresas que se han especializado en ese tipo de servicios, como **Lexalytics**,³ que permite analizar textos de la nube y obtener información, como, por ejemplo, análisis de sentimientos, o **Palantir**,⁴ que permite analizar tuits.

En los últimos años se ha tratado de dar una vuelta más con el desarrollo de sistemas que sean capaces de entender situaciones o conversaciones y, además, dar una solución adecuada (Figura 2.4). Se puede considerar un precursor **WolframAlpha**,⁵ que fue lanzado en mayo de 2009 y que en este caso va más allá y trata de dar respuestas a preguntas realizadas en lenguaje natural. Otro ejemplo de este tipo de herramientas es **Siri**,⁶ que nace en el año 2007 bajo el concepto de asistente personal basado fuertemente en tecnologías semánticas. Se trató del primer asistente personal que ofrecía un porcentaje aceptable de respuestas acordes al contexto y cuyo éxito llevó a Apple a adquirirlo para su incorporación en el sistema operativo iOS en abril de 2010.

El mayor ejemplo de desarrollo de estos sistemas inteligentes ha sido **IBM Watson**,⁷ sistema de inteligencia artificial desarrollado por IBM que en el año 2011 fue capaz de ganar el concurso de preguntas y respuestas Jeopardy! a los concursantes que habían ganado los años anteriores. Se consiguió de esta manera superar el hito de que un ordenador fuera capaz de entender preguntas y encontrar las respues-

Figura 2.4 Sistemas inteligentes que permiten responder preguntas

WolframAlpha



Siri



IBM Watson



2. <http://dynamicinsights.telefonica.com/488/smart-steps-2>

3. <http://www.lexalytics.com/>

4. <https://www.palantir.com/>

5. <http://www.wolframalpha.com/>

6. <http://www.apple.com/es/ios/siri/>

7. <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibmwatson/>

tas tras el análisis de grandes cantidades de información. Para ello IBM Watson utiliza nuevos enfoques a la computación como la *cognitive computing* que implica la capacidad de analizar tanto datos desestructurados como datos estructurados y considerarlos según el contexto, para ello integra el análisis semántico con el análisis estadístico de datos, a la vez que utiliza técnicas de aprendizaje de máquina (*machine learning*) y de clasificación de la información (Curation). Las posibilidades de un sistema con estas características en diferentes entornos, tanto laborales como no laborales, son amplias y se están empezando a inspeccionar. En todas ellas, una de las mayores dificultades es la creación de un corpus de información en cada una de las áreas en las que el sistema opera. La elaboración correcta de este corpus es fundamental, ya que es la base en la que se apoya para ofrecer soluciones de «inteligencia artificial».

Un campo claro de utilización es el de la investigación médica, por ejemplo, varias organizaciones como el **Baylor College of Medicine**,⁸ **Johnson & Johnson**⁹ o el **New York Genome Center**¹⁰ utilizan **IBM Watson Discovery Advisor**¹¹ para analizar millones de documentos científicos que se encuentran disponibles en bases de datos públicas y especializadas. De esta manera, tras un análisis de 70.000 documentos sobre la proteína p53, un equipo de científicos en coordinación con IBM Watson fue capaz de detectar seis potenciales proteínas que condicionaban su crecimiento, relacionado con varios tipos de cáncer, lo que hubiera necesitado muchos años si no se hubiese contado con las capacidades de IBM Watson. También se ha empleado para el análisis de la experiencia de cliente; por ejemplo, la empresa **Genesys**¹² lo utiliza para abordar la manera de solucionar los problemas de los clientes y darles una respuesta para orientar sus decisiones de compra. Otro posible campo de utilización en el que se vislumbran grandes posibilidades es el apoyo a los facultativos médicos para el diagnóstico de enfermedades basado en síntomas; en este campo se encuadra el proyecto IBM Watson que se está llevando a cabo con la colaboración entre IBM y otras organizaciones como el **Memorial Sloan-Kettering Cancer Center**¹³ y la **Cleveland Clinic**.¹⁴

Estas capacidades no solo están limitadas a grandes proyectos realizados por empresas con elevados presupuestos en tecnologías de la información, sino que también están disponibles para otro tipo de organizaciones o desarrolladores mediante el servicio **Watson Developer Cloud**,¹⁵ que permite el desarrollo de aplicaciones que acceden en la nube a las capacidades de Watson como un recurso más. En la actualidad, aunque este modelo se encuentra disponible en versión beta, ya ha atraído a más de 5.000 desarrolladores, que han creado 6.000 aplicaciones con él.

2.3 Vehículos de conducción autónoma

Tal como se comenta a lo largo de este monográfico, los sistemas computacionales siempre han mostrado grandes capacidades a la hora de realizar numerosos cálculos, a la vez que han mostrado defi-

8. <https://www.bcm.edu/>

9. <http://www.jnj.com/>

10. <http://www.nygenome.org/>

11. <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibmwatson/discovery-advisor.html>

12. <http://www.genesys.com/>

13. <http://www.mskcc.org/>

14. <http://my.clevelandclinic.org/>

15. <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibmwatson/developercloud/>

ciencias importantes para identificar patrones. La conducción de un vehículo supone un gran reto de identificación de patrones y también de integración de diversos tipos de información; y es que conducir requiere tener en cuenta gran cantidad de información de diferente naturaleza: el sonido de un claxon, señales visuales, normas de tráfico, imprevistos que pueden afectar a la seguridad, etc. Se trata de estímulos de distinto carácter cuya interpretación requiere en muchas ocasiones de su integración. Por este motivo la conducción autónoma siempre ha sido una meta que los expertos consideraban lejos de poder llegar a cumplir.

Algunos fabricantes de automóviles, como Volvo, hace muchos años que han incorporado acciones concretas de conducción autónoma, como el aparcamiento automático; el Smart Cruise, sin embargo, permite mantener la distancia de conducción o el frenado automático en caso de aparecer un obstáculo en la calzada. No obstante, los casos en los que hubo intentos serios fracasaron estrepitosamente. Por ejemplo, la agencia de investigación de proyectos avanzados de Estados Unidos anunció en el año 2002 un gran desafío: construir un vehículo completamente autónomo que pudiera recorrer 150 millas a lo largo del desierto de Mojave en California. La prueba se desarrolló el 13 de marzo de 2004, con resultados completamente desalentadores: de los 15 participantes, el que completó mayor parte del recorrido solo realizó un 5% de la prueba, un total de 7,5 millas.

Esta situación ha empezado a cambiar tras la apuesta de numerosos fabricantes (Mercedes-Benz, General Motors, Nissan, Renault y otros) por este tipo de modelos y sobre todo a raíz de la involucración de Google en el desarrollo de este tipo de sistemas. Los desarrollos de Google han ido perfeccionándose a lo largo de los años, y en abril de 2014 ya contaba con 1,1 millones de kilómetros de pruebas con tan solo dos incidencias leves. Los avances en este campo hicieron que el estado de Nevada (Estados Unidos) fuera el primero en aprobar en su legislación, en 2011, los vehículos autónomamente conducidos, y en 2013 se unieron Florida, California y Michigan. En Europa no está aprobado este tipo de conducción, pero se está estudiando en diversos países.

El grado de perfección alcanzado por Google ha llevado al desarrollo de un prototipo de vehículo autónomo en el que el conductor no puede influir en la navegación (no tiene volante, freno o acelerador), situación que es novedosa ya que hasta ahora el control podía siempre ser tomado por un conductor humano en caso de que la situación así lo requiriera. Este cambio de planteamiento se debe a pruebas de Google que muestran que, una vez que el vehículo es autónomo, los pilotos no están preparados para tomar el control en caso de situaciones peligrosas, ya que al cabo de un tiempo de iniciado el viaje están completamente distraídos de la conducción.

En la actualidad son varias las iniciativas en este terreno que ya empiezan a dar ciertos resultados aunque su uso masivo deberá esperar. Un ejemplo de utilización ha sido el vehículo Audi A7 desarrollado entre Mercedes-Benz y Audi y que en la presentación del evento CES en Las Vegas en 2015 recorrió de forma autónoma las 550 millas que lo separaban de San Francisco. Para ello se le instalaron sensores de radares, escáneres láser y cámaras 3D de navegación (Figura 2.5).

Otro terreno dentro de la conducción autónoma en el que se están realizando gran cantidad de investigaciones y desarrollos es el de los vehículos aéreos no tripulados, también conocidos como drones. Aunque han sido utilizados desde hace varias décadas, principalmente con usos militares, en la actualidad avances tecnológicos como la miniaturización de componentes o tecnologías de conectividad

Figura 2.5 Vehículos autoconducidos

Coche autónomo de Google



Audi A7 Concept



han hecho que proliferen los diseños de este tipo de vehículos. En general, se pueden dividir en dos grandes grupos: los que tienen forma de avión y planean, por lo que tienen gran autonomía, y los que siguen el concepto de los helicópteros, principalmente los cuadricópteros, que tienen la ventaja de que pueden flotar en el aire pero que muestran menor autonomía (Figura 2.6). Además existen modelos que se controlan con un mando a distancia, con lo cual necesitan un piloto aunque con diferentes cualidades a las de un piloto de avión convencional, y modelos que realizan el despegue, el viaje y el aterrizaje de forma autónoma sin supervisión. Las posibilidades de uso son muchas, por ejemplo, actividades peligrosas, como la extinción de incendios; la vigilancia de fronteras, de espacios naturales o propiedades; o la utilización de una cámara para realizar filmaciones difíciles o incluso cartografías.

Las posibilidades de conducción autónoma de vehículos no se reducen a automóviles y aviones, sino que se amplían al resto de vehículos, ya sea de una forma completamente autónoma o mediante control remoto (Figura 2.7). Su ámbito de utilización afecta a todos los entornos, tanto a la navegación

Figura 2.6 Tipos de drones

Caudricóptero



Aeroplano



sobre el agua como a las profundidades marinas, al campo o a sitios abruptos. Incluso se dan casos en los que un robot dirigido remotamente puede controlar el movimiento de un animal, por ejemplo de un camello.

Figura 2.7 Ejemplo de vehículos dotados de conducción autónoma o guiada por control remoto

Tractor autónomo



Prototipo submarino autónomo



Robot dirigiendo un camello



2.4 Tecnologías de la información

Las tecnologías de la información y las comunicaciones también tendrán un papel fundamental en habilitar la tendencia de la que trata este monográfico. En este caso consideramos las TIC en un sentido amplio, ya que son muchas las tecnologías encuadradas en esta categoría que forman parte de los servicios que se tratan en este estudio. Aunque cada tecnología ofrezca unas capacidades concretas, la mayoría de los servicios que se proponen aquí son posibles gracias a la convergencia de varias de ellas, por ejemplo, los servicios de movilidad son posibles gracias a que existe una infraestructura «de la nube» que los soporta, y a su vez dichos servicios se ven potenciados en entornos *smart*.

Aunque detrás de todos estos servicios se encuentra el despliegue de tecnologías de comunicaciones que permiten la conexión permanente, en este apartado nos centraremos en tecnologías de servicio para el usuario, destacando la computación en la nube, el Internet de las cosas, los ambientes inteligentes y el Big Data.

- **La nube.** En esta categoría se engloban todas aquellas tecnologías que permiten desvincular el lugar en el que se encuentran los recursos para ofrecer un servicio del lugar donde se prestan. Por recursos se puede entender: una infraestructura de almacenamiento de información, de computación o, incluso, servicios más complejos. Este modelo es fundamental para conseguir un despliegue de servicios inteligentes, ya que permite descargar a los dispositivos de baja capacidad de realizar actividades complejas, a la vez que sirve de una especie de pegamento entre todos los servicios, ya que será posible acceder a ellos en movilidad. Se trata, por tanto, de una infraestructura básica para conseguir una experiencia de continuidad.
- **Internet de las cosas.** Cada día son más los objetos que se conectan a Internet. De hecho en la actualidad se calcula que hay 3.750 millones de objetos conectados y que en el año 2020 esta cifra se multiplicará por más de seis hasta llegar a los 25.000 millones. La conexión de estos ob-

jetos, en muchos casos de pequeño tamaño, es posible gracias al gran avance que se ha producido en muchas tecnologías: componentes de un tamaño mucho más reducido, consumo muy inferior de baterías, sensores casi microscópicos... No obstante, para que las previsiones de crecimiento se cumplan y se puedan desplegar masivamente objetos conectados en entornos diversos, como el campo o los centros fabriles, será necesario continuar con esta evolución y que pueda entregar módulos con capacidad de conectividad de muy bajo coste (entre 1 y 5 euros) y cuya fuente de alimentación les permita operar durante años sin necesidad de ninguna intervención.

- **Ambientes inteligentes.** Este fenómeno, conocido como Internet de las cosas, permitirá una mayor interacción con el entorno y el desarrollo de ambientes inteligentes o *smart*. Ya se empieza a hablar de *smart city*, *smart home*, *smart school* o *smart vehicle*. Estos ambientes se caracterizan por la utilización masiva de tecnologías de conectividad y de servicios de la sociedad de la información que se adaptan a las necesidades de los usuarios según el contexto. Así, en una ciudad inteligente, diferentes objetos (marquesinas de autobuses, sistemas de alumbrado, balizas de información...) se conectan directamente con los usuarios enviando información pertinente para la actividad que estén realizando. Lo mismo ocurrirá con los objetos del resto de entornos inteligentes.
- **Big Data.** Todas las tecnologías que se han comentado anteriormente vienen a tener como consecuencia la generación de cantidades ingentes de información; cantidades que no se pueden analizar utilizando los enfoques clásicos. Con el nombre de Big Data se encuadran aquellas técnicas que permiten analizar en tiempo real gran cantidad de datos estructurados y desestructurados que proceden de fuentes de muy diverso tipo. Estas tecnologías permiten obtener un valor de la gran cantidad de datos que se están generando continuamente en una sociedad cada vez más informatizada. Su aplicación es de lo más variada: conocer mejor a los clientes para poder ofrecerles un mejor servicio, contrastar datos que permitan conseguir avances en el conocimiento científico, encontrar fuentes de ineficiencias en los entornos fabriles, etc. Cualquiera de estos usos tiene un impacto económico importante, por ejemplo, se estima que la utilización del Big Data en el entorno fabril de Europa podría sumar 2,2 billones de euros al PIB europeo en 2030.

Límites de la inteligencia artificial

3.1 Puntos fuertes y puntos débiles de los sistemas informáticos	22
3.2 Los sistemas computacionales empujan sus propios límites	22
3.3 Mente y sistemas inteligentes: test de Turing y habitación china	23
3.4 Inteligencia artificial fuerte e inteligencia artificial débil	23

Siempre que surge el tema de las capacidades de los sistemas informáticos y sus aplicaciones en los diferentes ámbitos de la vida de las personas, especialmente en el ámbito del trabajo, se abre un debate relativo a cuáles son las verdaderas capacidades y potencialidades de estos sistemas. Se plantean en estos casos interrogantes acerca de si los ordenadores serán capaces de pensar por sí solos, tomar decisiones por propia iniciativa, e incluso mostrar algún tipo de sentimiento, lo que lleva a la clásica analogía entre mente y sistema informático. En este apartado se profundiza en las capacidades de los sistemas inteligentes, cuáles son sus puntos fuertes y sus límites.

3.1 Puntos fuertes y puntos débiles de los sistemas informáticos

Como se ha comentado en la introducción, los sistemas informáticos muestran una gran potencia para las acciones que tienen que ver con la computación, mientras que hasta ahora se han mostrado siempre muy débiles cuando se trata de reconocimiento de patrones.

Así, un ordenador al final lo que hace es seguir un conjunto de reglas que en el lenguaje de programación denominamos algoritmos. Por ese motivo, y dada la gran rapidez con la que operan, sus resultados a la hora de resolver problemas que puedan ser traducidos en forma de algoritmos son espectaculares. Esto sucede en muchas situaciones, por ejemplo, en el mundo de la ingeniería o en el mundo de las finanzas, lo que ha hecho que los ordenadores se hayan convertido en una herramienta imprescindible en numerosos ámbitos.

Sin embargo, los sistemas computacionales han mostrado desde el principio grandes deficiencias a la hora de realizar reconocimiento de patrones, sobre todo en contextos reales en los que las condiciones no son óptimas, en los que se requiere integración de muy diversos tipos de estímulos, o cuando es necesario interpretar situaciones; en estas tareas los resultados son muy inferiores a los que muestran las personas, incluso los niños de muy corta edad. No hay duda de que el cerebro, tras miles de años de evolución, ha ido adquiriendo unas capacidades de reconocimiento que los seres humanos utilizamos de forma inmediata e intuitiva y que no son fáciles de implementar en forma de algoritmo. Esta habilidad lleva a que las personas realicen continuamente interpretaciones del entorno adaptadas al contexto; cosa que los sistemas computacionales no pueden realizar.

3.2 Los sistemas computacionales empujan sus propios límites

Según han ido pasando las décadas los algoritmos han ido mejorando y muchas tareas que hasta ahora mostraban dificultades para su implementación informática, o al menos para superar a los humanos, han ido cayendo. Un ejemplo, como ya comentamos, es el juego del ajedrez. Durante años los mejores jugadores fueron capaces de derrotar a los ordenadores, pero en 1997 el computador de IBM Deep Blue venció al campeón del mundo Gari Kaspárov, con lo que caía una nueva barrera en la carrera de los sistemas informáticos para batir a las personas.

Un ejemplo claro de que se está entrando en una nueva fase respecto a los límites de los sistemas inteligentes es el avance que se ha producido en el desarrollo de coches autónomos que se ha descrito previamente. Se trata de una actividad compleja en la que es necesario captar, procesar, integrar e in-

interpretar gran cantidad de estímulos de diferentes tipologías, algo que hasta hace poco parecía que era un territorio exclusivo de las personas, pero que las pruebas de varios fabricantes y de Google están empezando a desterrar.

3.3 Mente y sistemas inteligentes: test de Turing y habitación china

En un intento de distanciar las capacidades de las personas de las de los ordenadores, son varias las pruebas que se han ido planteando con la intención de profundizar en las diferencias de análisis entre ellos y en averiguar, en última instancia, hasta qué punto un ordenador puede llegar a realizar actividades que requieran una capacidad cognitiva o inteligencia. A pesar de que la validez del planteamiento de estas pruebas es debatida por numerosos autores, las mencionamos porque se encuentran habitualmente en el debate sobre la posibilidad de que los sistemas puedan incluir algún tipo de inteligencia.

La prueba más conocida en este ámbito es la del test de Turing, propuesto por Turing en el año 1950, que se basa en la creencia de que si una máquina se comporta como un ser inteligente, entonces es que es inteligente. La prueba consiste en que un jurado tiene que ser capaz de identificar a la máquina cuando se somete a dicha máquina y a un humano a una serie de preguntas. Este test se mantiene como uno de los desafíos más importantes sobre las capacidades de los sistemas informáticos, lo que lleva a que se organicen eventos en los que se prueban los avances en este terreno. Aunque en alguno de estos eventos, como el celebrado por la Royal Society en junio de 2014, los programas de ordenador han confundido al jurado, es muy cuestionable que el hecho de pasar dicho test implique la existencia de inteligencia.

El experimento más conocido que trata de rechazar la validez del test de Turing es el propuesto por John Searle, conocido como la habitación china. La prueba consiste en que a personas encerradas en una habitación se les hacen preguntas en un idioma cuyos signos no conocen, en este caso el chino. Con la ayuda de reglas las personas son capaces de responder a preguntas sin conocer una sola palabra de chino, lo cual demuestra que el que se sea capaz de contestar una pregunta siguiendo unas reglas no quiere decir que realmente se entienda lo que se está preguntando. Los detractores de esta prueba argumentan acerca de cuál es el verdadero significado de inteligencia y consideran que, aunque las personas no entiendan el chino, el sistema persona-habitación-reglas-entorno sí que lo entiende. Está fuera del ámbito de este estudio profundizar en el debate sobre estas cuestiones, aunque consideramos que estos ejemplos nos sirven para resaltar la dificultad a la hora de definir y delimitar lo que es la inteligencia artificial.

3.4 Inteligencia artificial fuerte e inteligencia artificial débil

Son muchos los debates que se han planteado desde entonces entre defensores de la inteligencia artificial, que opinan que un ordenador es capaz de mostrar capacidades cognitivas de elevado nivel, y los detractores, que opinan que simplemente manejan símbolos cuyo significado no llegarán nunca a entender. No es el objetivo de este monográfico entrar en este debate, aunque sí que consideramos interesante mostrar las opciones que se presentan en él.

- **Inteligencia artificial fuerte.** Los seguidores de esta opción consideran que la conciencia y otros fenómenos mentales son, en definitiva, fenómenos computacionales (al final las neuronas se comportan como sistemas de cero y unos al dejar pasar impulsos o no) y por lo tanto podrán ser replicados por los ordenadores.
- **Inteligencia artificial débil.** Los procesos cerebrales causan conciencia, y esos procesos son susceptibles de simulación aunque dicha simulación es algo alejado de la conciencia (como una simulación de lluvia es algo alejado de la lluvia). Los ordenadores podrán llegar a hacer esas simulaciones pero nunca tendrán realmente inteligencia.
- **Los procesos cerebrales no son susceptibles ni siquiera de simulación computacional.** Esta tesis es sostenida por los defensores del dualismo, que consideran que hay dos clases de fenómenos en el universo: los físicos y los mentales. En este caso no es posible que los ordenadores tengan inteligencia, y tampoco que sean capaces de simular procesos inteligentes.

La automatización del trabajo en la empresa

4.1 Automatización del trabajo en el sector primario	26
4.2 Automatización del trabajo en el sector secundario	29
4.3 Automatización del trabajo en el sector servicios	30

La automatización del trabajo, motivada por los cambios tecnológicos descritos en los capítulos precedentes, está alcanzando a sectores en los que hace bien poco se antojaba impensable. Si en las diversas revoluciones industriales acaecidas a lo largo de la historia la automatización había estado orientada hacia actividades de carácter manual encuadradas en los denominados sectores primarios (agricultura, ganadería, pesca, etc.) y secundarios (minería, industria, artesanía, construcción, etc.), la nueva automatización derivada de los avances tecnológicos comentados alcanza también de forma relevante a trabajos con un alto componente cognitivo y al sector servicios. En los siguientes apartados se presentarán las posibilidades de la aplicación de las tecnologías a la automatización del trabajo, prestando especial atención a los sistemas inteligentes que combinan capacidades cognitivas elevadas y que pueden traducirse en acciones físicas (por ejemplo, mover un objeto) o en la toma de decisiones (diagnosticar una enfermedad o comprar acciones de una empresa). En muchos de los casos se trata de prototipos o de pruebas piloto, aunque algunos de ellos ya se encuentran en fase de explotación, lo que demuestra claramente la rapidez con la que se suceden los cambios en este campo.

4.1 Automatización del trabajo en el sector primario

La automatización del trabajo en el sector primario ha estado históricamente centrada en la sustitución de actividades manuales muy fatigosas para los trabajadores (arar, cosechar, etc.). Sin embargo, esta automatización está alcanzando a tareas en las que la inteligencia humana dirige la toma de decisiones, como evaluar las condiciones para la siembra o alimentar a los animales y controlarlos sanitariamente.

4.1.1 Aplicaciones en la agricultura

El sector agrícola está aprovechando las posibilidades que ofrecen las tecnologías de sensorización y de reconocimiento de patrones para mejorar la productividad de las cosechas. Un claro ejemplo es la utilización de drones para el control de los parámetros ambientales que influyen en el crecimiento de las cosechas. Estos drones, equipados con sensores de temperatura, humedad, cámaras de infrarrojos, etc., son capaces de proveer de información precisa sobre el estado de las cosechas, información que, tratada de forma automática por sistemas de procesado de datos e imágenes, permite a los agricultores actuar con previendo ante problemas como sequías, plagas de insectos o decidir el momento óptimo de la cosecha, anticipando incluso el rendimiento que se va a obtener. En grandes extensiones agrícolas los drones (Figura 4.1) reducen drásticamente el tiempo necesario para actuar en función de los parámetros evaluados, ya que son capaces de supervisar toda la plantación de forma muy rápida y precisa.

Otros sistemas automáticos que se acoplan a vehículos agrícolas como los tractores (Figura 4.2) permiten a los agricultores tomar decisiones planta por planta en función de características como el tamaño o el color, analizadas en tiempo real. De esta forma se incrementa de forma notable la productividad de las plantaciones, optimizando el proceso de recolección.

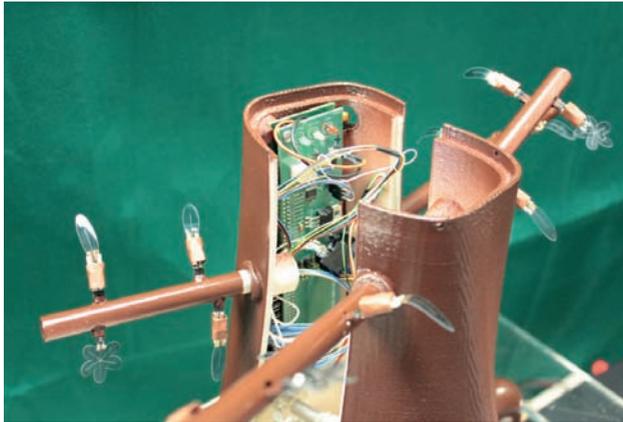
La caracterización del suelo y del medio ambiente también es un elemento en el que las soluciones tecnológicas de automatización pueden prestar gran ayuda en la toma de decisiones. La aparición de robots que simulan el comportamiento de las raíces y de las hojas de las plantas (Figura 4.3) permiti-

Figura 4.1 Drones utilizados en la agricultura*Roboflight**Precision Drone**Precision Hawk**Yamaha R Max*

rá identificar características clave como la acidez, la humedad, la composición química del suelo o la detección de agentes contaminantes en el aire, factores esenciales para decidir las cosechas. Aún en fase de experimentación, estos robots suponen un avance destacado en la automatización del trabajo agrícola.

Figura 4.2 Sistemas automáticos de control de plantaciones de Blue River Technology

Figura 4.3 Robot que simula el comportamiento de las raíces y las hojas de las plantas (Proyecto Plantoid)



4.1.2 Aplicaciones en la ganadería

En el ámbito de la ganadería también están teniendo lugar fenómenos de automatización mediante la aplicación de tecnologías de la información. Procesos como la alimentación o el ordeño cuentan con sistemas automáticos muy sofisticados capaces de llevar a cabo el proceso completo, decidiendo la cantidad de comida que hay que suministrar (Figura 4.4), el momento exacto en el que la vaca debe ser ordeñada, la calidad de la leche, e informan al ganadero sobre posibles anomalías (enfermedades, etc.). Estos sistemas permiten incluso que sean los propios animales los que decidan cuándo tienen que ser ordeñados, lo que permite el tratamiento individual de cada animal y un aumento en su rendimiento.

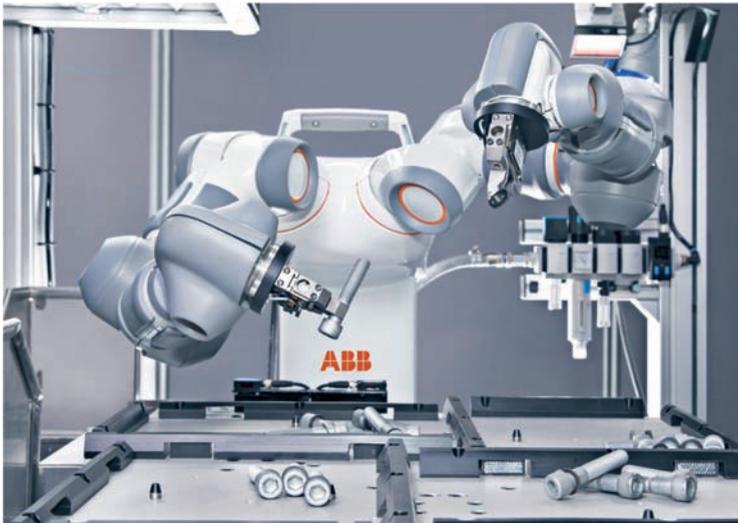
Figura 4.4 Robots de alimentación y ordeño Lely que automatizan estos procesos



4.2 Automatización del trabajo en el sector secundario

En el sector secundario la automatización se ha enfocado hasta ahora a la realización de tareas repetitivas o peligrosas en procesos controlados como las cadenas de producción, que sustituyen el trabajo manual. Actualmente el desarrollo de la robótica en entornos industriales se orienta no tanto hacia la sustitución de los trabajadores como hacia el trabajo colaborativo entre humanos y robots, en el que ambos puedan aportar mayor valor añadido a las actividades realizadas. Un ejemplo de este nuevo enfoque es el robot **YuMi** (Figura 4.5), que será lanzado a lo largo del año 2015, creado por la empresa **ABB**¹ para trabajar mano a mano con trabajadores humanos en la industria de la electrónica de consumo.

Figura 4.5 Robot YuMi



En este nuevo escenario de colaboración entre las personas y los robots la clave reside en que las nuevas generaciones de robots no son programados para realizar tareas concretas, lo que conlleva un elevado coste de reprogramación si se pretende que realicen tareas distintas, sino que son capaces de aprender a realizarlas. Asimismo, la nueva generación de robots persigue su utilización de forma productiva en entornos más indeterminados, en los que la seguridad de los trabajadores humanos tiene un papel relevante.

Dentro del sector secundario, la minería es otra de las actividades que está aprovechando los sistemas automáticos para mejorar su productividad. Las labores extractivas pueden resultar peligrosas para los trabajadores, por lo que la utilización de sistemas automáticos controlados en remoto se presenta como una alternativa muy eficaz para evitar accidentes. Por ejemplo, la empresa **Rio Tinto**² ha auto-

1. <http://new.abb.com/products/robotics/yumi>

2. <http://www.riotinto.com/>

matizado la extracción de minerales, controlando en remoto, a cientos de kilómetros de la mina, camiones, excavadoras e incluso trenes que transportan la mercancía (Figura 4.6).

Figura 4.6 Centro de operaciones de gestión remota de las minas australianas de Rio Tinto



4.3 Automatización del trabajo en el sector servicios

Los anteriores ejemplos permiten comprobar cómo la automatización del trabajo ya está teniendo un impacto relevante en sectores, sustituyendo a las personas en tareas rutinarias o peligrosas y consiguiendo mejorar la productividad empresarial. Sin embargo, en el sector servicios, en el que la interacción humana tiene un papel esencial, la automatización ha sido menos habitual. No obstante, el avance de las tecnologías habilitadoras descritas en el capítulo 2 apunta a que en un futuro no muy lejano numerosas actividades también serán automatizadas. En la actualidad existen múltiples ejemplos concretos de sectores pioneros en la utilización de sistemas de automatización que demuestran el potencial que sin duda tendrán en el futuro.

4.3.1 Aplicaciones en el transporte y la logística

La conducción autónoma de vehículos ha sido un desafío, y también un sueño, para el sector del transporte desde los inicios de la industria automovilística. Ya en 1918, una empresa de Milwaukee hizo una demostración de un coche sin conductor, que era controlado por radio.³ A pesar de los numerosos intentos de crear un coche autónomo a lo largo del siglo XX, hasta los últimos años no se ha retomado con fuerza la idea de la conducción autónoma. Paradójicamente, este nuevo interés ha estado liderado por la industria TIC, que ha conseguido arrastrar a la industria automovilística hacia la investigación para hacer realidad el coche autónomo. Así, la empresa estadounidense **Google** ha sido la primera en presentar, a finales de 2014, un prototipo totalmente funcional de vehículo autónomo.

3. <http://blogthinkbig.com/historia-de-los-coches-autonomos/>

Dentro de la industria automovilística, los fabricantes japoneses **Nissan** y **Toyota** junto con la alemana Mercedes están apostando con gran fuerza por el desarrollo de sistemas de automatización de la conducción. Un ejemplo de este impulso es el acuerdo al que han llegado la **NASA** y **Nissan** para desarrollar antes de 2020 un vehículo autónomo que pueda ser utilizado tanto en la Tierra como en Marte.⁴

A pesar de que es el caso con mayor impacto mediático, la conducción autónoma no solo se limita al transporte por carretera. El desarrollo de sistemas automatizados de conducción también se está experimentando en medios de transporte como las lanchas motoras, con aplicación directa en el ámbito militar y de seguridad (Figura 4.7).

Figura 4.7 Patrullera no tripulada de la Armada estadounidense



Los drones, de los que ya se ha hablado en el ámbito de la agricultura, también están llamados a desempeñar un papel destacado en el ámbito del transporte de mercancías. Son varias las empresas (**Amazon**, **Google**, etc.) que están experimentando el reparto de paquetes mediante estos dispositivos (Figura 4.8). Aunque la prestación de estos servicios aún choca con obstáculos regulatorios, en un futuro no muy lejano la mensajería a través de drones puede hacerse realidad.

Muy ligadas al transporte, las actividades logísticas también se están beneficiando del desarrollo de sistemas de automatización del trabajo. Los procesos de gestión de almacenes y control de *stocks* se realizan cada vez más sin participación humana. La utilización de tecnologías de identificación como la RFID (Radio-Frequency Identification) permite la gestión automática de las entradas y salidas de mercancía del almacén, con lo que se consigue la alineación del inventario lógico con el físico. El ejemplo más claro del uso de sistemas automatizados en el ámbito logístico es el de la empresa Amazon, que en 2012 adquirió la empresa de robótica Kiva para instalar robots en sus almacenes de Estados Unidos

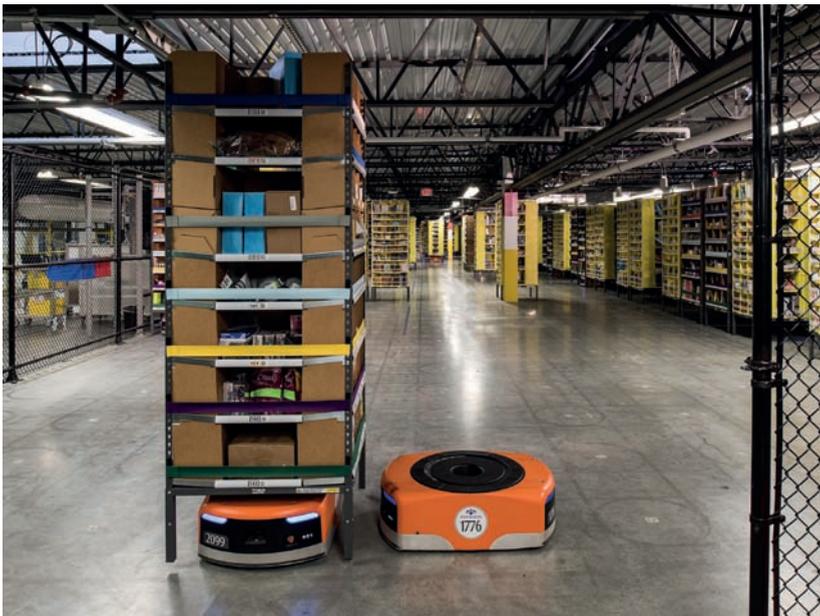
4. http://www.nasa.gov/ames/from-rovers-to-self-driving-cars-nasa-ames-and-nissan-north-america-sign-agreement/#.VPBJQ_mG9p8

Figura 4.8 Dron para envío de paquetes



con la finalidad de acelerar el envío de los productos adquiridos por los clientes (Figura 4.9). Actualmente Amazon cuenta con 15.000 robots encargados de mover las mercancías desde los estantes del almacén hasta el lugar donde los trabajadores se encargan de preparar los envíos.

Figura 4.9 Robots para el traslado de mercancía en almacenes de Amazon



Estos robots mejoran la eficiencia del proceso reduciendo el tiempo de recogida de los productos del lugar donde se encuentran almacenados y aumentando el espacio de almacenamiento al posibilitar la reducción de los espacios que serían necesarios para la operación manual del proceso de recogida.

4.3.2 Aplicaciones en la medicina y el cuidado personal

Otro de los ámbitos en los que la automatización del trabajo puede tener gran recorrido es en el de la medicina. Actividades en las que se requiere manejar gran cantidad de información (bases de datos médicas, resultados de pruebas médicas, etc.), como el diagnóstico de enfermedades, o aquellas que requieren de una gran precisión, como la cirugía, son potencialmente automatizables.

En el ámbito del diagnóstico médico se están utilizando los denominados sistemas CAD (Computer-Aided Diagnosis), que combinan técnicas de inteligencia artificial que permiten el reconocimiento de patrones con sistemas de procesamiento digital de imágenes procedentes de pruebas médicas (TAC, radiografías, ecografías, mamografías, etc.) para ayudar a los doctores en la detección de tumores, cánceres u otras enfermedades. Por ejemplo, el centro médico estadounidense **Memorial Sloan-Kettering**, especializado en la lucha contra el cáncer, está utilizando el sistema de tecnología cognitiva **IBM Watson** para conseguir diagnósticos y tratamientos precisos de acuerdo con la información sobre el paciente específico y sobre la ingente cantidad de información almacenada por el centro, que trata a más de 30.000 pacientes de cáncer al año, información de revistas científicas o incluso de congresos médicos.⁵

La cirugía robótica es una realidad desde hace varios años (Figura 4.10). Aunque no sustituye la labor de los cirujanos, facilita la realización de intervenciones con mayor precisión y de una forma menos invasiva, lo que contribuye a facilitar la recuperación posoperatoria de los pacientes.

Figura 4.10 Sistema de cirugía robótica de Intuitive Surgical



5. <http://www.mskcc.org/blog/msk-trains-ibm-watson-help-doctors-make-better-treatment-choices>

Ciertas labores de apoyo en el cuidado de personas se configuran entre las actividades susceptibles de ser automatizadas. Por ejemplo, los robots pueden apoyar a los trabajadores en muchas de las actividades incesarias en la atención a ancianos o niños. En países como Japón, uno de los más envejecidos del mundo, se está desarrollando una ambiciosa política de incentivos fiscales para que las empresas tecnológicas desarrollen robots de bajo coste con este objetivo, en un intento de paliar los efectos derivados de este continuo envejecimiento de la población.⁶

En el ámbito de la atención a colectivos concretos existen interesantes ejemplos de sistemas automatizados (Figura 4.11) especializados en actividades de rehabilitación o incluso que ofrecen compañía emocional a pacientes con enfermedades o discapacidades psíquicas.⁷

Figura 4.11 Robots para atender a personas con enfermedades o discapacidades psíquicas



Kaspar: robot que ayuda a niños con autismo.



Paro: robot terapéutico orientado a estimular a pacientes con demencia o Alzheimer.

4.3.3 Aplicaciones en el sector de los viajes y el alojamiento

Las actividades relacionadas con el turismo también han comenzado a utilizar sistemas que permiten la automatización del trabajo con el ánimo de ofrecer un mejor servicio a los clientes y de incrementar la productividad empresarial. En la actualidad, todos los procesos de la cadena de valor turística han incorporado elementos de automatización que están sustituyendo el trabajo manual. A los ya conocidos sistemas on line de búsqueda de destinos, que haciendo uso de la información sobre las preferencias de los usuarios recomiendan las mejores opciones disponibles, hay que unir los avances en la automatización de la relación directa de los usuarios en los alojamientos. Aunque aún se tratan de experiencias puntuales, la tendencia es hacia el crecimiento de la automatización en procesos de atención al cliente.

Un claro ejemplo es el hotel **Aloft Cupertino**, de la cadena **Starwood**, que ha incorporado «mayordomos robóticos», fabricados por la empresa **Savioke**,⁸ capaces de suministrar a los clientes los produc-

6. <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/honbunEN.pdf>

7. <http://alzlive.com/elder-care/home/robot-roundup/>

8. <http://www.savioke.com/>

tos demandados (toallas, jabones, etc.). Dotados de conectividad wifi y 4G y de sensores de posicionamiento, son capaces de utilizar los ascensores del hotel y llegar a las habitaciones sin provocar daños al mobiliario o a las personas (Figura 4.12).

Figura 4.12 Mayordomo robótico en el hotel Aloft Cupertino



En otro hotel (**Henn-Na**), esta vez en Japón, cuya apertura se produjo el 16 de julio de 2015, el 90% de sus empleados son robots.⁹

A pesar de que los proyectos piloto comentados muestran el interés que despiertan los sistemas de automatización en la industria hotelera, es evidente que la interacción humana en la atención a los clientes tiene un elevado impacto en la calidad percibida del servicio en este sector. Por tanto, la aceptación de los clientes a esta nueva forma de atención resultará clave para su desarrollo futuro.

4.3.4 Aplicaciones en el sector financiero y de los seguros

Los sistemas de automatización del trabajo en el sector servicios no solo tienen como objetivo realizar tareas manuales que hasta el momento son llevadas a cabo por trabajadores humanos de manera más rápida, precisa o eficiente. En la era de la información el correcto tratamiento de los datos para orientar la toma de decisiones es crucial en muchos sectores. Uno de ellos es el sector bancario, que comienza a utilizar sistemas de inteligencia artificial para obtener información relevante de la ingente cantidad de datos que genera la operativa bancaria. Por ejemplo, el banco suizo **UBS** llevó a cabo a finales de 2014 una competición denominada Desafío de la Innovación mediante la que pretendía seleccionar a la empresa que extrajera la información más relevante de un cliente individual mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a un conjunto de datos, y expusiera dicha información

9. <http://www.h-n-h.jp/en/>

de forma amigable en dispositivos móviles. El banco seleccionó entre 80 participantes a la empresa de **Singapur Sqreem Technologies**, que será la encargada de llevar a cabo este proyecto.¹⁰ El hecho de que uno de los principales bancos del mundo se plantee la necesidad de aprovechar la información que atesora mediante técnicas del Big Data es indicativo del impacto que los sistemas automáticos pueden llegar a tener en el ámbito financiero.

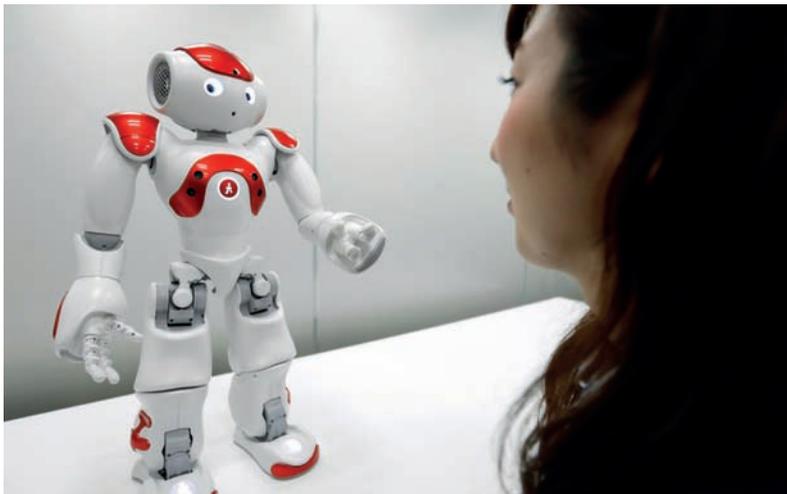
Otro ámbito en el que la automatización tiene un papel esencial es el de la inversión en bolsa. Más del 75% del volumen de los valores negociados en las bolsas de Estados Unidos procede de órdenes generadas por sistemas automatizados de compraventa de acciones (ATS Automated Trading Systems).¹¹

Aunque en el sector financiero se distinguen claramente dos velocidades en la utilización de sistemas automatizados (la banca tradicional está aún muy alejada del sector de la inversión), se percibe un incremento en el interés por la aplicación de técnicas relacionadas con el Big Data para ofrecer a los clientes un servicio más personalizado y eficiente.

La automatización en el ámbito financiero no se reduce a la utilización de técnicas del Big Data. Algunos bancos han comenzado a incorporar robots en oficinas bancarias para atender a los clientes (Figura 4.13). Es el caso del banco japonés **Mitsubishi UFJ Financial Group**, que a mediados de 2014 comenzó a utilizar el robot NAO en sus oficinas para atender cuestiones básicas.

En el ámbito de los seguros, los sistemas de inteligencia artificial y los asistentes virtuales también se están abriendo camino para mejorar la calificación de riesgo de los clientes o para guiarlos en la con-

Figura 4.13 Robot NAO atendiendo a un cliente del banco japonés Mitsubishi UFJ Financial Group

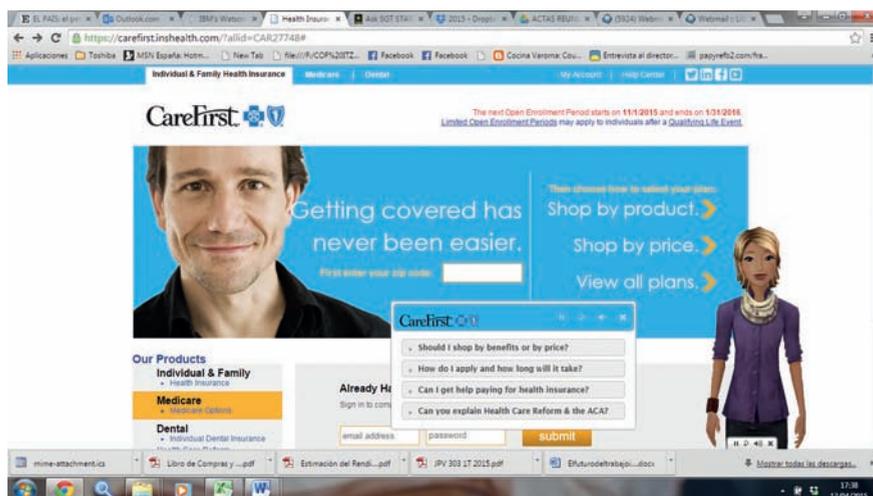


10. <http://www.expara.com/innovation/challenges/view/ubs-innovation-challenge>

11. <http://www.abmac.com/wp-content/uploads/Automated-Trading.pdf>

tratación de los servicios. En este segundo aspecto se puede destacar el asistente virtual de la empresa estadounidense de seguros de salud CareFirst,¹² creado para guiar a los usuarios hacia el seguro más adecuado a sus necesidades.

Figura 4.14 Asistente virtual de la empresa de seguros CareFirst



4.3.5 Aplicaciones en otros ámbitos del sector servicios

La aplicación de sistemas de automatización de actividades laborales en otros subsectores incluidos en el sector servicios es menos evidente que en los analizados en los apartados precedentes. Sin embargo, merece la pena prestar atención a varias iniciativas que muestran el incesante avance de la automatización en la prestación de servicios. Un campo es el del periodismo; así, la agencia de noticias estadounidense **Associated Press** comenzó a mediados de 2014 a elaborar información de ámbito financiero (notas de prensa sobre los resultados trimestrales de las empresas) de forma automática, sin la intervención de ningún periodista. Para ello utilizaba la plataforma **Wordsmith** de la empresa **Automated Insights**, que incorpora un sistema de generación de lenguaje natural capaz de convertir automáticamente datos financieros en artículos de prensa. La utilización de este sistema ha permitido a **Associated Press** producir más de tres mil artículos financieros al trimestre, diez veces más de lo que sus redactores y editores eran capaces de generar manualmente.¹³ La plataforma **Wordsmith** también ha comenzado a ser utilizada por **Yahoo!** para generar automáticamente artículos sobre la **Liga de Fútbol Americano**.¹⁴

La utilización de robots comienza a tener también cierta presencia en el comercio. Por ejemplo, la multinacional **Nestlé** prevé incorporar robots vendedores con capacidad de reconocer emociones (Figura

12. <https://carefirst.inshealth.com/?allid=CAR27748#>

13. <http://automatedinsights.com/ap/>

14. http://automatedinsights.com/yahoo_fantasy_case_study/

Figura 4.15 Robots vendedores en una tienda de Nestlé



ra 4.15), lo que permitirá ofrecer una imagen innovadora y prestar una mejor atención al cliente en más de mil tiendas de todo el mundo en 2015.¹⁵

La educación es otro de los terrenos en los que la automatización puede desempeñar un papel relevante en un futuro cercano (Figura 4.16). En países como Corea del Sur la utilización de robots en las aulas para impartir materias como idiomas extranjeros, particularmente el inglés, está muy extendida desde hace años.

Figura 4.16 Robots utilizados para el aprendizaje



15. <http://www.nestle.com/media/news/nestle-humanoid-robot-nescafe-japan>

El sector de la justicia también se está viendo beneficiado por el auge de sistemas automáticos. Actividades como la revisión de la jurisprudencia sobre un tema o la preparación de documentos legales (contratos, recursos, etc.) cuentan con las características idóneas para ser gestionados de forma eficiente por sistemas automáticos. Algunos despachos de abogados, como **Winston & Strawn** en Estados Unidos, han comenzado a utilizar técnicas de codificación predictiva mediante las que los abogados marcan una serie de información relevante en un número limitado de documentos y el sistema automático analiza con dicha información el conjunto completo de documentos, por ejemplo, una base de datos de jurisprudencia, lo que permite extraer nueva información que de otra forma podría pasar inadvertida a los abogados.

El impacto de la automatización en el ámbito laboral

5.1 Impacto en los puestos de trabajo

42

5.2 Impacto en las empresas

46

Los ejemplos descritos en los apartados anteriores muestran el imparable ascenso de la automatización de las actividades laborales, que ya no se limita a tareas rutinarias o repetitivas en ámbitos industriales, sino que alcanza a actividades que requieren una capacidad cognitiva importante. Este avance de la automatización del trabajo tendrá importantes consecuencias en la configuración del mercado laboral, ya que, por una parte, muchos perfiles profesionales son susceptibles de ser automatizados y, por otra, también aparecerán gran cantidad de nuevos tipos de trabajo. Respecto a la organización empresarial el impacto será importante, ya que los procesos de gestión deberán ser repensados para hacer frente a las nuevas formas de trabajo.

5.1 Impacto en los puestos de trabajo

Sin lugar a dudas, la automatización del trabajo que requiere cierto nivel cognitivo va a tener un papel importante en la reconfiguración del empleo. Este proceso supone una reordenación del empleo desde actividades que se automatizan hasta actividades en las que el factor humano tenga aún un papel esencial.

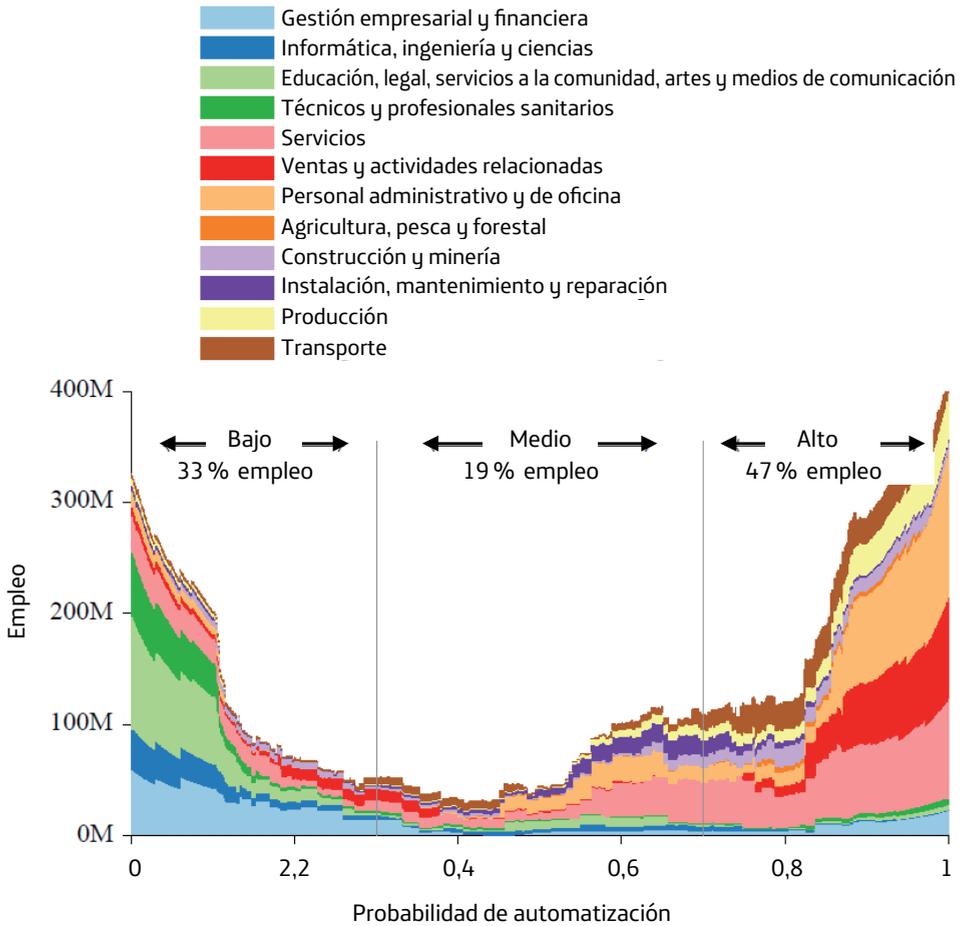
No se trata de un fenómeno nuevo, ya que la irrupción de innovaciones tecnológicas a lo largo de la historia ha conllevado tradicionalmente el desplazamiento de trabajadores de diversas actividades profesionales que pasan a ser realizadas por sistemas automatizados de trabajo a otras de mayor valor añadido. Además, se demuestra que estas innovaciones tecnológicas han sido generadoras netas de trabajo.¹

En esta nueva era tecnológica el desplazamiento de trabajadores será más acusado que en cualquier otra anterior, ya que afectará a la sociedad de una forma más amplia. Este fenómeno está captando la atención de los académicos dado el gran impacto que puede llegar a tener. Un estudio realizado por la Universidad de Oxford ha analizado la probabilidad de automatización por sistemas informáticos de 702 actividades profesionales en Estados Unidos en 2020 y el impacto que esta automatización puede tener en el mercado laboral. En la figura 5.1 se muestra la probabilidad de automatización para 12 grandes categorías profesionales, que agrupan las 702 actividades profesionales contempladas, y el porcentaje de la masa laboral estadounidense afectado por tres niveles de riesgo de automatización: bajo, medio, alto.

El hecho más destacado es que el 47% del empleo en Estados Unidos está ligado a actividades profesionales que tienen una elevada probabilidad de ser automatizadas por sistemas informáticos. Las categorías que más riesgo tienen de ser automatizadas, y por tanto sus empleados de ser desplazados por máquinas, son la de servicios, ventas, trabajo administrativo, producción y transporte. Por el contrario, las actividades con menor probabilidad de automatización, que agrupan a un tercio del personal ocupado de Estados Unidos, son aquellas ligadas a la educación, servicio legal, servicios a la comunidad, arte y medios de comunicación, salud, informática, ingeniería y ciencias y gestión empresarial. En la figura 5.2 se muestran las diez profesiones con mayor probabilidad de automatización y las diez con menor probabilidad.

1. Pew Research Center, «AI, Robotics and the Future of Jobs», 2014.

Figura 5.1 Probabilidad de automatización de actividades profesionales en Estados Unidos



Fuente: C. Frey y M. Osborne, *The Future of Employment, How Susceptible are jobs to computerization?*, 2013.

Este proceso transformativo debe acometerse correctamente para evitar impactos fuertes en el empleo a la vez que se aprovechan los avances tecnológicos para crear nuevas industrias y nuevos puestos de trabajo que aún no somos capaces de aventurar y que podrán ser asumidos en parte por los trabajadores desplazados. Para ello es necesario que el sistema educativo sea capaz de proveer a estos trabajadores de las habilidades necesarias para llevarlos a cabo.

Entre las nuevas profesiones que aparecerán en el futuro gracias a la automatización del trabajo, los expertos identifican aquellas relacionadas con el tratamiento y explotación de la información. Por ejemplo, en Estados Unidos se estima que en 2018 habrá una diferencia entre las vacantes labora-

Figura 5.2 Profesiones con mayor y menor probabilidad de ser automatizadas

Profesiones con mayor probabilidad de ser automatizadas		Profesiones con menor probabilidad de ser automatizadas	
Teleoperador	99%	Terapeuta recreativo	0,28%
Personal administrativo de gestorías, seguros, despacho de abogados e inmobiliarias	99%	Supervisores y coordinadores de instaladores y reparadores mecánicos	0,3%
Operador textil (proceso de costura)	99%	Directores de gestión de emergencias	0,3%
Técnico matemático	99%	Profesionales de salud mental y de tratamiento de adicciones	0,31%
Asegurador	99%	Audiólogo	0,33%
Reparador de relojes	99%	Terapeuta ocupacional	0,35%
Operador de carga en aeropuertos, puertos o terminales de mercancía por tren o carretera	99%	Ortodoncista y protésico dental	0,35%
Asesor para la presentación de impuestos para ciudadanos y pequeñas empresas	99%	Trabajador social	0,35%
Profesional de procesos fotográficos (tratamiento, impresión)	99%	Cirujano maxilofacial y oral	0,36%
Auxiliar administrativo en contabilidad	99%	Supervisor de bomberos	0,36%

Fuente: C. Frey y M. Osborne, *The Future of Employment, How Susceptible are jobs to computerization?*, 2013.

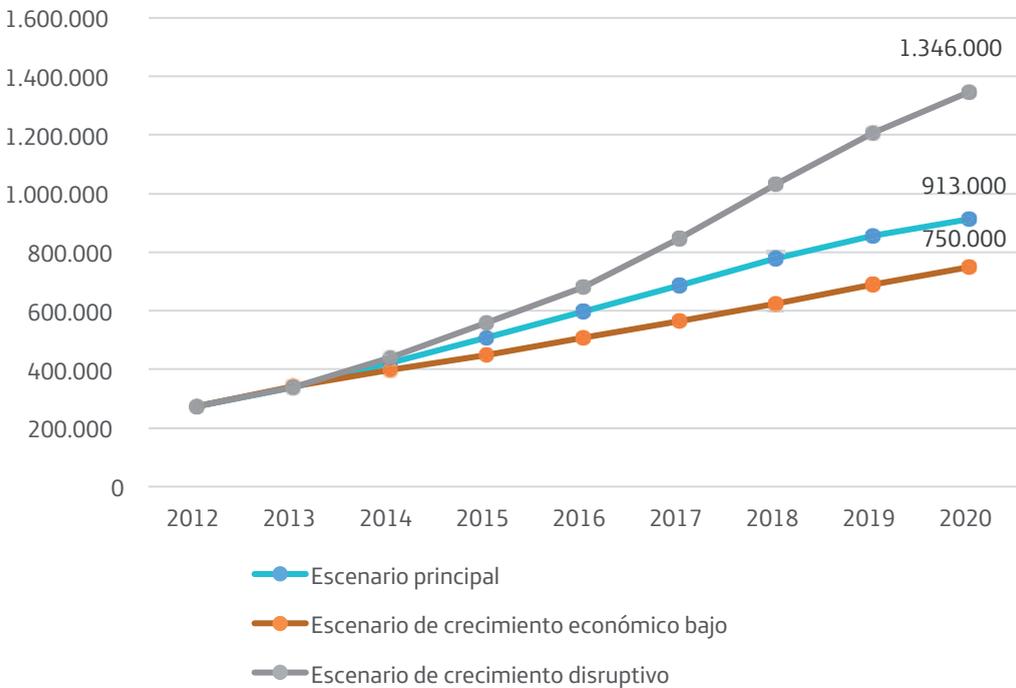
les relacionadas con Big Data y los profesionales disponibles con las competencias analíticas necesarias de entre 140.000 y 190.000, puestos que no se podrán cubrir si no se forman los profesionales con las competencias adecuadas. Si se amplía la demanda a analistas y gestores que puedan utilizar con eficiencia la potencialidad del Big Data la brecha, solo en Estados Unidos, se amplía a los 1,5 millones.²

En una visión más futurista, y ligada a las aplicaciones descritas en el capítulo anterior, aparecerán nuevas profesiones, radicalmente distintas a las actuales. Algunas de ellas podrían ser pilotos de drones; coordinadores de la relación hombre-máquina en el ámbito laboral; científicos de datos; auditores de bienes compartibles en la economía colaborativa; diseñadores de moda, comida, etc., con impresión 3D; arquitectos de realidad aumentada; diseñadores de *gamificación*; telecirujanos; *coaches* virtuales; asesores en dinero digital; gestores personales de presencia on line; expertos en simplificación; restauradores de entornos salvajes; entrenadores de robots o analistas de conocimiento.

2. http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation

Dentro de estas nuevas industrias, el propio sector TIC, como habilitador de todas las tecnologías que posibilitan el desarrollo de los sistemas de automatización, también será una fuente de empleo muy relevante en los próximos años y una oportunidad para los trabajadores desplazados que cuenten con las competencias adecuadas. De acuerdo a un estudio realizado para la Comisión Europea, se estima que en 2020 en Europa puede haber una demanda de profesionales TIC sin cubrir que oscilaría entre 730.000 puestos en un escenario de crecimiento económico bajo y 1.346.000 en un escenario disruptivo (Figura 5.3). Sea cual sea el escenario por el que avance la economía europea, el sector TIC se configura como un generador de empleo que compense parte de los efectos de la automatización en el empleo.

Figura 5.3 Escenarios de demanda de profesionales TIC no cubierta en Europa



Fuente: Empirica, «e-Skills for Jobs in Europe: Measuring Progress and Moving Ahead», 2014.

Más allá de la reconfiguración del mercado laboral que la automatización producirá, existen otros impactos relacionados con el empleo que merecen la pena ser analizados. Uno de ellos es la adaptación de las personas para compartir la actividad con robots y sus consecuencias en el cambio de mentalidad sobre el papel del trabajo en su autorrealización.

Ya en el capítulo dedicado a la descripción de los sistemas de automatización se explicó cómo la irrupción de estos sistemas desembocará en algunos casos en un fenómeno de sustitución y en otros, de colaboración. Un elemento esencial para esta convivencia, más determinante en el ámbito industrial, es la seguridad de los trabajadores. Así, los sistemas automáticos de carácter industrial, como el robot

YuMi descrito anteriormente, deben estar preparados para evitar accidentes laborales y lesiones en los trabajadores. Para ello, los materiales con los que están desarrollados y los sistemas de sensorización y detección de presencia tienen un papel fundamental. Un ejemplo de interacción hombre-máquina que ya está comenzando a tener un papel relevante en algunas industrias es la introducción de los *wearables* en el entorno laboral. De acuerdo con un estudio realizado por el colegio **Goldsmiths** de la **Universidad de Londres**, el uso de *wearables* en el trabajo puede aumentar la productividad del empleado (un 8,5%) y su grado de satisfacción con el trabajo (un 3,5%).³

La intensificación de la colaboración hombre-máquina en el entorno laboral liberará a los trabajadores de la realización de tareas rutinarias y de poco valor añadido, dando paso a la realización de actividades que requieran mayor pensamiento creativo. Sin embargo, para que los trabajadores sean capaces de desarrollar su creatividad nos encontramos, una vez más, con la necesidad de reenfocar el modelo educativo. La automatización del trabajo posibilitará también el incremento del tiempo libre para los trabajadores, en el cual podrán desarrollar su creatividad, lo que contribuirá al crecimiento de nuevas formas de producción a pequeña escala, impulsando la economía colaborativa o favoreciendo el desarrollo de las artes. La realización del ser humano dejará de estar ligada por completo al trabajo, lo que dejará espacio para otras actividades creativas más motivadoras.

5.2 Impacto en las empresas

En el ámbito empresarial, la automatización del trabajo tendrá también importantes consecuencias, que abarcarán desde el replanteamiento de estrategias corporativas como la deslocalización hasta el desarrollo de nuevos enfoques de gestión empresarial para dar soluciones a las necesidades surgidas de las nuevas relaciones hombre-máquina.

La deslocalización es una estrategia empresarial mediante la cual la producción de bienes se lleva a cabo en regiones geográficas en las que los costes de producción (fundamentalmente costes laborales) son mucho menores, mientras que se mantienen en el país de origen las actividades ligadas al diseño y la comercialización de los productos elaborados. La automatización del trabajo permitirá llevar a cabo las actividades de producción de forma más eficiente y barata en el propio país de origen, lo que revertirá el proceso de deslocalización y favorecerá las industrias nacionales al recuperar todos los procesos de la cadena de valor, fenómeno conocido con el término *botsourcing*. Esta vuelta atrás en la deslocalización gracias a la automatización del trabajo también repercutirá positivamente en la creación de nuevos puestos de trabajo en los países de origen de las empresas asociados al control de los sistemas automáticos de producción. Por ejemplo, la compañía norteamericana **Sutherland Global Services**, proveedora de servicios tecnológicos de gestión de procesos de negocio, que consideraba que podía reducir los costes de producción entre un 20% y un 40% deslocalizando el trabajo TIC en economías emergentes, ha concluido que utilizando un *software* de automatización combinado con empleados localizados en Estados Unidos podría ser capaz de reducirlos en hasta un 70%.⁴ Por tanto, la automatización no solo mejora la productividad, sino que permite también crear empleo en los paí-

3. <http://www.gold.ac.uk/news/homepage-news/wearabletechnologiestocanboostemployeeproductivitybyupto85.php>

4. [https://hbr.org/2014/05/robots-are-starting-to-make-offshoring-less-attractive/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed:%2520harvardbusiness%2520\(HBR.org\)](https://hbr.org/2014/05/robots-are-starting-to-make-offshoring-less-attractive/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed:%2520harvardbusiness%2520(HBR.org))

ses de origen de las empresas que anteriormente optaban por la deslocalización. Otro ejemplo muy significativo es el de la empresa taiwanesa **Foxconn**, ensambladora de dispositivos tan conocidos como el iPhone, el iPad o la PlayStation 4, que en 2013 anunció la inversión de 40 millones de dólares para la creación de una fábrica en Pennsylvania en la que contaría con equipamiento robótico para el ensamblado de los dispositivos, lo que permitiría la creación de 500 puestos de trabajo.⁵ **Foxconn**, el ejemplo más paradigmático de la deslocalización de la producción de la electrónica de consumo, se beneficia de esta forma del auge de la automatización para acercarse a sus clientes.

Estos ejemplos sirven para ilustrar una tendencia (la reversión de la deslocalización debida a la automatización de los procesos en el país de origen) que va a impactar en todos los sectores desde la fabricación de productos (automóviles, textil, electrónica, etc.) hasta la gestión de procesos de negocio (BPO Business Process Outsourcing).

Otro aspecto ligado a la empresa en el que la automatización del trabajo va a producir interesantes modificaciones es el de la gestión empresarial. En este ámbito la utilización de sistemas de automatización está provocando la consolidación en la estructura empresarial de nuevos perfiles organizativos, como el CDO (*chief data officer*), responsable de la gestión de los datos de la compañía y de su explotación. En sectores que manejan ingentes cantidades de datos, como el financiero, el marketing o el de la energía, por citar algunos, la creación de departamentos especializados en la gestión de estos datos, liderados por el CDO y cuya finalidad será implementar y dar soporte a la estrategia de aprovechamiento de la información, ya se está llevando a cabo. Según algunos expertos, a finales de 2015 el 25% de las grandes multinacionales contarán en su organigrama con la figura del CDO.⁶

Dentro de la automatización del trabajo, el avance de la robótica contribuirá a la consolidación de otro perfil directivo en la siguiente década: el CRO (*chief robotic officer*),⁷ responsable de la planificación, dirección, organización y gestión efectiva de todos los sistemas robóticos utilizados en la compañía. El rápido crecimiento de la automatización y de la aplicación de la robótica a los procesos de negocio situará a esta nueva figura entre las más destacadas de la cadena de mando empresarial, situándolo al mismo nivel de los CIO (*chief information officers*).

También este movimiento tendrá importancia e impacto en los aspectos referidos a la seguridad ya que la mayor parte de la información y una parte importante de las decisiones quedan en manos de sistemas que deben ser protegidos contra los *hackers*. Por ese motivo también será cada vez más necesario el papel del *chief security officer* encargado de coordinar todas las acciones relativas a la seguridad.

En el nuevo entorno empresarial, que conjugará los sistemas automáticos con el trabajo manual, la gestión de los recursos humanos cobrará una nueva dimensión. El trabajo colaborativo entre seres humanos y máquinas hará surgir nuevos desafíos, muchos de ellos de carácter emocional, que los gestores de recursos humanos deberán abordar para que la convivencia sea beneficiosa para la empresa. El cambio por la automatización de ciertas actividades laborales requerirá un proceso de aprendi-

5. <http://www.cnet.com/news/foxconn-set-for-us-with-40m-investment-in-pennsylvania/>

6. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2659215>

7. Myria Research, «The Chief Robotics Officer», 2015. <http://www.arisplex.com/research/robotics-corporate-spotlight-chief-robotics-officer/>

zaje, por lo que será necesaria una labor de mentorización hasta que los empleados consigan adaptarse a la nueva situación laboral.

Ante este futuro algunos académicos han comenzado a investigar las emociones que sienten los trabajadores frente a la perspectiva de trabajar con robots,⁸ y llegan a la conclusión de que los trabajadores se sentirían más cómodos si los robots se limitaran a realizar trabajos relacionados de alguna forma con el pensamiento, como la contabilidad, que si asumieran trabajos relacionados con las emociones, como la enseñanza infantil o primaria. Se percibe, por tanto, un rechazo de los trabajadores a la asunción por parte de los robots de actividades laborales que impliquen inteligencia emocional, aspecto que debería ser tenido en cuenta por las empresas a la hora de abordar sus estrategias de automatización del trabajo.

Más allá de la aparición de nuevos perfiles organizativos para gestionar los sistemas automáticos y de la necesidad de tener en cuenta la componente emocional de trabajar con máquinas «inteligentes», la automatización producirá profundas modificaciones en las estructuras empresariales. Los recursos empresariales dejarán de gestionarse desde localizaciones geográficas concretas, ya que los sistemas inteligentes que se encarguen de esta gestión podrán ser controlados desde cualquier parte, lo que favorecerá la deslocalización del personal en un fenómeno que se podría denominar «empresa en la nube». Esta automatización también contribuirá a la reducción de las estructuras jerárquicas de las empresas al disminuir los procesos intermedios de aprobación o validación del trabajo. La automatización también posibilitará que las empresas sean más flexibles a la hora de adaptarse a los cambios, ya que la toma de decisiones será más ágil al reducirse la cadena de mando empresarial.

8. http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/waytz%20norton_a358958c-3b94-4f25-bb8c-7d10605738d8.pdf

La respuesta del ámbito educativo

6.1 Nuevas competencias para nuevos puestos de trabajo	50
6.2 Nuevas prácticas pedagógicas facilitadas por las tecnologías	52
6.3 Situación de la educación en España en las competencias clave para la automatización del trabajo	53
6.4 Recomendación de políticas educativas para abordar el cambio hacia la automatización del trabajo	55

A lo largo del informe hemos visto cómo la robótica y la inteligencia artificial (IA) van a penetrar en numerosos ámbitos de nuestra sociedad y a afectar a amplios sectores de la economía. Ello tendrá, sin duda, un fuerte impacto en el mundo laboral. Por un lado, supondrá una amenaza por la previsible desaparición de puestos de trabajo existentes, pero, por otra, abrirá un mundo de posibilidades por la creación de nuevos puestos, algunos de los cuales no somos capaces de imaginar, que compensarán el fenómeno anterior. Y por ello los ciudadanos deberán responder con rapidez para ser capaces de adquirir nuevas competencias y conocimientos; además, esta actitud de continuo reciclaje debe permanecer a lo largo de su vida. El éxito de ese reto dependerá, en gran medida, de la respuesta que les dé nuestro sistema educativo.¹

6.1 Nuevas competencias para nuevos puestos de trabajo

Según el experto en emprendimiento Abel Linares:² «el 70% de los niños que hoy van a la guardería, cuando sean mayores trabajarán en profesiones que aún no se han inventado». Un estudio de 2011 estimaba que en el año 2015 en Estados Unidos un 60% de los nuevos puestos de trabajo requerirían perfiles que solo tendrían el 20% de la población, y esa tendencia continúa creciendo. Ambas previsiones indican la necesidad de desarrollar nuevas competencias para los nuevos puestos de trabajo.

Para acceder con éxito a estos nuevos puestos de trabajo, en muchos casos por inventar, los trabajadores deberán contar con habilidades que les permitan estar continuamente adaptándose a lo que se ha denominado «aprendizaje a lo largo de la vida». Entre estas habilidades se encuentran el pensar holísticamente, tener capacidad de adaptación, de autogestión y de adquirir continuamente nuevos conocimientos en muy poco tiempo.³

Los nuevos puestos de trabajo surgirán en un mundo de máquinas inteligentes, conectividad personal permanente, longevidad, estructuras supraorganizativas fomentadas por las redes sociales y un entorno globalizado y multimedia. Estos puestos requerirán, sin duda, nuevas capacidades y competencias, como un enfoque multidisciplinar y multicultural, un pensamiento adaptativo e innovador, una inteligencia social, un pensamiento crítico, capacidad de interactuar con las máquinas, capacidad de análisis de datos e información, una cultura multimedia y trabajar en entornos virtuales.⁴

Hay dos factores adicionales de suma importancia: la capacidad de inventar nuevos trabajos, que está relacionada con el espíritu emprendedor, y la capacidad tecnológica de la sociedad en su conjunto, dado que las nuevas ocupaciones estarán de una u otra forma íntimamente relacionadas con la tecnología.

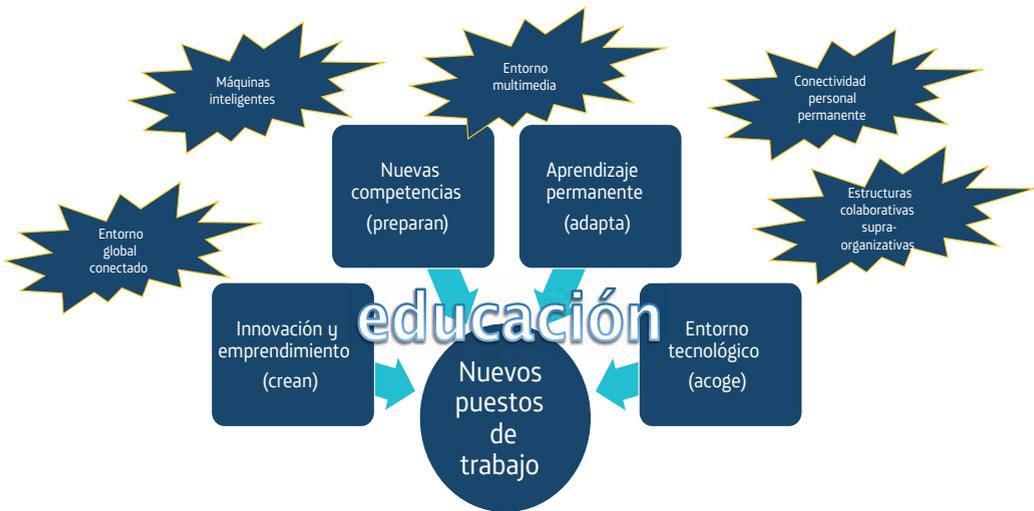
Por tanto, las sociedades tendrán éxito en este nuevo entorno si se conjugan varios factores, todos ellos relacionados íntimamente con la educación:

-
1. A. Smith y J. Anderson, *AI, Robotics, and the Future of Jobs*, Pew Research Center, 2014.
 2. El 70% de los bebés de hoy trabajarán en una profesión aún no inventada, *elEconomista.es*, <http://www.economista.es/espana/noticias/6095300/09/14/EI-70-de-los-bebes-de-hoy-trabajaran-en-una-profesion-aun-no-inventada.html#Kku8IomruPUBdbOe>
 3. N. Enna, «10 Skills The Workforce of the Future Will Need», *Impact X* (5/9/2014), http://www.huffingtonpost.com/nicholas-enna/workforce-of-the-future_b_5412251.html
 4. Institute for the Future, *The Re-working of «Work»*, 2011, <http://www.iff.org/futureworkskills/>

- Un alto espíritu de innovación y emprendimiento para que se inventen esas nuevas ocupaciones.
- Un entorno tecnológico capaz de acoger esos nuevos trabajos.
- Un sistema educativo flexible y de calidad que proporcione las nuevas habilidades necesarias.
- Un sistema de formación permanente eficaz que permita a los trabajadores actualizarse continuamente.

En la figura 6.1 se recogen todos estos conceptos.

Figura 6.1 Un nuevo entorno lleno de oportunidades



Fuente: Elaboración propia.

Si bien es posible que la educación tradicional no esté proporcionando las habilidades necesarias para los trabajos del futuro, las nuevas metodologías educativas potenciadas por la tecnología abren nuevas y prometedoras posibilidades para que la educación tenga un papel exitoso en este proceso de cambio.

El sistema educativo se enfrenta por ello a un gran reto para potenciar la innovación y el emprendimiento, acelerar el cambio a una sociedad basada en la tecnología, desarrollar nuevas habilidades y garantizar e incentivar a los ciudadanos a actualizar sus competencias de forma permanente. A ello hay que añadir que el entorno educativo deberá promover la igualdad de oportunidades para no marginar a los ciudadanos más desfavorecidos y a los trabajadores de baja cualificación.

Los gobiernos tendrán que colaborar con el sector tecnológico y las instituciones educativas para garantizar que los trabajadores tengan éxito en este nuevo entorno. Y, sin duda, la gran oportunidad viene de la mano de los nuevos modelos pedagógicos promovidos por las propias tecnologías.

6.2. Nuevas prácticas pedagógicas facilitadas por las tecnologías

Las nuevas tendencias tecnológicas, como la conectividad permanente a través de redes fijas y móviles de muy alta velocidad, el nivel de saturación de dispositivos móviles personales inteligentes de alta capacidad de proceso, la progresiva migración de los servicios a la nube y el crecimiento exponencial en nuevas aplicaciones, contenidos y servicios digitales, están creando un entorno que promueve de forma espectacular la irrupción de nuevos modelos de aprendizaje. Si bien estos modelos están retando al sistema tradicional de educación, también están abriendo nuevas y prometedoras posibilidades de formar a los ciudadanos de una manera eficaz y permanente. Entre estos modelos se encuentran el aprendizaje en movilidad, el aprendizaje autodirigido, el aprendizaje y la evaluación personalizada, la evaluación entre alumnos, métodos de enseñanza invertidos, el aprendizaje basado en juegos, el aprendizaje y la creación de contenidos colaborativos y los MOOC. Por su interés como herramientas para adaptar los modelos educativos para dar respuesta a los nuevos puestos de trabajo vamos a hacer una pequeña descripción de estas nuevas prácticas pedagógicas. Una explicación más profunda se puede consultar en el monográfico *Los MOOC en la educación del futuro: la digitalización de la formación*.⁵

Aprendizaje en movilidad. Es el proceso educativo que tiene lugar a través de dispositivos móviles inteligentes y que permite a los alumnos aprender en cualquier momento y en cualquier lugar a través de sus dispositivos móviles personales. Constituye la base para otros modelos innovadores de aprendizaje, como los MOOC o la enseñanza personalizada. Una buena muestra de la buena salud de la que goza la educación a través de los dispositivos móviles es que las *apps* educativas representan la segunda mayor categoría en la tienda Apple (el 10,36% del total de *apps*) y la sexta mayor categoría en la tienda de Google (el 6,1% del total de *apps*).⁶

Aprendizaje autodirigido. Este modelo promueve que sean los propios estudiantes los que regulen su proceso de aprendizaje, de forma que lo adapten de forma natural a sus características y situación personal. Adicionalmente enfatiza competencias como la capacidad de autogestión, que hemos visto que puede tener gran importancia en el aprendizaje permanente.

Aprendizaje y evaluación personalizada. Mediante estos modelos los estudiantes reciben una educación ajustada a su perfil y a sus necesidades. Los mecanismos de evaluación son, asimismo, adaptados para cada estudiante. Estas metodologías de enseñanza se desarrollarán en los próximos años gracias al análisis inteligente del proceso de aprendizaje promovido por la creciente utilización de plataformas LMS (Learning Management Systems) y de otros servicios digitales que llevan a una acumulación enorme de información acerca del rendimiento educativo de alumnos y profesores, información muy valiosa para personalizar y optimizar el proceso educativo adaptándose a las características específicas de cada alumno. Afectan tanto a los propios contenidos que se proporcionan al alumno como a las técnicas de aprendizaje que se adaptan en función de las capacidades cognitivas de este.

Evaluación entre alumnos. Esta metodología ha adquirido gran importancia a partir del desarrollo de los MOOC. Los alumnos se convierten en una pieza activa del proceso de enseñanza, al evaluar los re-

5. http://www.fundaciontelefonica.com/artes_cultura/publicaciones-listado/pagina-item-publicaciones/?itempubli=324

6. www.statista.com

sultados de sus compañeros. Ello fomenta competencias como el trabajo colaborativo y las habilidades sociales. Las propias evaluaciones de los compañeros se convierten, a su vez, en otra fuente de aprendizaje.

Métodos de enseñanza invertidos. Estos métodos, conocidos en inglés como *flipped learning*, intercambian el papel que tradicionalmente se hacía en clase y en casa. Los alumnos estudian la lección en casa y usan el tiempo en clase para otras actividades como el trabajo en grupo, la puesta en común de los contenidos o para actividades interactivas. Estos modelos promueven un papel más activo de los alumnos y refuerzan el del profesor como guía.

Aprendizaje basado en juegos. Es el proceso educativo que se lleva a cabo a través de juegos digitales. Incluye también el concepto de «juegos serios» con un aspecto muy próximo a los simuladores. Se considera que es una metodología que promueve la motivación y el interés de los alumnos.

Aprendizaje y creación de contenidos colaborativos. Las redes sociales y las herramientas colaborativas ofrecidas por Internet promueven el desarrollo de modelos educativos en los que un grupo de estudiantes trabaja de forma conjunta para conseguir un objetivo. Fomentan la inteligencia social y las habilidades necesarias para triunfar en los nuevos modelos relacionales potenciados por la Sociedad en Red.

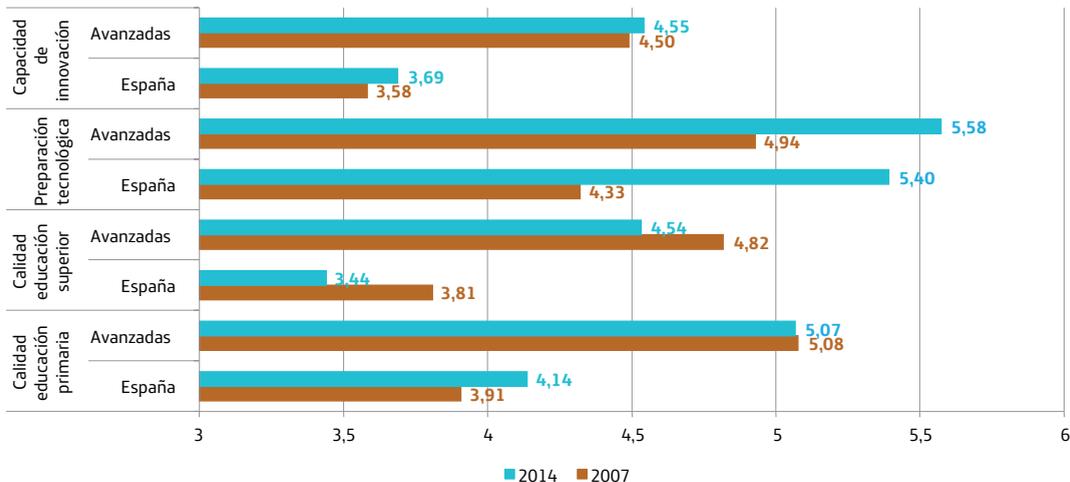
MOOC. Massive Open Online Courses (MOOC) son cursos en línea caracterizados por ser casi gratuitos, ofrecidos generalmente por instituciones de gran prestigio y que permiten el acceso concurrente al curso de miles de usuarios al mismo tiempo. Aunque el fenómeno de los MOOC surgió en Estados Unidos y gran parte de los cursos proceden de universidades de ese país, en Europa han tenido un fuerte impulso en los últimos años y muy particularmente en España gracias a la plataforma MiriadaX.

6.3 Situación de la educación en España en las competencias clave para la automatización del trabajo

En el caso particular de España es interesante analizar cómo nos encontramos en los factores más relevantes (innovación, tecnología y educación) y cuál ha sido su evolución entre los años 2007 y 2014 en comparación con las economías avanzadas. Los indicadores se han extraído del índice global de competitividad del World Economic Forum.⁷ Los resultados que se presentan en la figura 6.2 muestran cómo España ha avanzado de forma muy importante en la preparación tecnológica gracias a la fortaleza y empuje del sector tecnológico y a la apuesta decidida de las administraciones. En innovación hemos mejorado, pero aún queda camino por recorrer. En cuanto a la educación primaria, también hemos mejorado y desde 2007 se ha recortado la diferencia que había con el resto de economías. La calidad de la educación superior está por debajo de la media de los países más avanzados y ha retrocedido desde 2007 tanto en España como en el resto de las economías avanzadas.

7. WEF, Competitiveness Rankings, 2014, <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2014-2015/rankings/>

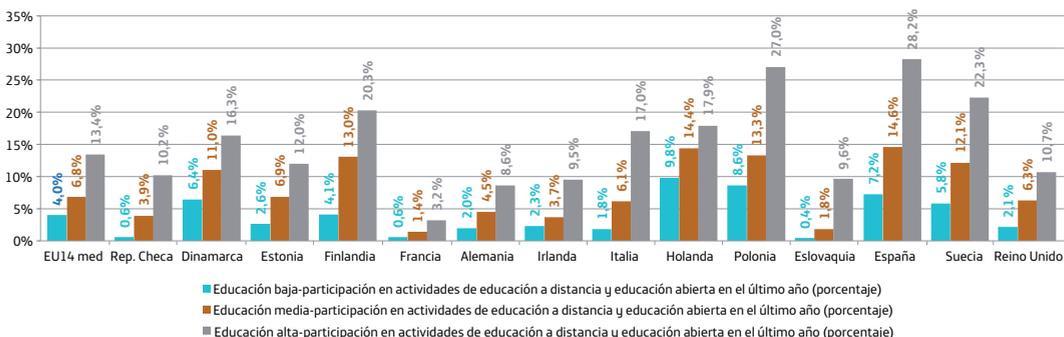
Figura 6.2 Análisis comparativo de los factores más relevantes y su evolución



Fuente: Elaboración propia según datos de WEF.⁸

Otro aspecto positivo es que la población española es mucho más propensa a participar en actividades de educación a distancia y educación abierta que la media europea, como se muestra en la figura 6.3. Por ejemplo, España es el país europeo con mayor número de alumnos en términos absolutos que finalizan los MOOC, según un estudio que llevó a cabo la Universidad de Pensilvania entre algunos de sus cursos.⁹

Figura 6.3 Participación en actividades educativas de educación a distancia y educación abierta en los últimos doce meses según el nivel educativo



Fuente: Elaboración propia según datos de la OCDE.¹¹

8. Los indicadores van de 1 a 7 (lo mejor). Las economías avanzadas incluyen 35 países según la clasificación del Fondo Monetario Internacional de 2014.
 9. G. Christensen, A. Steinmetz, B. Alcorn, A. Bennett, D. Woods y E. J. Emanuel, *The MOOC phenomenon: who takes massive open online courses and why?*, Universidad de Pensilvania, *nd Web*, 6, 2013.
 10. *Ibidem*.

Todo ello parece indicar que España es un país proclive a incorporar métodos educativos innovadores y apoyados en la tecnología. En la Sociedad en Red estas nuevas formas de educación están llamadas a tener un papel muy relevante y por ello suponen una ventaja para nuestro país.

6.4 Recomendación de políticas educativas para abordar el cambio hacia la automatización del trabajo

La educación es un entorno muy complejo que exige políticas holísticas, ambiciosas y llevadas a cabo en estrecha colaboración con todos los actores involucrados. Aunque no es el objeto de este informe proponer políticas educativas en ese sentido, sí queremos proponer modestamente algunas recomendaciones concretas para que el sistema educativo pueda responder al nuevo entorno que hemos descrito.

Según hemos visto, el sistema educativo español puede y debe aprovecharse de las oportunidades ofrecidas por las nuevas tecnologías para proporcionar a nuestros estudiantes y trabajadores las competencias y habilidades requeridas en el nuevo entorno de máquinas inteligentes. Por ello es importante profundizar en el cambio sereno pero decidido que ya se ha iniciado en el sistema educativo español.

Adaptar los contenidos curriculares a las nuevas competencias. Los cambios en el sistema educativo deben ir orientados a promover la adquisición de las nuevas competencias que van a ser necesarias en un entorno marcado por la incertidumbre, la innovación, la tecnología y la necesidad de adaptación permanente. Entre ellas se debe incluir el potenciar las competencias digitales, la innovación y el emprendimiento, las habilidades sociales, la capacidad de autogestión y la capacidad de analizar datos e información. Es probable que ello exija profundos cambios en los programas educativos y en los métodos de evaluación actuales. También exigirá formar e incentivar a los docentes de forma que puedan potenciar adecuadamente esas habilidades en sus alumnos. Para ello es muy importante contar con la participación de todos los grupos de interés, principalmente líderes educativos, profesores, empresas, emprendedores y sociedad civil, y con expertos en el área. Por ello sería interesante promover un foro de colaboración multidisciplinar donde se propongan y diseñen contenidos curriculares de forma conjunta para dar respuesta a las nuevas competencias que se han descrito a lo largo de este apartado.¹¹

Un buen ejemplo de buena práctica es la llevada a cabo por el Gobierno del Reino Unido, que ha incluido entre los contenidos obligatorios un módulo completo de «diseño y tecnología» enfocado a potenciar la creatividad y la imaginación para resolver problemas reales en un entorno con alta penetración tecnológica. Para ello fomentan el pensamiento crítico y se apoyan en disciplinas relacionadas con las matemáticas, la ciencia, la ingeniería, la innovación y la informática.¹² Ello impulsará las habilidades digitales de los estudiantes actuales, ya que, aunque los estudiantes son nativos digitales, sus habilidades para afrontar tareas complejas con sistemas informáticos, como desarrollar contenidos multimedia, programar o analizar datos (todas ellas requeridas en el nuevo entorno), son medias.¹³ De he-

11. El informe «Educación hacia el empleo, cómo diseñar un sistema que funcione» de McKinsey & Company incide en la importancia de que los diferentes grupos de interés compartan y acerquen sus puntos de vista.

12. El Gobierno del Reino Unido, *National curriculum in England: design and technology programmes of study*, 2013, <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-design-and-technology-programmes-of-study>

13. L. Johnson, S. Adams Becker, V. Estrada, A. Freeman, P. Kampylis, R. Vuorikari e Y. Punie, *Horizon Report Europe: 2014 Schools Edition*, 2014.

cho, en el ámbito europeo solo un 30% de los estudiantes se pueden considerar competentes digitalmente.¹⁴

Potenciar el trabajo conjunto de educadores y empleadores. Va a ser cada vez más necesario acercar las necesidades de los proveedores de educación y de las empresas, clientes últimos de dichos proveedores. Además de trabajar conjuntamente en la definición de los cursos, las empresas pueden participar de manera activa en el propio proceso de formación. El modelo debe cambiarse para conseguir que trabajo y formación sean actividades paralelas y no secuenciales, como, por ejemplo, diseñando los programas universitarios de forma que se alternen periodos de trabajo y periodos de aprendizaje. Las tecnologías en red pueden facilitar enormemente ese proceso al permitir que los aprendices en las empresas puedan participar en actividades de formación de los centros educativos a través de Internet, y que los emprendedores y líderes empresariales puedan impartir cursos en las universidades a través de plataformas on line.

Potenciar los MOOC como herramienta de formación a lo largo de la vida. Se debe potenciar la educación permanente a lo largo de la vida, principalmente utilizando los nuevos medios digitales que pueden proporcionar educación a gran escala sin que se disparen los costes. Conceptos como los contenidos abiertos, la evaluación entre pares y el que los alumnos adopten un perfil más activo pueden ayudar a que esta educación se extienda de forma masiva. Los MOOC son una buena semilla que se debe utilizar como entorno de pruebas y validación de las diferentes metodologías. España es líder europeo en el desarrollo de MOOC y hemos visto que las fórmulas de educación innovadoras tienen muy buena aceptación en nuestro país. No obstante, es necesario seguir apostando por este modelo, pero teniendo en cuenta diversas consideraciones: los cursos se deben diseñar no solo para proporcionar nuevo conocimiento, sino sobre todo para que los alumnos adquieran nuevas competencias. Los cursos deben orientarse no solo a trabajadores y estudiantes de alta cualificación, sino también a colectivos de baja y media cualificación para potenciar que estas nuevas formas de educación no ensanchen la brecha de conocimiento y dejen atrás a esos trabajadores. Finalmente, el gran éxito de este tipo de cursos en las universidades españolas abre la oportunidad de diseñar módulos adaptados específicamente al contexto socioeconómico español.

Reconocer la educación informal. La educación informal y permanente, como la promovida por los MOOC, está llamada a desempeñar un papel cada vez más relevante en la Sociedad en Red. Por ello es importante que se reconozca formalmente la educación informal, lo que permitirá aumentar el atractivo de dicha educación e identificar adecuadamente a los trabajadores más preparados en el entorno laboral. La Unión Europea está promoviendo dicha certificación a través del European Qualifications Framework, y España tiene la oportunidad de convertirse en uno de los países que lideren ese proceso.

Promover la industria de contenidos y servicios digitales en España. España tiene una larga tradición en el desarrollo de materiales y servicios educativos en el entorno tradicional. No obstante, la introducción de las tecnologías de la información y las comunicaciones en el entorno educativo está

14. Comisión Europea, «Opening up Education: Innovative teaching and learning for all through new Technologies and Open Educational Resources» (COM[2013] 654 final), Bruselas, 2013.

cambiando drásticamente las necesidades de la comunidad educativa, ya que la educación se está haciendo digital. Por ejemplo, en Estados Unidos el 38% de la formación en las empresas ya se distribuye a través de medios electrónicos.¹⁵ La industria debe adaptar sus modelos de negocio al nuevo entorno digital, y España tiene la oportunidad de crear un rico tejido empresarial de servicios educativos digitales. Ello contribuirá al crecimiento económico de nuestro país y a potenciar las nuevas competencias de nuestros trabajadores.

15. Association for Talent Development (2014). «The State of the Industry infographic», <http://files.astd.org/Research/Infographics/SOIR-2014-Infographic.pdf>

Escenarios del impacto de la automatización del trabajo inteligente

7.1 El mundo en 2030	60
7.2 Escenarios en el ámbito del trabajo	62
7.3 Conclusiones de los escenarios	65

Como se ha ido describiendo a lo largo de este monográfico, las tecnologías han tenido siempre una gran capacidad transformadora de la sociedad. Estas transformaciones pueden ser profundas, como sucedió durante las revoluciones industriales, o más suaves, como en otros momentos de la historia en los que los cambios y los avances se producían de forma más gradual. Todo parece indicar que las tecnologías que se describen en este monográfico tendrán un efecto disruptivo que ya se empieza a visualizar en varios terrenos. No obstante, como suele ocurrir siempre que nos encontramos ante innovaciones que pueden llegar a cambiar las reglas del juego, no es posible estimar cómo será el futuro. En este tipo de ocasiones, el ejercicio de plantear escenarios es útil de cara a tratar de entender qué diferentes posibilidades se despliegan ante nosotros, qué efectos tendrían en la sociedad e incluso qué medidas deberían tomarse para paliar los posibles efectos negativos de alguno de los escenarios.

Respecto a la sustitución del trabajo humano por máquinas inteligentes, se trata de un fenómeno que los expertos consideran que tendrá efectos disruptivos y que cambiará incluso el mismo concepto de trabajo. Sin embargo, no hay mucha coincidencia respecto a los plazos en los que se producirá dicho fenómeno y las consecuencias finales en la sociedad.

En este análisis de escenarios no queremos entrar en un debate sobre el ritmo de despliegue de estas tecnologías y servicios, suponemos un horizonte temporal entre diez y quince años, que se considera un espacio de tiempo suficiente para que cristalicen las innovaciones que se describen a lo largo de este monográfico. Para la realización de los escenarios se han tenido en cuenta, además de la experiencia de los autores, numerosos estudios sobre el tema y las opiniones de expertos que están accesibles en diversos informes.

El impacto de la automatización de actividades y la incorporación de algún tipo de inteligencia en las máquinas tendrán un impacto a varios niveles en la vida de los ciudadanos, por ejemplo, podrían desempeñar un papel fundamental como apoyo en el cuidado de personas con discapacidades, como personas que necesitan atención continua o incluso personas ciegas. No obstante, en este apartado nos centraremos en tratar de estimar el impacto en el mercado de trabajo, aunque también se consideren algunos aspectos sociales que se derivan de los cambios profundos que se pueden producir en el mercado de trabajo. Por ejemplo, en un escenario se puede mencionar una situación de conflictividad social porque esta es una situación derivada de un aumento importante del desempleo, aunque no se haga hincapié en los grandes beneficios que esta incorporación de las máquinas en los puestos de trabajo puede suponer en el terreno de la salud de los ciudadanos. No consideramos que esto sea un sesgo, sino que es producto del enfoque global del monográfico en el mercado laboral.

7.1 El mundo en 2030

En primer lugar, antes de describir los escenarios, que como se ha comentado se centran en el impacto en el mercado de trabajo, vamos a intentar describir las principales consecuencias del impacto de los sistemas inteligentes en la sociedad de una forma general. Para ello mostramos a continuación algunas de estas características, que son consensuadas por la mayoría de los expertos:

- **Los sistemas inteligentes y robóticos se integran en casi todos los aspectos de nuestra vida creando espacios inteligentes.** Esta conclusión se extrae de forma simple de la lectura de

este monográfico. No importa el ámbito al que nos refiramos, salud, trabajo, vida personal, etc., los sistemas inteligentes se encontrarán en todos ellos, analizando el contexto y aportando información que pueda ser pertinente al usuario.

Una consecuencia de esta utilización masiva de las tecnologías en entornos concretos son los ambientes inteligentes, *smart factory*, *smart school*, *smart home*, *smart city*, etc. Estos ambientes actúan en cierto modo como un sistema inteligente de un nivel superior, aunque puedan estar compuestos internamente por otros sistemas inteligentes.

- **Las tecnologías se hacen transparentes para los usuarios.** Para nosotros la tecnología, la conectividad, los sistemas de procesamiento han sido algo circunscrito a ciertos dispositivos y a ciertos momentos. El hecho de que la «inteligencia» se encuentre repartida en todos los objetos a nuestro alrededor, embebida en el ambiente, vendrá a crear una aproximación de las personas diferente hacia ella. Las personas estarán acostumbradas a preguntar directamente a ciertos objetos y ser respondidas, a que el entorno reaccione directamente a su presencia, tanto en lo laboral como en lo personal. Podemos decir a este respecto que el mundo poseerá una «especie de magia» que hará que las cosas pasen cuando nos conviene que pasen, por ejemplo, los sistemas de recomendación interaccionarán con nosotros en múltiples ocasiones a lo largo del día haciéndonos recomendaciones que, en ocasiones, ni siquiera los ingenieros de *software* serían capaces de saber por qué se han hecho.
- **La naturaleza de la memoria y otras capacidades cognitivas cambiarán.** Fruto de la interacción continua con asistentes virtuales, el acceso a grandes cantidades de información, la delegación de actividades rutinarias en robots..., la propia naturaleza de la memoria cambiará ya que las personas confiarán en muchas ocasiones ese tipo de capacidades a los sistemas inteligentes. Al igual que la memoria puede cambiar, otras capacidades cognitivas pueden verse afectadas, como la creatividad, ya que el acceso a numerosas ideas y las interacciones múltiples pueden suponer un estímulo para su desarrollo. Lo mismo ocurre con la capacidad de simultanear la realización de actividades o de gestionar nuestro tiempo según pequeños micromomentos.
- **Los sistemas inteligentes permitirán afrontar desafíos del envejecimiento de la población.** El envejecimiento de la población en las sociedades modernas supone un mayor número de personas dependientes, lo cual es una realidad a la que hay que enfrentarse de alguna manera. Este envejecimiento, que hace que cada vez haya más personas con necesidades de atención especial, supone un problema económico y de recursos que puede llegar a lastrar el desarrollo económico de las sociedades. Así, los costes de asistencia de una persona con una enfermedad que suponga un deterioro mental, como el Alzheimer, son enormes porque necesita control continuo. La delegación de parte de estas actividades a sistemas inteligentes puede llegar a ser en el futuro una necesidad fundamental desde el punto de vista económico para todas las sociedades modernas, que de otra forma pueden acabar lastradas por un sistema social difícil de mantener a largo plazo.
- **El transporte de mercancías y personas se automatizará.** Como se ha comentado, este cambio empieza a ser una realidad. Por una parte, los sistemas logísticos en entornos cerrados, como por ejemplo los fabriles, se encuentran ya generalmente muy automatizados. Por otra parte, en entornos abiertos, como las carreteras, el campo, el aire, se están haciendo grandes

progresos en el desarrollo de sistemas autónomos. Se trata de un cambio profundo que no solo afecta al sector de la logística, sino que tendrá implicaciones en la mayoría de los sectores, así como en la vida de las personas, tal como se describe a lo largo del monográfico.

- **Del servicio al autoservicio.** La forma en la que los servicios se comercializan y se entregan se transformará de forma radical, lo que afectará a todos los sectores: la banca, la alimentación, el comercio y otros. El concepto general que dominará en todos ellos es el de «autoservicio», que será posible en gran medida gracias a la utilización masiva de asistentes personales que se conectarán de forma automática con las empresas que suministran los servicios. Así, técnicas de análisis de datos se conjugarán con sistemas expertos para ofrecer soluciones adecuadas a los usuarios y de esta manera facilitar los procesos de compra.
- **La sociedad del ocio.** Otra de las consecuencias de todo este proceso de sustitución de personal por parte de máquinas inteligentes es un mayor tiempo libre, que generalmente se dedicará a la familia, a la formación o a otros tipos de ocio. Esto supondrá, como ya ha sucedido en otros momentos de la historia, una mejora en la calidad de vida y también la creación de nuevas oportunidades de servicios y, por tanto, de negocios y de empleo.
- **El concepto de trabajo se transforma.** En este apartado no se ahondará en este punto ya que se trató de forma profunda en capítulos anteriores. Simplemente recordar que las nuevas necesidades del trabajo, así como su diferente naturaleza, pueden incidir de forma profunda en conceptos que tenemos tan intrínsecamente arraigados como el propio concepto de puesto de trabajo o de lugar de trabajo, con un incremento en el número de autoempleos y también del trabajo realizado desde el hogar.

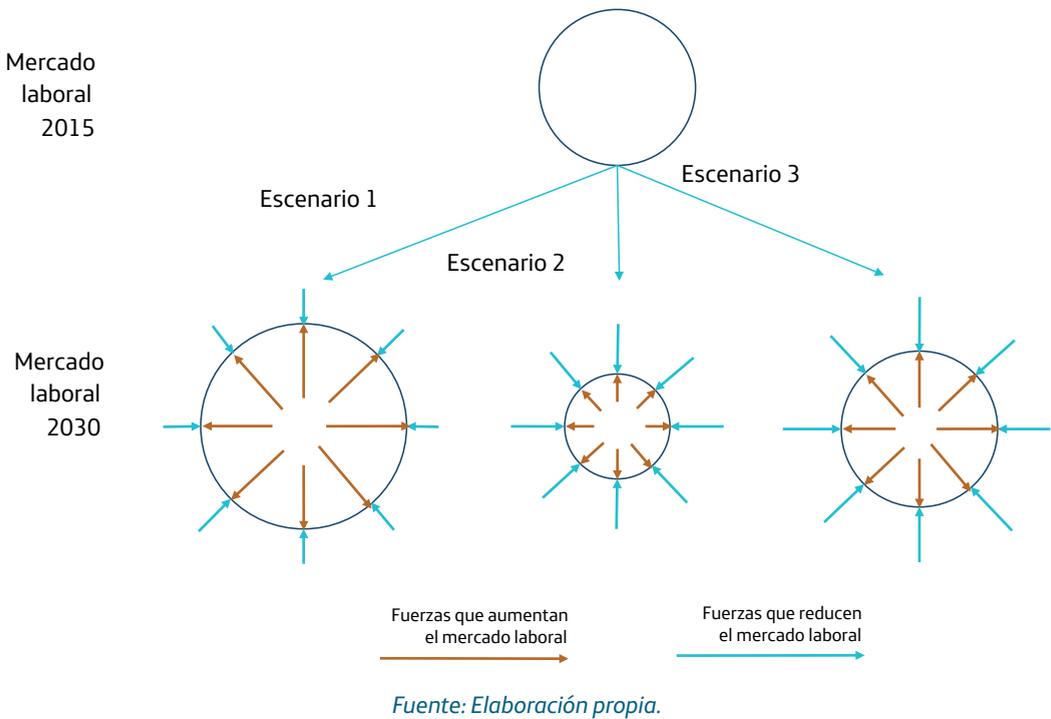
7.2 Escenarios en el ámbito del trabajo

Aunque en general, como es lógico, cuando hay una revolución tecnológica esta suele significar una sociedad con mayor número de posibilidades, lo que debería redundar en una mayor calidad de vida de las personas. No obstante, existe un debate abierto en el que no hay claro ganador respecto a su impacto en el mercado laboral, lo cual no se trata de un tema menor, sino de un tema central a la propia calidad de vida de los ciudadanos y a su desarrollo personal y profesional, que incluso afecta a su dignidad. Por este motivo puede ser un factor desencadenante de que la utopía que en ocasiones se nos vende en las películas de ciencia ficción se convierta en una distopía en la que la calidad de vida de una parte importante de la sociedad se vea reducida.

A grandes rasgos, hay dos posiciones respecto a este tema: que todas estas innovaciones redunden en una reducción de los puestos de trabajo y, por tanto, de un incremento de los problemas sociales, o que redunden en un aumento de los puestos y de su calidad y, por tanto, en una mejora social. Entre estos dos escenarios se podría desarrollar otro que consistiría en que la actuación de agentes como las administraciones vaya buscando formas de corregir los desequilibrios, por ejemplo, reduciendo las jornadas laborales, con impuestos para reducir ciertas actividades, subvenciones para potenciar la contratación, etc. Realmente nos centraremos en los dos escenarios primeros, ya que describen los extremos a los que se pueden llegar, mientras que el último muestra resultados que son una mezcla de

ambos. De una forma gráfica (Figura 7.1), el resultado final dependerá de la fuerza de los factores que hace que el mercado se reduzca y de la fuerza de los factores que hace que el mercado aumente. Si son mayores las primera fuerzas, el mercado se reducirá; si son mayores las fuerzas que expanden el mercado, este aumentará; si hay un equilibrio de fuerzas, como en el caso propuesto por la regulación, el mercado tenderá a mantenerse estable.

Figura 7.1 Escenarios de evolución del mercado laboral debido a la utilización de sistemas inteligentes



En el apartado anterior y a lo largo del monográfico se describen los efectos en la situación de la sociedad y los puestos de trabajo, lo que supone un elevado grado de adopción de los sistemas inteligentes en el ámbito del trabajo. Dado que esta adopción es un aspecto transversal a todos los sectores, no merece la pena ahondar en este apartado en describir cuál puede ser la situación de cada uno en cada escenario, sino que debe considerarse que se cumplirán completa o parcialmente las visiones propuestas. En este apartado nos vamos a centrar en describir las diferentes razones que tienen más peso en cada uno de los escenarios para configurar el mercado de trabajo y sus consecuencias directas en el mercado laboral.

Escenario 1. Este escenario muestra una visión optimista sobre el desarrollo del mercado de trabajo ya que en él el trabajo creado es superior al destruido. Las argumentaciones e implicaciones vinculadas con esta opción son:

- **A lo largo de la historia la tecnología ha sido creadora de empleo neto.** Se trata de un hecho que se puede comprobar empíricamente. Según los defensores de esta teoría, en la actualidad no está pasando nada diferente que nos deba hacer pensar de otra forma; según ellos, el trabajo siempre se va adaptando a las circunstancias y al número de personas. Como Jonathan Grudin, investigador jefe de Microsoft, comenta, «cuando en el mundo había cientos de millones de personas, había trabajo para cientos de millones de personas; cuando había miles de millones de personas, había trabajo para miles de millones de personas».
- **Los avances en tecnología crean nuevos trabajos e industrias aunque reduzcan otros.** La idea que subyace a este razonamiento es que el personal desplazado por las mejoras de la productividad se coloque en el desarrollo de las tecnologías y en otras ocupaciones que puedan surgir en una situación en la que hay más ocio. Y es que las nuevas tecnologías producirán nuevas necesidades, y las nuevas necesidades se deberán traducir de alguna manera en nuevos puestos de trabajo.
- **Hay ciertos tipos de trabajo que solamente pueden realizar los humanos.** Hay ciertas características que solamente se encuentran en las personas, como la creatividad, la empatía, la interpretación de situaciones diferentes. Esto supondrá que las personas tendrán que reorientar su perfil profesional para realizar las actividades en las que no haya competencia con las máquinas.
- **La tecnología no avanzará lo suficiente en los próximos quince años para que sean masivas algunas de las propuestas de este monográfico.** Si bien es cierto que en la actualidad hay prototipos de muchas de las tecnologías futuristas que se presentan, la experiencia dice que generalmente son necesarios bastantes años para que desarrollos tan complejos acaben resolviendo todos los posibles casos y matices que se pueden presentar. Además, hay que contar que el rediseño de procesos de trabajo es una actividad lenta que suele llevar años ya que necesita la involucración de numerosos agentes. Por ejemplo, la utilización de un sistema inteligente de compra necesita que las empresas que vendan también posean un sistema inteligente de venta.

Escenario 2. Este escenario muestra una visión negativa sobre el desarrollo del mercado de trabajo con un saldo negativo neto, lo que quiere decir que se destruyen más puestos que los que se crean. Las argumentaciones que ofrecen los expertos relacionadas con esta opción son:

- **El desplazamiento de trabajadores debido a la automatización es ya un proceso en marcha que irá creciendo con el tiempo.** Según esta opinión, la carrera entre el hombre y la máquina en cuanto a la realización de trabajo está siendo ganada por las máquinas. Son pocas las actividades que no son susceptibles de automatización (por ejemplo, niñeras o coordinación de equipos), el resto tiene pocas posibilidades de sobrevivir. Además, será un cambio rápido que supondrá que los trabajadores no tendrán demasiado tiempo para reorientar sus carreras, lo que agudizará los problemas y aumentará la brecha entre empleados con las capacidades que se requerirán en el futuro y los que no tendrán dichas capacidades.
- **Las consecuencias de las desigualdades sociales serán profundas.** Realmente una consecuencia de lo anterior, la sustitución rápida y sin dejar salidas a una gran masa de trabajadores, supondrá una época de desigualdad que desembocará en malestar social y en la creación de una

especie de subclase social. Un ejemplo de este proceso de destrucción de empleo lo comenta Stowe Boyd de GigaOM. Según él, este efecto podría producirse en el sector de conductores de vehículos, tanto de taxistas como de camiones, lo que supondría un problema que afectaría a una parte importante del mercado laboral, y podría llevar a los problemas que se describen en este apartado.

Escenario 3. Este escenario en parte puede ser considerado como un caso del escenario 2, en el cual la intervención de ciertos agentes, como las administraciones, es capaz de ir reconfigurando la situación según diferentes puntos de equilibrio. Las argumentaciones que ofrecen los expertos relacionadas con esta opción son:

- **Las estructuras sociales, legales y regulatorias minimizarán el impacto en el empleo.** Los mecanismos de regulación serían variados; por ejemplo, las empresas necesitan que haya consumidores para sus productos, para lo cual es imprescindible que haya trabajo, por lo que destruir el trabajo de forma global iría contra las empresas. También las administraciones podrían recurrir a sistemas de impuestos e incentivos fiscales para promover determinados comportamientos que incentiven el empleo. Incluso la propia sociedad podría reaccionar ante situaciones de emergencia aceptando compartir el trabajo o prefiriendo comprar productos locales.
- **Los cambios serán graduales.** Esto sería así en parte como resultado del punto anterior y en parte porque la propia implementación de cambios tan importantes requiere de la sincronización de muchos agentes, lo que no es fácil de conseguir, al menos a corto plazo. Un ejemplo metafórico sería la situación que se crearía si en el Reino Unido se empezara a conducir por la derecha para facilitar la importación de vehículos, esto supondría cambiar de forma consistente gran cantidad de aspectos: señales, coches, calles..., lo que demuestra lo difícil que es cambiar aspectos fundamentales en un sistema.
- **Parte de la automatización del trabajo se reequilibrará con nuevos puestos de trabajo artesanales.** Como contraposición a la fabricación de productos estándares, en los que la mano de obra humana no deja su huella, empieza a aparecer la tendencia a la elaboración de productos personalizados y de calidad en los que se certifica que la labor ha sido realizada mayoritariamente por personas. Esta tendencia seguirá durante los próximos años y posiblemente se potenciará como reacción de la población ante una producción excesivamente automatizada.

7.3 Conclusiones de los escenarios

Aunque, como se explica a lo largo de este análisis, no existe un consenso sobre cuál va a ser el ritmo de implantación de estas tecnologías y qué impacto real van a tener, en estos momentos ya tenemos elementos para extraer una serie de conclusiones que son independientes del escenario que se produzca. Las más importantes son las siguientes:

- **Las instituciones públicas, principalmente el sistema educativo, no están adecuadamente preparadas para este desafío tecnológico.** El sistema actual educativo fue diseñado para preparar a la población para los trabajos de los siglos XIX y XX. Se trataba de un trabajo muy procedi-

mentalizado, en el que la realización de rutinas era lo común en la mayoría de los puestos. Un ejemplo paradigmático de este modelo son las cadenas de montaje institucionalizadas por Henry Ford. Por ese motivo el sistema educativo favorecía la competencia del aprendizaje de memoria por encima del desarrollo de la creatividad. Todos los expertos aseguran que este modelo no es ya el adecuado y que en los próximos años el sistema educativo deberá transformarse.

- **La interacción entre máquinas y personas en los trabajos será más habitual y transparente.** Con sistemas inteligentes alrededor nuestro: robots, asistentes virtuales, etc., el trabajo consistirá en gran medida en ser capaz de gestionar estas relaciones. Se puede decir que cada trabajador pasará a ser «jefe» de varios sistemas inteligentes, a los cuales deberá entrenar y gestionar para sacar el máximo provecho de ellos. De esta forma los empleados se dedicarán a la parte de las tareas más creativa, mientras que los sistemas harán otro tipo de trabajos más rutinarios.
- **Habrá un cambio en el concepto de trabajo y puesto de trabajo.** Al igual que ha sucedido en otras épocas, el trabajo empezará a transformarse tanto cuantitativa como cualitativamente. Cuantitativamente, ya que la carga de trabajo disminuirá y, por tanto, es posible que veamos nuevas reducciones de las jornadas laborales, lo que potenciará el fortalecimiento de la sociedad del ocio. Cualitativamente, ya que la propia esencia del trabajo puede cambiar, dado que las personas deberán centrarse en potenciar sus cualidades creativas: cada vez serán menos los trabajos fijos, los cuales generalmente tienen una base rutinaria elevada, y cada vez será más habitual trabajar a lo largo de la vida para diferentes entidades, en las cuales se pueda aportar valor con las capacidades creativas. Nuevos conceptos como «economía colaborativa» también ayudarán a redefinir las barreras entre el mundo laboral y el mundo personal.
- **El modelo productivo se redefinirá.** La mayor automatización de los procesos productivos afectará de forma importante a las políticas de llevar la producción a zonas del planeta con menores costes salariales. Podemos estar, por tanto, ante una situación en la que se favorezca el retorno de la producción a los países más desarrollados, invirtiéndose la tendencia de los últimos años. Además, el propio modelo productivo se reestructurará al convivir la producción en serie con otros modelos de producción de menor escala, e incluso con la fabricación artesana en la que la mano de obra es casi exclusivamente humana.
- **El fenómeno afectará de forma diferente a las diferentes áreas del planeta.** De hecho, esto ha sido así ya en las últimas décadas con el desplazamiento de gran cantidad de puestos de trabajo a zonas con costes salariales inferiores. En este caso la situación podría ser la inversa, ya que con la automatización de actividades el atractivo de un país por el bajo salario será cada vez inferior, y otros factores, como un entramado de profesionales capaces de mantener empresas mucho más tecnificadas, podrían ser más importantes que un modelo de salarios bajos. De nuevo, un sistema educativo que sea flexible y que se adapte a las nuevas necesidades es fundamental para distinguir las zonas que se beneficiaron con este cambio de aquellas que saldrán perjudicadas.

Se debe añadir a este análisis la siguiente reflexión: aunque existan puntos de consenso entre los expertos acerca de cómo va a evolucionar el mercado de trabajo e incluso la sociedad en general debido al despliegue masivo de sistemas inteligentes, se debe siempre tener en cuenta que el futuro no está

escrito en piedra. Las administraciones, el resto de agentes y la sociedad en general seremos los que definitivamente iremos encajando los avances tecnológicos y los cambios sociales de la forma que sea más interesante para nosotros. Consideramos que el presente estudio tiene interés porque muestra al público en general un dibujo global sobre cómo puede evolucionar el trabajo en el futuro, explicando diferentes opciones y sus implicaciones. Este conocimiento es interesante para crear conciencia entre los agentes que operan en la sociedad sobre los grandes beneficios que puede suponer este movimiento, pero también de los posibles riesgos. Creemos que es un documento interesante para fomentar un debate que pueda conducir a buscar una forma de construir el futuro en la que se tenga en cuenta el mayor número de puntos de vista.

Transcripción del encuentro de expertos sobre trabajo inteligente

Para la realización de este informe sobre *El trabajo en un mundo de sistemas inteligentes*, Fundación Telefónica ha contado con la colaboración de un grupo de expertos que se reunió el 8 de abril de 2015 para debatir y compartir sus impresiones y conocimiento sobre la materia. Este apartado recoge la transcripción literal de las intervenciones de los expertos durante dicha reunión. Cada experto intervino individualmente para compartir su punto de vista sobre un borrador del estudio y una serie de preguntas que se les realizó en función de cada una de sus áreas de especialidad. Posteriormente, se abrió un turno de debate entre todos los participantes.

Imagen 8.1 Participantes



Antonio Castillo. Moderador del debate: En el panel de expertos se han conjugado diferentes puntos de vista. Por un lado, la tecnología en estado más puro, desde el punto de vista académico, con una visión a largo plazo, que nos deberían dar nuestros invitados del mundo universitario, que son Aníbal Figueiras, de la Universidad Carlos III, y Senén Barro, de la Universidad de Santiago de Compostela. Desde el punto de vista de las empresas que tienen que poner la tecnología en el mercado, contamos con dos empresas punteras en el trabajo inteligente: IBM y Microsoft.

Por otro lado, contamos con quienes tienen que observar si el trabajo inteligente va a cambiar las capacidades de los trabajadores y, en general, de los que van a «sufrir» de alguna manera estos avances tecnológicos. Presentaremos tres aspectos sobre el tema: uno, el que nos dará Francisco Javier García Vieira, desde Red.es, ¿tenemos capacidad para ir asimilando este cambio?; dos, el de Purificación Paniagua, de Pedersen & Partners, para ver si las industrias están trasladando este cambio a los perfiles cuando buscan nuevo personal, y, tres, el de Marta Machicot, en representación de Telefónica, que se ocupa de la gestión del talento.

Imagen 8.2 Antonio Castillo**Senén Barro**

Presidente de Red Emprendia y catedrático de la Universidad de Santiago de Compostela

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención

Nos enfrentáramos a un cambio en el mercado laboral sin precedentes en la historia ya que hasta ahora la automatización de actividades y la sustitución de empleados por máquinas se han producido en los segmentos de empleados poco formados. Según se presenta en este monográfico, esto está cambiando y empieza a afectar al mundo de las personas con elevada formación, por ejemplo, con formación universitaria. Ante esta situación la reacción de las universidades se antoja fundamental para que los nuevos titulados puedan adaptarse al nuevo entorno laboral.

Desde el punto de vista de evolución tecnológica, ¿nos encaminamos hacia un futuro de automatización «solo máquina» o más bien a uno en el que las personas se apoyan fuertemente en «máquinas» para hacer su trabajo?

Los nuevos grados que se han creado ¿están orientados a cubrir la demanda de los nuevos perfiles que se necesitarán en el trabajo? ¿Existe la posibilidad de que los centros formativos de carácter privado lideren este cambio si hay una pasividad por parte de los centros públicos?

Primero, sobre si realmente las máquinas van a sustituirnos plenamente o existirán en las distintas tareas de trabajo a otro nivel, etc., yo, como gallego que soy, diré que «depende». Pero como soy un gallego atípico, intentaré explicar de qué depende.

Los factores que influyen en el trabajo y su automatización son múltiples, por tanto, la casuística va a ser casi ilimitada. Y quiero poner ejemplos. Hay una cuestión que va a marcar el desarrollo del tra-

Imagen 8.3 Senén Barro



bajo inteligente de forma muy clara: la relación coste-beneficio. Esto no es que lo vivamos con la irrupción de la inteligencia en máquinas, sino que lo hemos visto a lo largo del tiempo en muchos momentos y circunstancias. Quizás alguien me corrija, pero, si no recuerdo mal, cuando se introdujeron los procesos de cobro en los supermercados a través de códigos de barras, ya hace décadas, hubo algunos intentos de hacer el proceso absolutamente automatizado. Había tecnología, pero el coste de automatizar plenamente ese proceso era enorme. Sin embargo, se llegó a una solución de coexistencia de una parte automática, que es un lector de código de barras, un código que puede estamparse casi sobre cualquier superficie y prácticamente a coste cero, con otra en la que hay intervención humana —la persona que orienta el código de barras de cada producto hacia el lector—. Pasar los distintos productos delante del lector resulta tedioso y hasta puede que ahora no sea rentable, pero en aquel momento sin duda lo era por la relación coste-beneficio de la solución aportada. Este tipo de situaciones las vamos a ver constantemente. Cada día que pasa hay más tecnología y más capacidad tecnológica para sustituir labores manuales, incluso algunas con cierto componente intelectual. Hoy muchas más de las que se están poniendo en concurso en el mercado. Pero mientras no sea rentable, mientras no sea atractiva, no se utilizará. Esa es una razón, pero no la única razón de que haya más capacidad de automatización de tareas y trabajos que la que está implantada en el mundo.

En otros casos son razones que tienen que ver con la aceptación del usuario, del cliente. Un ejemplo claramente triste estos días es el de los pilotos automáticos. Hoy hay tecnología para que un avión despegue, vuele y aterrice de forma absolutamente automática. Pero por diversas razones no se está haciendo. Seguro que tiene que ver con temas de responsabilidad civil, seguros, legislación, cuestiones éticas, etc. Pero hay una razón muy poderosa que tiene que ver con el hecho de que no estamos preparados para aceptarlo.

Los coches de Google ya no llevan volante, ni freno, ni acelerador; no lo hacen porque vieron que a los pocos minutos la persona se desentiende completamente de ellos y deja de prestarles atención, lo que hace que no solo no sean útiles, sino que hasta probablemente serían un riesgo en muchas situa-

ciones, ya que significaría que tomaríamos el control en momentos críticos sin ninguna capacidad de reacción, incluso, cuando esa situación se produzca por un fallo del propio dispositivo.

Por tanto, yo creo que aquí vamos a seguir asistiendo a un proceso que en buena medida va a guiar el mercado. La tecnología en muchos casos es madura; tenemos más que la que estamos usando en procesos de resolución de tareas, de organización de trabajos, de todo tipo; pero la relación coste-beneficio irá marcando el desarrollo, junto con la aceptación de los usuarios y clientes.

Respecto al asunto de la educación, creo que ahí está la clave de bóveda. Gente que sabe mucho más que yo, como el premio Nobel de 2007, Eric Maskin, decía hace poco que no está claro cuál va a ser el impacto de la progresiva automatización del trabajo, por la ausencia de estudios y de conocimiento detallado sobre el tema. Sin embargo, lo que es evidente es que más que nunca lo más importante para afrontar este proceso es la educación. Yo creo que en este tema en España no lo estamos haciendo bien. Y lo voy a situar en dos ámbitos. En primer lugar, nuestro modelo educativo es muy mejorable, no está ajustado a lo que es la sociedad actual —fíjense que digo «sociedad», no hablo solo del mercado o las empresas— y no es un problema exclusivo de la educación superior, sino de todas las etapas educativas. Temas que tienen que ver con la toma de decisiones, con lo que podemos denominar de modo general «emprendimiento», y no solo hablo del emprendimiento empresarial, no son realmente atendidas por nuestro modelo educativo, que es más un modelo de memorización-reproducción que de ideación y acción. Eso es un problema. Y eso afecta también, lógicamente, al tema del trabajo inteligente. No a las TIC en particular, pero sí a la evolución del empleo, su tipología, la creación de empresas, etc., o la mejora desde dentro de cualquier tipo de institución u organismo, sea público o privado.

En segundo lugar, y entiendo que por ahí va la pregunta, ¿qué ocurre con la formación de carácter más técnico, más especializado y más ajustado a lo que pueden ser los perfiles profesionales que hoy se pueden estar demandando o que, previsiblemente, se demandarán? Yo creo que aquí España tampoco lo está haciendo del todo bien, pero yo me atrevería a decir que, de nuevo, no es solo un problema de las universidades. Es un problema derivado también de la política universitaria, hecha siempre de coyunturas, y yo diría que hasta de nuestro contexto socioeconómico.

A pesar de que hemos tenido una gran oportunidad de hacer un replanteamiento profundo de la educación superior, tanto en cometidos como en contenidos, y hasta de continente, al hilo del denominado proceso de Bolonia, al final no hemos hecho gran cosa. Las titulaciones siguen siendo de corte clásico: Informática, Telecomunicaciones —hablo de las TIC—, si acaso con cierta renovación de las materias, pero no ha habido grandes cambios. No tenemos una oferta diversificada que atienda a lo que son ya nuevas demandas de los empleadores o a las que puedan serlo en un futuro ya próximo. Si acaso, la mayor diversificación viene de la mano de la denominada «oferta propia», o «títulos propios», porque no está sujeta a las rigideces, explícitas o implícitas, de la oferta oficial, en la que se tiende a ofertar títulos muy estables en el tiempo.

Creo que no estamos realmente en línea con otros países y con las demandas incluso en el nuestro, y tiene que haber un cambio profundo en ese sentido. Fijémonos, por ejemplo, en países como Estados Unidos, Reino Unido, Portugal, que tienen una organización de los títulos universitarios bastante mejor que la nuestra; por ejemplo, en el ámbito de las TIC, incluso en los grados, ellos tienen una oferta mucho más diversificada.

En España, en general, podemos decir que la calidad de la oferta es sensiblemente mejor en las universidades públicas, pero las universidades privadas son más sensibles al mercado, están diversificando más su oferta, en grados sobre todo y másteres, ya que en general no ofertan doctorados o lo hacen con una oferta muy limitada. A esto se une, y lo refuerza a la vez, el hecho de que, en general, el tejido productivo español, en particular en el sector de las TIC, es también muy conservador en cuanto a la demanda de perfiles profesionales.

Alfred Escala

Vicepresidente de Soluciones Industriales de IBM

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención

IBM siempre ha destacado por invertir en el desarrollo de sistemas inteligentes a los que se les plantean desafíos de competir con personas; sucedió con Deep Blue, que consiguió derrotar al entonces campeón del mundo Garri Kaspárov o con Watson, que también consiguió derrotar a participantes estrella en el concurso de preguntas *Jeopardy!*

¿Hasta qué punto estas experiencias son extrapolables a otras actividades que se realizan en los puestos de trabajo? ¿Cuál es vuestra visión de la potencialidad de estas técnicas y herramientas a corto, medio y largo plazo? ¿Podremos ver un sistema como Watson como CEO de una compañía?

¿Qué sectores pueden verse beneficiados en función de lo que realmente va a permitir la tecnología?

¿Qué otras metas relacionadas con sistemas inteligentes tiene IBM en mente actualmente?

Imagen 8.4 Alfred Escala



En IBM hay dos áreas distintas. Una que procede del ámbito de investigación de IBM *Research* y que ya está aplicándose en el mundo empresarial o en las distintas industrias, que se conoce como tecnologías de computación cognitiva IBM Watson. Este sistema surge en el año 2006 fruto del trabajo del equipo de investigación en tecnologías *DeepQA*, liderado por un científico de IBM, el doctor David Ferrucci. En ese momento IBM se planteó como reto crear un sistema de *DeepQA* que fuera capaz de competir en el famoso concurso de televisión de Estados Unidos, *Jeopardy!* Este programa es parecido al concurso español *Saber y ganar*, donde se proporcionan pistas al concursante y a partir de estas tiene que adivinar la pregunta (es decir, dar la respuesta pero en formato de pregunta). Con este objetivo el equipo de Ferrucci empezó a trabajar con el sistema, que con el tiempo se ha ido perfeccionando. Se trata de un sistema que tiene muchas capas: una primera capa de *Natural Language Processing* o reconocimiento del lenguaje natural, ya que las preguntas que se planteaban en *Jeopardy!* incluían pistas y el sistema tenía que ser capaz de entenderlas. Además, el sistema ha de acceder a un *corpus* de información, que es la clave, a través de una serie de algoritmos de búsqueda y generar un conjunto de hipótesis, de posibles respuestas. Posteriormente, a través del sistema de *Massive Learning* y a través de sistemas de *Scoring* con un intervalo de confianza, el sistema llega a dar la respuesta. Con estas tecnologías se construyó IBM Watson, que fue capaz de ganar a los dos mejores concursantes de *Jeopardy!*

Con un sistema con esas capacidades embebidas, nos pusimos a ver cómo trasladar esta tecnología a las industrias y aportarles valor. En un principio, se empezó a trabajar en el área de la medicina. La medicina tiene un conjunto enorme de información no estructurada, de conocimiento, que además va avanzando de forma, si no exponencial, sí muy importante. Y, por otra parte, los tratamientos médicos cada vez son más diversos. Con este contexto se empezó a trabajar con el Memorial Sloan Kettering Cancer Center. El director médico de esta organización es Josep Baselga, que lo explica muy bien: «Cuando yo empecé hace treinta años a ser interno en oncología existía “el libro” de oncología, es decir, el gurú, y todos los internos nos “empollábamos” el libro. Había cuatro tratamientos, pero ahora tenemos 80 tratamientos distintos, y vamos a ir a por 800, y al final no habrá enfermedades, sino enfermos. Tenemos que ir a particularizar los tratamientos para cada uno de los enfermos». Por ello necesitamos un sistema, esta es la clave, que nos ayude a navegar y que nos guíe por todo este nuevo conocimiento.

El doctor Baselga lo compara con el GPS: «Necesitamos un GPS que nos ayude. Porque al final es el oncólogo el que es el responsable del diagnóstico, del tratamiento». Pero con la cantidad de conocimiento e información que hay accesible, es imposible que el oncólogo, que no está sujeto a Ley de Moore, sea capaz de conocerla en su totalidad.

Por lo tanto, es necesario un sistema de inteligencia artificial que ayude y guíe a estos profesionales en la toma de decisiones y que permita digerir toda esta información para proponer distintas hipótesis, basadas en razonamientos muy determinados, explicando esos razonamientos. A partir de ahí el oncólogo decide cuál es la vía que adoptar. O si el intervalo de confianza entre las distintas opciones no es suficiente, puede pedir más pruebas o ensayos clínicos para llegar a tomar una decisión.

A partir de aquí hemos ido estudiando otras aplicaciones. Cuando observamos el mundo empresarial, vemos que hemos automatizado las tareas mecánicas, repetitivas, pero no hemos sido capaces de automatizar las tareas que dependían de contextualización, las tareas que se basaban en conocimiento, en gran cantidad de información no estructurada, etc. La nueva oleada tecnológica vendrá de la automatización de esas tareas. Esto es lo que estamos viendo.

El proyecto que estamos haciendo en concreto en España con CaixaBank e IBM Watson consiste precisamente en automatizar tareas en temas de mucho *expertise*, como es la gestión del comercio exterior.

Con estos sistemas y con un corpus de información (es uno de los elementos clave), y con mucha inversión en I+D, se pueden llegar a automatizar este tipo de procesos. Y ahí es donde puede residir el valor.

Este es el mundo que ya está en marcha y ya está llegando. Después hay otra área, que está todavía en el ámbito de IBM Research y que yo conozco menos. Se trata del famoso chip sináptico de IBM, que intenta reproducir los procesos de sinapsis neuronal, que también son procesos uno y cero. Esto se encuentra todavía más en el mundo de la investigación; vamos a ver cómo evoluciona y cómo se relaciona con estos otros sistemas y con estas soluciones específicas para distintas industrias o distintos procesos.

Hay algunas industrias donde la aplicación es clara: medicina, derecho, todos los procesos basados en conocimiento y que con ese conocimiento se pueda alimentar un corpus de información, que a través de tecnologías como IBM Watson se puede llegar a democratizar. Son estas las industrias donde claramente estos sistemas, estas soluciones, aportarán mayor valor. Y el debate interesante es ver cómo van a cambiar los trabajos, los perfiles y las capacidades cuando esto se tenga estructurado o ya mecanizado.

Salvador Pérez Crespo. Telefónica I+D. Observatorio Tecnológico de Telefónica: Estáis hablando de una persona que está siendo ayudada por un ordenador, pero ¿contempláis escenarios en los que esa persona dejará de ser necesaria?

Imagen 8.5 Salvador Pérez Crespo



Alfred Escala: En algunos procesos el ordenador puede ser como ese GPS que te guía; en otros procesos, por ejemplo, en la atención telefónica o la interacción con el usuario, puede ser que el propio sistema inteligente interactúe con el usuario. De hecho, la visión que tenemos es que en lo que llamamos el mundo de *Systems of Engagement* —es decir, aquellas áreas donde las empresas interactúan asiduamente con otros— estos sistemas tendrán un gran desarrollo por su capacidad de optimizar costes.

Salvador Pérez Crespo: ¿Y lo que diferencia un trabajo de otro es un problema tecnológico?

Alfred Escala: Yo no lo veo tanto un problema tecnológico. Otra cosa es que la tecnología esté lo suficientemente adaptada, pero no es un problema tecnológico.

Yo creo que hay dos aspectos importantes. Uno es un tema de costes y eficiencia, y otro, un tema de implicación. Voy a tratar de explicarlo.

Un compañero nuestro, cuando hablaba de automatizar la banca, decía: «*Banking is transactional, but money is emotional*». Él decía que por supuesto que las oficinas bancarias se han de cambiar, pero que nadie se plantee automatizarlas totalmente porque al final hay un componente emocional importante. Si tenemos en cuenta esto, en temas tan delicados como pueden ser los relacionados con la oncología o los de asesoramiento legal en los que estemos interactuando con un sistema, se va a requerir de una interacción humana.

Pero en otros procesos, como, por ejemplo, el caso de los veteranos de Estados Unidos, donde un usuario quiere saber todo el «papeleo» que tiene que hacer para trasladarse de Ohio a Texas, o si la póliza que tiene «aquí» se la convalidan «allí», es decir, más transaccionales, será muy posible interactuar con un sistema.

Francisco Javier García Vieira

Director de Servicios Públicos Digitales de Red.es

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención

El impacto de los sistemas inteligentes en el ámbito laboral será muy importante y afectará a las organizaciones de diferentes formas. En la manera en la que se trabaja, en las relaciones laborales, las estructuras jerárquicas, en cómo se ofrece el servicio al cliente, etc.

¿Posee España una infraestructura digital que favorezca la implantación de tecnologías de automatización avanzada en los puestos tanto públicos como privados?

¿Es consciente la Administración de que los incrementos de productividad van a venir sin duda de la mano de estas nuevas tecnologías?

¿Existen planes concretos?

Imagen 8.6 Francisco Javier García Vieira



Yo antes, viendo el documento y después de escuchar las intervenciones anteriores, me gustaría centrarme un poco más. Se trata de ver cómo la tecnología va modificando el mercado laboral, eliminando ya no solo tareas de poco valor, fáciles de automatizar, tareas muy procedimentadas, en las que es sencillo que una máquina proceda a la sustitución de trabajadores, sino también de otro tipo, llamadas de «cuello blanco», que requieren otro tipo de formación mucho más extensa de las personas y que tradicionalmente no se ha pensado que sean tan fáciles de sustituir.

Luego veo en el informe la tabla de perspectivas de evolución de los trabajos y cuáles tienen más probabilidad de ser sustituidos y cuáles menos, y realmente los que se plantean con más probabilidad de ser automatizados siguen teniendo un importante componente de tareas de poco valor. Y en cambio, los que se consideran todavía a salvo son tareas que también nos vienen a la mente del sector servicios, del sector sanitario, o que tienen que ver con servicios públicos, como educación y demás. Nos han estado hablando de si el coste es importante en el tema de si al cajero o cajera del supermercado no se le sustituye por un sistema automático. Es decir, todavía ese trabajo humano es de tan bajo coste que no compensa sustituirlo por máquinas.

En el tema del Watson, yo lo que veo más bien es que se abren nuevas posibilidades; antes no había capacidad de hacer un tratamiento de una información tan masiva, no había técnicas de *big data* para coger esa información desestructurada y ofrecerla al personal sanitario. Porque ahora tengo una máquina que me ofrece consejos, o me da información, la sintetiza, particulariza para el caso concreto que yo tengo delante y yo sígo siendo el que toma la decisión y, por supuesto, el que interviene.

Entonces, en ese caso, ya no se trata tanto del coste como de un nuevo campo, que antes no existía, porque toda esa información antes era inaccesible. Hace diez años igual, pero aquello no dejaba una traza, no quedaba un repositorio que pudiese luego aprovecharlo. Eso es una cosa distinta; no lo veo tanto una sustitución como un campo nuevo donde todo estaba oscuro y se ilumina, y nos permite tener nuevos *inputs*, o nuevos datos para trabajar de tal manera que se mejora la eficacia de esos profesionales a la hora de prestar ese servicio, de los profesionales jurídicos que tienen toda la jurisprudencia procesada y que tienen un sistema que les puede aportar una serie de consejos, o de profesionales sanitarios o de otros profesionales de otros campos. Yo no lo veo tanto una sustitución en ese caso concreto, sino un descubrimiento de una nueva forma de trabajar, o un nuevo nicho o campo.

Salvador Pérez Crespo: Piensa que ese trabajo lo hacen personas; los bufetes de abogados están plagados de pasantes que hacen ya ese trabajo.

Francisco Javier García Vieira: Sí, pero volvemos a sustituir tareas que se pueden procedimentar, que se pueden automatizar; no hay todavía un cambio tan drástico como el que se pretende plantear. Y por supuesto, en el caso del supermercado, en el caso de personas que están haciendo esa búsqueda, en el caso de los sistemas de teleoperador, ya están automatizados; ahora estamos dando un «pasito» más, automatizamos más tareas porque la máquina puede recabar más información y crear respuesta para más casos. Pero el modelo de cambio radical en el que no solo el trabajo de poco coste es automatizado, sino que prácticamente toda la escala de profesiones se ve amenazada, yo todavía no lo veo tan claro. A eso todavía le falta, por razones tecnológicas y por las razones que exponíais al comienzo de la sesión.

¿Qué estamos tratando de hacer en ese sentido? Yo creo que tienen una doble faceta todas las políticas públicas en temas de la Sociedad de la Información desde hace ya muchos años. Donde yo trabajo, se advierte sobre todo que las tecnologías de la información primero son un factor de mejora de la productividad y la eficiencia. Hay otro aspecto que es cómo fomentar que el tejido empresarial y, por tanto, la sociedad en general se beneficie de esto; esto son las políticas de apoyo a la introducción de la tecnología en todos los ámbitos de la empresa, del trabajo, del emprendimiento, etc. Sobre esto se han venido haciendo con distinto éxito políticas también desde hace ya bastante tiempo.

Todas estas cosas no son sencillas; hacen falta muchos elementos para conseguir que el número de empresas tecnológicas aumente, que tenga un mercado suficientemente grande, que pueda crecer; y creo que la clave o la respuesta a eso no es fácil de encontrar. Se hacen políticas que intentan estimular esto desde el punto de vista financiero, ayudas fiscales, con las teclas que las distintas administraciones tienen para tratar de implantarlo. Sí que hay una tecla importante que es la de la educación: en los niveles inferiores de primaria y secundaria, y luego en el nivel de la educación superior.

Las políticas de introducción de las TIC en la educación que se han llevado a cabo en todos estos años sí han tenido en todos los casos, aunque con matices, la idea de introducir las tecnologías de la información en el sistema educativo como algo importante para mejorar la productividad de dicho sistema, por un lado, y para familiarizar a toda esa población, que en un futuro pasará a ser parte activa del mercado laboral, con estos medios. No es cierto que eso se haya dejado de lado, es un continuo; nosotros no hemos dejado de trabajar con las administraciones educativas en este campo desde la creación de la entidad. De hecho, es el campo que más recursos, más tiempo, más financiación y más trabajo ha absorbido por nuestra parte. Es un campo en el que medir los resultados es muy difícil; requiere mucho tiempo.

En España, la enseñanza está compuesta por una población muy grande de profesores con un perfil muy variado, con un alto porcentaje de ellos más proclives a evolucionar en su forma de trabajar, y otros más resistentes. Es normal.

Pero el esfuerzo, tanto en primaria y secundaria como en tratar de impulsar el emprendimiento en las empresas tecnológicas, como en tratar de modernizar la propia Administración, sigue estando ahí, de distintas maneras, con distintos enfoques, con distintos matices desde el punto de vista de las diferentes administraciones, pero creo que es algo bastante horizontal, incluso a todas las opciones políticas; hay poca discrepancia en este terreno, afortunadamente. Ese esfuerzo se mantiene y se va a mantener.

El tema de prepararse para una revolución tan profunda como se plantea aquí, sinceramente creo que es difícil, porque ni tan siquiera son ciertos los plazos o las formas; ¿cómo hay que preparar a un profesional para que dentro de veinte o treinta años esté en condiciones de desenvolverse en este entorno? Parece que hay que preparar al profesional sanitario para utilizar otras herramientas de apoyo a su tarea que le van a proporcionar una información que hace diez años no podía tener. Pero más allá de ese tipo de cambios, la modificación total del modelo de mercado de trabajo, ¿cuál va a ser? Sobre todo, teniendo en cuenta que, volviendo a la propuesta política de destinar 1.000 millones de euros a crear empleo basado en el conocimiento, si el empleo de baja cualificación hemos decidido que no es el modelo que queremos mantener porque además se va fuera, se descentraliza, se deslocaliza y no podemos conservarlo aquí como aquel que está anclado en nuestro territorio. Si queremos evolucionar a otro modelo económico basado más en la economía del conocimiento —y ahora resulta que tenemos la amenaza de que esa economía del conocimiento también va a cambiar de forma sustancial y esos nichos de empleo también se van a ver reducidos por esa evolución de las máquinas inteligentes—, hay que tener muy claro cómo y cuándo se va a producir esta evolución para plantearse qué camino se puede o se quiere seguir. Yo creo que a esto le falta bastante aterrizaje antes de que alguien se pueda plantear qué camino seguir y que este lleve a algún lado. Tomar decisiones demasiado rápido en cuanto al modelo educativo basado en esta posible evolución creo que es precipitado, ya que no se cuenta con toda la información necesaria para hacerlo.

Purificación Paniagua

Client Partner en Pedersen & Partners

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención

La automatización del trabajo amenaza con provocar un cambio radical en los perfiles demandados por las empresas. En la actualidad este cambio ya se está produciendo y, por ejemplo, cada vez se requieren más expertos con habilidades en el manejo de datos.

¿Se están demandado ya perfiles orientados hacia esa futura automatización del trabajo del conocimiento?

En las entrevistas a ejecutivos, ¿observáis que existe un interés en capacitarse en estas nuevas competencias y perfiles?

¿Piensas que se producirá un escenario en el que se divida el mercado en dos grandes grupos: uno de desempleados con pocas posibilidades de encontrar un empleo y otro de trabajadores altamente de-seados con elevados salarios?

Imagen 8.7 Purificación Paniagua



Me gustaría empezar por lo tercero. Yo, y creo que en esto estoy un poco en contra a lo dicho por Francisco Javier, sí que veo un cambio inevitable, continuo y que está generando un desempleo en ciertos estamentos de nuestra pirámide de empleo, y, en el fondo, esto ya está aquí. Empezó hace diez o quince años, cuando deslocalizamos grandes grupos de producción que se fueron a Asia; puras tareas meramente productivas. Empezamos con el *outsourcing* tecnológico en las empresas de IT, que quitó muchos puestos de trabajo o cambió a parte de esa pirámide, y eso ha obligado a cambiar el valor que nosotros aportamos al país. Pero yo, por ejemplo, pienso que en los últimos años, dada la idiosincrasia o el tipo de país que es España, en el que hay muy pocas multinacionales, lo que nos pasa es que las grandes multinacionales —en gran consumo quizá fueran uno de los primeros sectores— están centralizando en ciertos *hubs* en cada región las capacidades de gestión y de análisis, y en ciertos países como España están dejando los roles ejecutivos. Es que, para un director de marketing o financiero que tenga cuarenta o cuarenta y cinco años, cada vez hay menos posibilidades, porque en España lo que prefieren las multinacionales es tener una persona de veintiocho, treinta dos o treinta y cinco años que puramente ejecute. Y esto tiene que ver con la tecnología. Y ese cambio ya está aquí. La tecnología está produciendo que cambiemos los roles porque las compañías tienen que ser eficientes y reestructurar sus organizaciones.

Uno de los problemas que tenemos y que planteaba a la hora de qué poder hablar es que, en este sentido, España es diferente. La situación sería muy distinta si fuéramos Francia, Alemania o Estados Unidos. Probablemente la cultura empresarial de esos países es muy distinta a la nuestra. No tenemos muchas multinacionales, lo cual es un problema, y en la crisis nos hemos visto más afectados que Francia, por ejemplo. En este sentido, vemos que las empresas son muy lentas en incorporar perfiles tecnológicos avanzados, es decir, *chief digital officer*, que es un rol que en el mercado norteamericano ya lleva dos o tres años, y que en la mayoría de las empresas, multinacionales o grandes corporaciones están incorporando. Aquí, estos días me han pedido un rol parecido por primera vez. Luego, cuando nos sentamos a hablar con el cliente, no sabe lo que quiere, pero realmente lo que quiere es entender lo que está haciendo la competencia. Somos un país conservador, no arriesgamos demasiado y vamos por detrás en implantación de la tecnología.

Esto es lo que estamos viviendo. Creo que hay un desempleo causado por los cambios tecnológicos, pienso que es una ola imparable. A veces no se habla del mercado, pero gran parte del desempleo que tenemos está causado porque hemos perdido capacidad y estructura empresarial que no va a volver. En las últimas décadas ha desaparecido gran parte de la capacidad productiva española porque hemos llevado las empresas a zonas en las que hemos deslocalizado, y, ahora, en las filiales de las multinacionales tenemos la siguiente ola en la que nos estamos quedando con personas que no razonan sino que ejecutan. Tenemos que conocerlo porque sí que afecta mucho al tipo de perfil que tenemos que preparar para que trabaje en nuestras compañías; creo que la educación es fundamental.

Yo quería hablar también de la educación y quería introducir un matiz que es algo diferente de lo que ha comentado Senén. En el fondo no es solo la educación universitaria; al final hay una serie de conocimientos técnicos o habilidades. Nosotros, cuando buscamos ejecutivos, valoramos conocimientos técnicos y las actitudes o habilidades y siempre decimos que las empresas contratan por capacidad o conocimiento técnico y despiden por actitud o habilidad.

Lo que me parece es que la evolución tecnológica va a hacer que los conocimientos puramente técnicos sean menos importantes que las habilidades o actitudes que tenga esta persona. Es decir, que tengamos personas versátiles, con capacidad para predecir los cambios, para anticiparse a ellos, con agilidad, con el famoso pensamiento lateral.

Creo que esas habilidades o actitudes son más útiles en nuestros adolescentes que las capacidades técnicas que les podamos enseñar en una licenciatura de cinco años. El tema es que eso no se aprende en la universidad; eso se aprende en la primaria, en la secundaria y en la familia.

Los niños y adolescentes de hoy son una generación que maneja la tecnología, pero me preocupa que, por ejemplo, lo que ellos sacan de todo eso es inmediatez. No estamos haciendo el esfuerzo por pensar qué valores, actitudes, capacidades tenemos que dar a nuestros chavales para que el día de mañana sean útiles. Saben mucho de tecnología, pero en el fondo van a la inmediatez y a lo fácil. Creo que deberíamos hacer un esfuerzo en esa formación.

No sé si he respondido, pero básicamente creo que en *skills* vamos muy detrás en comparación con otras geografías; están empezando a pedirse perfiles con cierta especialización. La gente sí está preocupada por formarse y creo que esto va a ser exponencial. Y sí que creo que hay un desempleo causa-

do directa o indirectamente por la tecnología. La educación tecnológica es fundamental en primaria y secundaria, más que en la universidad.

Javier Carbonell. Telefónica I+D. Observatorio Tecnológico de Telefónica: Siempre se habla del desempleo. Estamos centrándonos en cómo está aumentando el desempleo. Pero también en el informe se habla de nuevos trabajos, tecnologías, ¿no piensas que a largo plazo eso puede compensar de alguna manera? Porque siempre estas crisis han existido, y al final se acaba compensando de alguna forma.

Imagen 8.8 Javier Carbonell



Rafael Rivera. Socio Iclaves: Yo quisiera hacer un pequeño comentario sobre la preocupación por formarse, que según todos los datos y análisis internacionales, de la OCDE por ejemplo, sí que es cierto que existe esa preocupación, pero de la gente que ya tiene un alto nivel formativo. Eso es muy grave, porque estamos creando una brecha de conocimiento tremenda; es decir, en personas de más de cuarenta y tantos años, personas con baja formación, personas en paro, la preocupación por formarse disminuye de forma dramática.

Purificación Paniagua: Yo creo que también esto es instinto de supervivencia. Imagino que cuando nuestros ejecutivos quieran trabajar en marketing financiero y aquí no encuentren algo a los cuarenta porque nadie les demanda tendrán que reinventarse. Seguramente nos reinventaremos, pero no sé cómo. Por eso creo que es importante que seamos personas con capacidad de cambiar, que seamos versátiles.

Imagen 8.9 Rafael Rivera



Salvador Pérez Crespo: Eso ocurre en sistemas abiertos y no en sistemas cerrados. Cuando estamos globalizando, estamos convirtiendo sistemas abiertos en sistemas cerrados. Llega un punto en que eso que es posible en un sistema abierto, porque cuando te falla lo de adentro vas fuera, cuando llegas a convertirlo en un sistema global cerrado ya no hay por dónde crecer, entonces ya empieza a generarse desempleo.

Antonio Castillo: Yo creo que en estas cosas siempre hay que fijarse en el mercado laboral norteamericano. La brecha famosa que está produciéndose entre gente muy cualificada que tiene trabajo y gente muy poco cualificada que tiene trabajo y por dentro los del medio sin trabajo. Es el que se encuentra en medio el que tiene que reinventarse.

Rafael Rivera: Quizás nos estamos moviendo hacia el mercado norteamericano, porque lo que ocurre allí es que los costes fijos son mucho más bajos, y vamos a un modelo de costes variables. Pongamos, como ejemplo, el típico caso de las propinas de los camareros. Por eso en los bares de Estados Unidos te encuentras con docenas de camareros, porque al empleador no le cuestan nada. Y yo creo que es lo que estamos viendo en España, trabajos muy precarios donde se variabilizan los costes, y convertimos esa clase media a un nivel inferior, laboralmente hablando.

Francisco Javier García Vieira: Quiero matizar algo porque, quizás, no me he explicado bien antes. Yo estaba hablando de lo que puede suceder en veinte años. A mí me cuesta trabajo ver o anticipar qué tipo de perfiles o qué tipo de evolución de los perfiles harán falta dentro de veinte o treinta años, y el propio documento nos pone ejemplos que se dirigen hacia lo conocido, que es lo que se ha mencionado: o se va la fábrica a China o se deslocalizan las actividades de gestión y ejecución. Pero eso no sería tanto destruir ese puesto de trabajo, sino que se ha ido allí. Es cierto que los sistemas de infor-

mación y las redes de comunicaciones permiten que esté allí y no siga aquí. Pero eso ya está pasando ahora, eso yo creo que no es tanto el fenómeno del informe como una realidad ya indiscutible.

Purificación Paniagua: En España, el hecho de que no haya multinacionales, o que no haya grandes empresas —Telefónica es una excepción—, es que las empresas de aquí son muy cortoplacistas. Las empresas para hacer una inversión, como puede ser cambiar tecnológicamente su forma de trabajar, sus procedimientos, tienen que ver un retorno de la inversión muy claro; entonces vamos siempre por detrás.

Senén Barro: Cortoplacismo y conservadurismo. Por ejemplo, Finlandia, que tiene uno de los mejores modelos educativos del mundo, ya está replanteándose; ya están haciendo una reformulación de su modelo educativo. Están experimentando con modelos nuevos donde incluso las materias como tales van a desaparecer, y eso que ellos no las contemplan ya como compartimentos estancos, sino como contenidos transversales. Están empezando a experimentar con procesos en los que uno aprende sin trocear los contenidos ni el horario. Resulta que los que tienen el mejor modelo educativo del mundo dicen: «Esto cambia, tenemos unas tecnologías y una sociedad que las usa y ambos van cambiando, entonces, ¿cómo se aprende eso? ¿Cómo se enseña eso?».

Alejandro Díaz-Garreta. Director de Estrategia, Educación, Investigación y Publicaciones de Fundación Telefónica: Esto que mencionas es sobre todo personalizar, esto que siempre se ha dicho en las empresas «piensa en el cliente», aquí el cliente es el alumno, no todos tienen que aprender igual, que elijan lo que quieren hacer, etc. Luego también estaba pensando en Big Data. Justamente un cambio de modelo es que, si antes que había pocos datos importaba la calidad del dato, ahora que hay muchísimos datos, la calidad no importa porque con una cantidad muy grande puedes obtener resultados parecidos y tomar decisiones parecidas. Da la sensación de que nos vamos a despreocupar de pensar; hay que tener mucho cuidado, hay que educar en primaria y en secundaria en este ámbito.

Imagen 8.10 Alejandro Díaz Garreta



Marta Machicot

Directora de Recursos Humanos de Telefónica Digital

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención

Telefónica ha sido pionera en la automatización de muchas de sus actividades core, como la gestión y la supervisión de sus redes.

¿Cómo ha abordado Telefónica los cambios necesarios para llevar a cabo la transformación de las personas derivada de dichos procesos?

¿Qué dificultades se ha encontrado en este proceso y qué lecciones ha aprendido del mismo?

En Telefónica hemos abordado los cambios producidos por la automatización del trabajo con mucho cuidado y con mucho cariño, porque todos los cambios que supongan cambios de organización tienen un componente emocional muy alto. Me gustaría empezar recalcando que la historia de Telefónica ha sido una historia de transformación. Estamos abordando lo que supondrá la automatización del trabajo en el futuro, pero lo cierto es que llevamos trabajando en estos aspectos desde hace mucho tiempo. Ahora, dentro de la revolución digital, nos encontramos con que, por un lado, se aceleran todos estos cambios y, por tanto, tenemos que estar más preparados para ser más rápidos; y, por otro lado, estamos entrando en un entorno desconocido.

Imagen 8.11 Marta Machicot



El segundo punto que quisiera destacar es que en Telefónica todo esto de la inteligencia artificial nos impacta doblemente. Desde el punto de vista del modelo de negocio aspiramos a desarrollar intelligen-

cia artificial y desarrollar servicios a partir de esta inteligencia que nos permitan seguir creciendo y aportando nuevas soluciones a nuestros clientes. Desde el punto de vista organizativo, necesitamos ser más ágiles, y, por tanto, la automatización es un factor muy relevante.

El tercer gran mensaje es que la tecnología no crea desempleo, sino que crea nuevas profesiones. Es cierto que los empleos menos cualificados tienden a desaparecer al ser sustituidos por las máquinas; la tecnología de alguna manera nos ayuda a simplificar, eliminando capas. Con lo cual, el reto es ver cómo vas desarrollando los colectivos de menor cualificación para que puedan asumir nuevas funciones. Hablábamos del Big Data, que es un buen ejemplo de este fenómeno. Por un lado, estamos automatizando el manejo de la información y, por lo tanto, eliminando posiciones, pero también hay una demanda de nuevos perfiles profesionales capaces de identificar cómo se procesa esa información, cómo se estructura, cómo se plantea, y nuevas aplicaciones. En el campo del *big data* se están abriendo nuevas oportunidades profesionales.

Preguntabas cómo hemos abordado este proceso de cambio. Desde el punto de vista más general, los procesos de cambio en Telefónica nos han llevado a trabajar en dos grandes ámbitos. Sobre todo evolucionando perfiles internos, pero también incorporando nuevas capacidades que no teníamos internamente. Hemos puesto siempre mucho foco en la evolución de perfiles, porque nosotros hemos creído en el talento interno y, por lo tanto, trabajamos en dar oportunidades de desarrollo. La versatilidad es la clave, y la fomentamos desde diferentes ámbitos: a través de herramientas de autodesarrollo al alcance de todos los empleados, a través de los jefes, asegurando que trabajan con sus equipos en este proceso, y desde RR. HH. identificando a la gente de mayor potencial para hacerles un acompañamiento más personalizado y asegurar que desarrollamos nuestro mejor talento.

Pero dejarme que os dé más detalles sobre cómo abordamos esta transformación en procesos masivos que afectan a grandes colectivos. De repente te tienes que plantear que hay un colectivo de, por ejemplo, seiscientas personas que se quedan sin posición, ya que por la automatización de un proceso esa actividad deja de ser necesaria, y tienes que buscarles otra actividad diferente. Ahí la manera de abordarlo es, primero, identificar muy bien el colectivo que se verá afectado; después, trabajar mucho la segmentación de los perfiles. En esto, hemos aprendido mucho de las áreas comerciales; es muy interesante lo aplicables que son las tareas de segmentación de mercados en la parte interna. Después, tenemos que asegurar el mapear muy bien cuáles son los procesos formativos por los que tienen que pasar cada uno de esos colectivos. Y también lo que hacemos es focalizar la formación a corto plazo en los procesos concretos con que van a trabajar y las herramientas concretas que van a utilizar, para asegurar la transferencia rápida y que esas personas puedan ser operativas desde el principio. Y después incorporarlos en unas rutas formativas más a medio plazo para que todos ellos puedan después evolucionar dentro de esa nueva función.

Aquí los aprendizajes han sido muchos. El primero ha sido simplificar y focalizar la formación y hacerla muy práctica. Cuanto más acercas la formación a lo que tienen que hacer en el día a día, es mucho más efectivo.

El segundo aprendizaje ha sido dar mucha importancia a la gestión del cambio, especialmente a la comunicación. Las personas se sienten vulnerables cuando tienen que cambiar, y todos estos procesos afectan a las personas de perfiles menos cualificados y con menos recursos, que son mucho más difíciles de reubicar que personas con mayor cualificación. Hay que tener especial cuidado a la hora de co-

municar cuál es el proceso para clarificar las expectativas, pero además hay que acompañarles durante el proceso dándoles mucho apoyo; aunque se sienten vulnerables, en general todos quieren hacer bien su trabajo y necesitamos darles ciertos refuerzos para asegurar que sepan hacer bien su nuevo trabajo.

Tanto en la parte de formación como en la gestión del cambio, otro gran aprendizaje ha sido apoyarnos mucho en gente interna (agentes de cambio, formadores). Son gente de la organización, que compatibilizan estos roles de cambio con sus funciones profesionales; tenemos un colectivo amplísimo de gente que dedica parte de su tiempo de trabajo a ayudar a otros. En estos procesos de cambio son importantísimos porque aportan cercanía; muchas veces son ellos mismos los que han pasado por procesos de cambio o, en su defecto, han participado en otros procesos como formadores y, por lo tanto, también les da una garantía.

Los desafíos del futuro son dos: por un lado, cada vez los tiempos son más cortos y tenemos que reaccionar mucho más rápido; por otro lado, conforme vamos avanzando en la automatización, buscar actividades de baja cualificación para esas personas, actividades para las que les podamos reciclar en poco tiempo, es cada vez más difícil, por lo que debemos prepararnos para abordar esos cambios y buscar alternativas para las personas de difícil reubicación.

Cambiando al segundo eje del que hablaba al principio, la incorporación de capacidades, la problemática es totalmente diferente. Aquí la identificación comienza en la parte de innovación, áreas que se empiezan a desarrollar en el área de innovación y de investigación, pero que tienen la vocación de convertirse en negocio para la compañía.

Aquí el primer gran desafío es definir los perfiles; perfiles que son emergentes o incluso totalmente nuevos en mercado. El segundo desafío, una vez tenemos claridad sobre lo que necesitamos, es encontrar esos perfiles en el mercado, ya que en la mayoría de los casos son muy especialistas y muy escasos. Y el tercer gran desafío es asegurar el encaje de esos perfiles en una organización como la nuestra. Esos perfiles son habitualmente gente muy innovadora, creativa, que necesita espacio para crear y un entorno de trabajo muy flexible, y Telefónica es una compañía de proceso; por eso, encajar ambas realidades es complicado. Y es importantísimo asegurar la alineación entre todas esas nuevas áreas de producto con las áreas de comercialización y las de operaciones de provisión, porque al final todas estas innovaciones nacen con vocación de ser un servicio para el cliente. La verdad es que está siendo una travesía complicada pero muy interesante en la que todos estamos aprendiendo mucho.

Para encontrar estos perfiles estamos teniendo que acudir a diferentes entornos y abordar procesos diferentes de incorporación, complementarios a los procesos de búsqueda y selección. De hecho, uno de nuestros grandes nichos son las *start-ups*, así que al final nuestra aproximación al talento no solo es la tradicional de contratar gente, sino la de comprar *start-ups* o la de firmar colaboraciones con ellos o convertirnos en socios a través de una participación en su capital.

Para asegurar su retención, como decía, hemos evolucionado nuestro modelo de gestión para cubrir las necesidades de estos colectivos, que tienen otro tipo de patrones culturales, de modelos de trabajo, y hay que darles el espacio suficiente para que puedan motivarse; no están motivados por pertenecer a una empresa en la que pueden estar toda la vida, les motiva el proyecto y les motiva la capacidad de hacer cosas, con lo cual tienes que asegurar que creas ese entorno.

Mi mensaje final es que sí, estamos ante un gran cambio, y nos tenemos que preparar para esta revolución; los cambios se aceleran y tenemos que tener cuidado de que la ola no nos pase por encima. Hay un mundo apasionante por delante, sobre todo para las personas que tenemos la suerte de trabajar en el sector de la tecnología.

Para mí las claves son dos: la primera, la educación. Necesitamos una educación mucho más abierta, porque el modelo tradicional no nos está ayudando. Y la segunda, relacionada con las capacidades, es la apertura al cambio, conscientes de que, en el futuro, todo es y será incierto. Tenemos que entender que la carrera profesional es una ruta de aprendizaje en la que ir evolucionando para capturar todas las oportunidades.

José Bonnin Barrera

Developer eXperiences & Evangelism de Microsoft

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención

Microsoft también ha apostado por el desarrollo de sistemas inteligentes, por ejemplo, el asistente virtual Cortana, que aporta a los usuarios una nueva forma de relacionarse con los sistemas, potenciando el desarrollo del concepto de «inteligencia en el ambiente».

¿Qué sectores pueden verse beneficiados en función de lo que realmente va a permitir la tecnología?

¿Qué otras metas relacionadas con sistemas inteligentes tiene Microsoft en mente actualmente?

Imagen 8.12 José Bonnin Barrera



Me gustaría empezar mi intervención diciendo que el estatus actual de la tecnología que tenemos está mucho más avanzado de lo que pensamos y percibimos; al final, cuando estamos en medio de una revolución, sea cual sea, y la digital es una de ellas, muchas veces no somos conscientes del cambio que se está produciendo debido al contacto diario que tenemos con los agentes de cambio.

Por contextualizar lo que quería decir con relación a la evolución, en el informe se hace referencia a un espacio temporal bastante avanzando, yo creo que estamos mucho más cerca de lo que realmente pensamos y que la revolución está más avanzada también, no solo en la tecnología, sino también en lo que está sucediendo en las empresas.

Me gustaría hablar un poco de *machine learning*, porque es un área en la que en Microsoft hemos estado trabajando en los últimos veinte años. En el entorno de nuestra propia empresa, tras veinte años, se han ido incorporando multitud de productos. Por poner algunos ejemplos, tenemos una unidad de cibercrimen, y colaboramos con las principales agencias (el FBI, la Interpol). Básicamente, lo que estamos haciendo es evaluar veinticuatro terabytes de información a la hora para identificar riesgos de ciberseguridad. Esto nos ha permitido desmantelar *botnets*; farmacias ilegales que venden píldoras «mágicas»; desarrollar tecnologías como PhotoDNA, que permite reconocer imágenes de pornografía infantil y que evita el visionado de imágenes escabrosas y duras por parte de los investigadores.

Pensad cuánta información podíamos manejar en el pasado y la que podemos manejar ahora. Tenemos *machine learning* integrado en Kinect, que es un dispositivo conectado a Xbox que permite interactuar con dispositivos sin necesidad de utilizar las manos, puedes utilizar gestos, la voz, etc. El *software* que está utilizando Kinect está usando esta tecnología para el reconocimiento de gestos. La primera versión del dispositivo tan solo reconocía el esqueleto, los movimientos; la versión actual reconoce incluso las pulsaciones por minuto simplemente mirándote a la cara; es francamente brutal.

Una de las barreras que tenemos es la idiomática que tantos problemas da en España y que tanto se intenta modificar con la educación, como, por ejemplo, a través de los colegios bilingües. Imaginaos que pudiéramos eliminar estas barreras: que yo fuese hablando y se fuese traduciendo en tiempo real lo que estoy diciendo para que me pudiera entender con cualquier persona independientemente del idioma. Pues no es el futuro. Esto ya está aquí. Se llama Skype Translator, con el que yo puedo tener una conversación por Skype, no es tiempo real, es tiempo casi real, y te va traduciendo al tiempo que hablas. Hoy está disponible para español, inglés, francés, alemán, italiano y mandarín en voz; no es todavía una versión definitiva, pero es que escribiendo ya se soportan más de cincuenta idiomas diferentes.

También en dispositivos *wearables*, como Microsoft Band, en los que se utiliza *machine learning* para mejorar el reconocimiento de pulsaciones que realizan los sensores que lleva incorporados.

Esto es prueba de que hay multitud de escenarios, multitud de implementaciones de *machine learning*, de inteligencia artificial, que se está aplicando hoy y que habitualmente no vemos. Y esto son solo productos dentro de Microsoft. Tenemos muchos más. Está también el reconocimiento de escritura en los teclados de nuestros dispositivos, el One Drive (almacenamiento de información en la nube que es capaz hasta de etiquetar fotos automáticamente). Todo esto no es tecnología del futuro, sino que ya está aquí en productos que usamos en nuestro día a día.

Hay un caso que a mí me hace mucha gracia. Es el de las vacas conectadas, las *Connected Cows*. La vaca conectada es un proyecto que realizamos en colaboración con Fujitsu, que consiste en una pulseira en la que se le miden los pasos a la vaca, que, en base a unos algoritmos, permiten predecir el nivel de estrógenos que tiene la vaca y saber cuál es el momento ideal de fecundación de la vaca. Pero también somos capaces de decir si queremos machos o queremos hembras. También somos capaces de predecir hasta ocho patologías diferentes. Esto ya representa una transformación en los puestos de trabajo; claramente no elimina la profesión del ganadero o del veterinario, pero sin duda la transforma y en algunos casos incluso la sustituye en algunos de los escenarios en los que ya se está utilizando este dispositivo.

Por otro lado, uno de los aspectos que estaba en el informe tiene que ver con un proyecto que hemos hecho con Scania en Suecia y Sudamérica, donde lo que se está haciendo es optimizar la eficiencia de los diferentes procesos involucrados en el transporte de minerales extraídos en minas. Básicamente, Scania ha creado un panel de control remoto —ya no hay un capataz que esté vigilando— en el que se va evaluando al segundo diferentes indicadores de los cuarenta mil camiones conectados, se mide cuáles son los movimientos que realizan, los tiempos que están utilizando los conductores para los cambios de turnos; se está haciendo un mantenimiento predictivo de las máquinas, de manera que se reducen los costes de inspección, porque se predice con cierto nivel de precisión cuándo se va a romper.

A nadie le sorprendería que el siguiente paso fuese automatizar también la conducción. Y eso no es tecnología de Microsoft, pero el transporte automatizado de mercancías ya existe hoy en el puerto de Corea.

Toda esta tecnología implica una transformación en la sociedad y en los perfiles profesionales solicitados. Para esto me voy a centrar en la experiencia de Microsoft.

En una empresa en la que existen tantos procesos de *big data*, de *machine learning*, al final cambia un poco el perfil de los profesionales que tiene la empresa. Si uno va al portal de empleo de Microsoft, hay quinientas posiciones abiertas en todo el mundo para equipos totalmente diferentes relacionados con estos ámbitos. Uno de los primeros cambios que vimos es cómo el *Data Scientist* ha ido modificando otros puestos en la compañía, un claro ejemplo ha sido en los puestos de marketing. En Microsoft existen hoy puestos especializados en *Data Marketing*, en los que se busca no el perfil de marketing habitual, sino el ingeniero de datos para procesar la información recogida de diferentes *inputs*, ya sea de comportamiento de usuarios o del uso que se hace de los productos. Esto lo estamos viendo tanto en la parte de marketing como en la de desarrollo del producto.

Esta transformación ya está aquí y ya existe. Si tuviera que centrarme en el próximo paso a dar sería la masificación del *machine learning*. Esto no es futuro, porque el producto ya existe y ya está en el mercado disponible para cualquiera. Este producto, Azure Machine Learning, busca incorporar todo el conocimiento de los veinte años que Microsoft lleva trabajando con *machine learning* para que cualquier persona, trabajando con los conceptos más básicos, sea capaz de crear sus propios modelos predictivos. La herramienta de edición se llama Azure Machine Learning Studio, y permite que cualquiera pueda trabajar en sus «experimentos», en un entorno colaborativo, desde la web, en cualquier ordenador puedes crear tus propios modelos. Hay ya un repositorio de algoritmos creados que compartimos desde Microsoft, y también para que cualquier *Data Scientist* pueda compartir su modelo o comercializarlo.

Esta herramienta, además, soluciona algunas de las complejidades que tiene el *machine learning*. Por ejemplo, hoy, si quieres generar tu propio modelo predictivo o cualquier modelo asociado al ML, el problema es cómo consumir ese modelo, cómo hacer uso de él. Desde el portal es tan fácil como publicar automáticamente una API que sirva tanto para conectar los datos como para consumir los resultados; ya no necesitas un experto para que te dé el resultado, sino que ahora lo necesitas tan solo para generar el modelo.

La revolución está mucho más cerca de lo que pensamos. Sí que hace falta un cambio de modelo educativo, y creo que hoy no estamos en el punto idóneo para eso; aunque sí creo que tenemos ejemplos en los que fijarnos. Una de las capacidades que en este sentido se trata en el informe es la de gente que tenga facilidad para adaptarse al cambio, que sea creativa, innovadora, que esté preparada para formarse constantemente a lo largo de su vida. Es exactamente lo que tienen que hacer la mayoría de los programadores de *software* hoy en día.

Otra de las cosas, en la que estoy de acuerdo con Senén, es que, a pesar de que creemos que la revolución ya está aquí, no lo vemos como una transformación radical, sino que vemos más una coexistencia, como es el caso de las cajas en los supermercados (tenemos una tecnología que nos permite automatizar el proceso de compra, pero seguimos necesitando cierta interacción humana para completar todo el proceso); y en algunos casos, como el del veterinario que comentaba anteriormente, puede desaparecer para escenarios determinados y muy acotados, pero eso no significa que vayan a desaparecer todos los veterinarios del mundo, porque se seguirán necesitando para otros entornos. Esta es nuestra visión: un mundo en el que coexisten procesos automatizados y puestos de trabajo que evolucionarán; lo vemos como una coexistencia frente a un cambio radical.

Antes hablábamos de que hay varios países que están reformando su modelo educativo; llegar a la universidad y no haber hecho la adaptación tecnológica significa que ya llegamos tarde. Hay muchas iniciativas de gente que lo está comprendiendo bien y lanza iniciativas para intentar implementar nuevos procesos o modelos educativos en primaria y en secundaria. Lo que tenemos que tratar de evitar es implantar la tecnología en la asignatura de tecnología, eso no es así, porque la tecnología es ambiental hoy en día. La tenemos alrededor nuestro y forma parte de nuestras vidas. Tenemos que conseguir introducir la tecnología de forma transversal en el resto de asignaturas, de manera que los niños la asimilen de forma natural para que sean capaces de aprender a manejar sistemas complejos en todos los entornos de su día a día, no solo en la clase de tecnología o computación.

Aníbal Figueiras

Catedrático de la Universidad Carlos III y miembro de la Real Academia de la Ingeniería

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención

Como toda novedad tecnológica, los primeros análisis suelen dibujar escenarios muy prometedores que solo el tiempo valida o anula. En particular, la inteligencia artificial es un área de conocimiento donde las decepciones han sido habituales en el pasado.

¿Qué grado de madurez tienen las tecnologías necesarias y cuánto tiempo puede ser necesario para su uso generalizado?

¿Cuál es la fiabilidad de los resultados inferidos en técnicas como el machine learning?

¿Qué actividades/tareas pueden verse beneficiadas, a corto y medio plazo, en función de lo que realmente va a permitir la tecnología?

Imagen 8.13 Aníbal Figueiras



Hay una serie de consideraciones que se podían haber hecho antes de que ocurriesen los excesos y evoluciones que nos llevaron a la situación actual. Es admirable que nos demos cuenta entrado el siglo XXI de que la realidad habla datos. Es curioso, no obstante, que si la realidad habla datos, no nos demos cuenta de que los seres humanos no somos los más apropiados para entender o captar esos datos. Nosotros estamos muy bien preparados para percibir información, aquellas porciones de la realidad que tienen la forma precisa para que nuestros sentidos respondan a ella, pero no con los datos. Somos relativamente malos con los números, con las cantidades, etc. Necesitamos herramientas cognitivas, como en su día necesitamos herramientas, y no hay diferencia de naturaleza entre unas y otras. Olvidemos el dualismo y las teorías que apuntan que una cosa es la mente y otra, el mundo físico; son el mismo tipo de cosas que difieren en los problemas y las aplicaciones en que se usan, y en las características de las herramientas. Si uno tuviese eso en cuenta, se evitaría sorpresas.

La realidad es compleja. Me preocupa sobre todo la concepción de la globalización entendida como algo geográfico y no de manera integral. Esto quiere decir que todos los aspectos de la vida social, los negocios, etc., están interconectados debido a esa complejidad. Significa que lo que ocurre en la indus-

tria teleco repercute en el transporte, lo que pasa en el ocio interviene en la computación, y así consecutivamente. Por eso es necesario entender cómo se relacionan las cosas.

Por ejemplo, una consecuencia de que la globalización sea integral es que la frase adecuada no es: «*The winner takes it all*»; la frase adecuada es: «*Losers lose all*», lo cual se debería tener en cuenta en Europa y España, porque el que gana siempre está expuesto, pero el que pierde no se recupera. De que eso se produzca tenemos culpa las personas, no la tecnología. Si fallamos educando a la gente, si fallamos construyendo sistemas de producción de trabajo, fallamos nosotros, no «las maquinitas»: estas te pueden ayudar, pero no te explicitan los modelos didácticos que hay que implantar. Por lo tanto, cambiemos eso.

Y efectivamente, mucho hay que hacer en el aspecto formativo. Entre otras cosas, como bien se ha sugerido aquí, hay que dejar que el niño pregunte y cometa disparates, y no cortarlo y darle reglas superfluas.

Yo me he pasado quince años enseñando creatividad en la universidad y he comprobado que es tarde, no es eficaz, sirve para poco, el efecto que uno consigue es limitadísimo. Mejor sería antes, o convenientemente dosificado de acuerdo con la edad.

Está muy bien la traducción automática. Pero en el lenguaje hablado, la información del contenido textual es aproximadamente del 10%. El resto es más o menos un 20% en la entonación, y alrededor del 70% para otro tipo de información, que depende de la persona, el contexto y los gestos. Ahora, estamos en los más elementales balbuceos del *machine learning*, porque —de momento— una máquina no sabe quién habla y en qué circunstancias habla y, por lo tanto, es incapaz de saber de qué está hablando y por qué lo dice, salvo que tuviese un amplio conocimiento de cada uno de los habitantes de la Tierra en cada instante de tiempo. Eso falta todavía, aunque se progresará.

También falta lo que yo llamo el *big learning*, no el *big data*. El *big learning* es aprender las cosas con los datos justos y de la mejor manera posible. Hay que tener cuidado con las aproximaciones porque son terreno propicio para que alguien manipule la información y se saquen las conclusiones inadecuadas. El ruido no es malo cuando se dispone de datos masivos, se puede, efectivamente, filtrar; otra cosa es el ruido inteligente, y el ruido inteligente, metido en datos masivos, puede producir errores extremadamente graves.

El conocimiento no deja de ser información almacenada en nuestra cabeza, pero lo que está claro es que ese conocimiento presenta unas características muy diferentes. Nosotros tenemos una memoria procedimental, que perfectamente pueden sustituir las máquinas. Tenemos una memoria factual, que perfectamente pueden sustituir las máquinas. Pero también disponemos de algunos tipos de memoria, como formas de memoria relacional variante, que las máquinas tienen serias dificultades para sustituir, tremendas dificultades. Ahí están las complicaciones del «aprendizaje máquina».

Por otra parte, los humanos somos extraordinariamente buenos con información limitada. Hay problemas que las máquinas no pueden resolver como nosotros, solo observando unos cuantos «números» o algunas mínimas cantidades de información, con razonable acierto. Que eso lo puedan suplir las máquinas en el futuro es discutible. Nuestros sentidos captan unos once millones de bits por segundo

y nuestra mente consciente solo procesa unos cincuenta bits por segundo; el resto lo procesa nuestra mente inconsciente. Lo que quiere decir que no sabemos lo que pasa, y, si no sabemos lo que pasa, mal vamos a poder reproducirlo.

¿Cómo de buenas son las máquinas? Depende de la dificultad de la tarea; pero, para que no crean que es cosa arbitraria, diré que lo marca la relación entre el número de ejemplos disponibles para entrenar la máquina y la dificultad del problema. Si el número de ejemplos fuese suficientemente grande, por muy difícil que sea el problema, se podría resolver con la tasa de éxito que uno pretendiese.

Mucho mayores son los problemas de seguridad. Se van a convertir en el principal riesgo en el desarrollo de sistemas máquina en un futuro no lejano. Todo el mundo va a poder introducir información, y muchos están en posición de introducir información malintencionada.

Una de las muestras de que «los perdedores lo pierden todo» es España, y la siguiente es el resto de los países europeos. Estamos en una situación delicadísima. O se pone límite a esa situación en diez o quince años, o hemos perdido completamente el tren. Yo no puedo predecir qué ocurrirá. A lo que animo a todo el mundo es a que se esmere en que la educación vaya en la dirección adecuada y no considere que es solo un problema de los profesionales de la educación y de los gobiernos, o un problema social abstracto. Y lo mismo en cuanto al aprovechamiento de la tecnología, porque hay pocas iniciativas. Por ejemplo, en ciertas líneas de integración humanos-máquinas sí, pero integración humanos-máquinas para tomar decisiones hay en pocos sitios. Hay capacidades para ello, hay grupos que tienen esas capacidades, lo que se debería aprovechar. También educar en esta línea.

A propósito de esto, y desde mi concepción de la educación, lo único que realmente protege la opción de trabajar son las capacidades cognitivas de los sujetos, y eso es lo que hay que desarrollar. También hay que enseñar a manejar las máquinas, como se enseña a la gente a conducir o a pulsar los botones del ascensor. Y a otros hay que enseñarles a diseñar las máquinas. Y ahí están los cambios: utilice usted aquellas partes de su cognición que son difícilmente sustituibles por las máquinas (capacidad de abstracción, exploraciones conceptuales..., ese tipo de cosas). Las máquinas, en los próximos diez o veinte años, no lo van a poder hacer... después, no lo sé.

Purificación Paniagua: ¿Hasta qué punto se puede desarrollar la abstracción o la exploración conceptual, o son innatas, genéticas, en una persona?

Aníbal Figueiras: Nosotros somos capaces de construir conceptos abstractos. Encontramos o descubrimos conceptos. Hay tres teorías fundamentales de la creatividad: la individualista, la sociologicista y la biologicista. La biologicista dice que uno explora en un espacio conceptual según sus habilidades propias y va encontrando y valorando cosas, lo que hará de forma gradual y según la habilidad de exploración y evaluación de lo que va encontrando. Porque la tercera fase es la explotación. Y esto una máquina no lo puede hacer. Una máquina no puede explorar espacios conceptuales. Puede traducir muchos aspectos de la realidad en «numeritos», pero los conceptos son algo más difícil.

Senén Barro: Es el tema de que el *machine learning* está en pañales, pero hay aquí dos cuestiones muy interesantes. Una, son unos pañales que ya se venden; has puesto unos cuantos ejemplos de cosas que salen ya de los laboratorios y llegan pronto a productos y servicios comercializados que

quizás no se derivan de lo más sofisticado del estado del arte de la I+D en ese ámbito, pero sí de aquello que ya está suficientemente probado y es robusto. Son soluciones reales que dan respuesta a problemas, abaratan costes, etc. Pero qué ocurre ahí, y yo creo que en esto seguro que coincidimos; que lo que definitivamente nos permitirá saltar algunas barreras que hoy existen es el aprendizaje en máquinas. De otro modo sería inviable, por razones de complejidad y de coste. No puedes llegar a un nivel de complejidad tal en el diseño de código como para abordar problemas con gran variabilidad, una fuerte dependencia del contexto, del usuario, de cómo habla el que habla... Al final has de acudir al *machine learning* o no podrás hacer grandes progresos en ciertos ámbitos y aplicaciones. Llegará un momento en que el *machine learning* tendrá un nivel de desarrollo tal que se va a producir un salto importante en la resolución de problemas y tareas por parte de las máquinas. Eso será una tecnología disruptiva total.

Aníbal Figueiras: Hay limitaciones. Las máquinas son capaces de simular sentimientos, emociones o estados de ánimo, cosa que proviene de los algoritmos. Lo que se llama *emoción* es la constatación de un cambio biológico, y se convierte en sentimiento cuando eres consciente de ello. Se deben a la naturaleza biológica de las personas, no así en el caso de las máquinas.

Senén Barro: ¿Es reproducible una persona con una máquina? Si quieres reproducir los comportamientos más sofisticados has de llegar a entender de un modo suficientemente preciso cómo lo hacen las propias personas o buscar una alternativa. De hecho, muchas veces la ingeniería busca soluciones distintas a las respuestas que ha encontrado la naturaleza.

Quizás estemos a cientos de años de lograr reproducir algo parecido a una persona con una máquina, y no hablo de su apariencia, sino de su inteligencia. Pero al mismo tiempo tenemos que ser conscientes de que no hay que llegar hasta ese punto para que haya una revolución brutal en el mundo profesional, del trabajo. Y eso se está viendo ya. Yo no tengo ni idea de cómo va a ser el mundo dentro de diez años, pero tengo claro que o bien nos anticipamos a lo que ya somos capaces de atisbar, incluso a lo que ya está aquí, o lo pasaremos muy mal.

Sin ir más lejos, hay empresas que están invirtiendo en grandes plantas en Estados Unidos, recuperando la industrialización por la vía de la automatización. ¿Por qué? Porque les sale más barato que la mano de obra de Asia. Vuelven a recuperar el proceso de realimentación, de innovación, que da tener la fábrica al lado de los que diseñan y comercializan. Por otra parte, mantener esas fábricas automatizadas con un alto nivel de sofisticación requiere un perfil profesional muy cualificado, que no hay en esos otros países de mano de obra barata. Con lo cual, puede acabar sucediendo que no les quede ya casi ninguna alternativa.

José Bonnin Barrera: Como vemos el futuro es una cuestión de expectativas. Efectivamente, el *machine learning*, como cualquier otra tecnología, puede estar en una fase inicial a lo que será dentro de treinta años.

No vemos en un futuro cercano a Cylons caminando entre nosotros o en una guerra como sucedía en *Battle star Galactica* con ciborgs que tenían sentimientos. Lo que en realidad se está buscando es de qué manera las máquinas pueden ayudar a las personas y a ciertos procesos a ser mucho más productivos de lo que son hoy en día. De ahí que aunque no puedan sustituir todo lo que hacemos, sí que pueden sustituir o mejorar algunos de los procesos.

Para mí uno de los temas claves es la ciberseguridad. El puesto de trabajo del *chief security officer* es un rol que en los próximos años se va a desarrollar muchísimo en las empresas. Disponer de billones de dispositivos conectados posibilita nuevas opciones de ciberdelincuencia; sin embargo, gran parte de los usuarios de tecnología no están preparados para mitigar o defenderse de ciertos ataques. Por ello, es fundamental poder disponer de expertos capaces de reaccionar frente a este nuevo reto, que hoy ya supone una de las grandes preocupaciones entre los CIO que se plantean implementar soluciones de IoT en sus empresas.

Antonio Castillo: En este nuevo entorno, lo que parece indispensable es cómo te prepara para vivir cada vez más con la incertidumbre. Yo creo que también está ahí la diferencia. En Estados Unidos se ha aprendido a gestionar mejor la incertidumbre, y los europeos sabemos cada vez menos vivir en la incertidumbre.

Rafael Rivera: Quería hacer una reflexión final. En el estudio se hace referencia a un informe de Pew Research que salió el año pasado que era muy bueno sobre este tema, ya que hacía muchas entrevistas a expertos en un tema como este, que tiene tantos oscuros y claros. Coincidían todos en tres cosas que es importante reflejar. La primera, que iba a haber un cambio radical en la sociedad, y sobre todo en el modelo de contrato laboral, sobre todo ese modelo del contrato por dinero, ese fin último de que nuestra vida es para trabajar... eso se iba a romper, lo que no significa que no fuéramos a trabajar. La segunda, que el sector educativo no está reaccionando, es decir, que los organismos públicos están siendo incapaces de asumir los retos que les estaba planteando este nuevo modelo de relaciones laborales. Y la tercera, en la que no coincido, es que el futuro está en nuestras manos, que depende solo de nosotros. Pero yo creo que la historia ha demostrado que las revoluciones siempre han sido muy duras y muy cruentas... Tengo serias dudas de que seamos capaces de definir ese nuevo modelo de relaciones sociales y laborales que nos conduzca quizás a esa sociedad del ocio de la que estábamos hablando antes.

Francisco Javier García Vieira: El trabajo tiene una doble función: es un factor de producción, que cada vez va perdiendo importancia en favor de la tecnología; y un mecanismo de redistribución de riqueza, recibe una parte de la riqueza que se crea por la labor realizada. Entonces, las dos cosas siempre están ligadas. Es decir, tú contribuyes a producir, y quieres tu «pedacito» para tener tu vida.

