CAPCIT
Consejo Asesor del Parlamento sobre Ciencia y Tecnología

Boletín del CAPCIT #14 · abril 2019

# Efectos económicos y sociales de la digitalización

Ideas clave

- Actualmente se considera iniciada la cuarta revolución industrial, llamada también *transformación digital*.
- La transformación digital se caracteriza por desplazar la capacidad productiva del factor capital y las materias primas hacia el factor humano y el conocimiento.
- Es necesario que todos lleguemos a ser hábiles en el dominio de las herramientas informáticas y, en las especialidades más tecnológicas, también en programación.

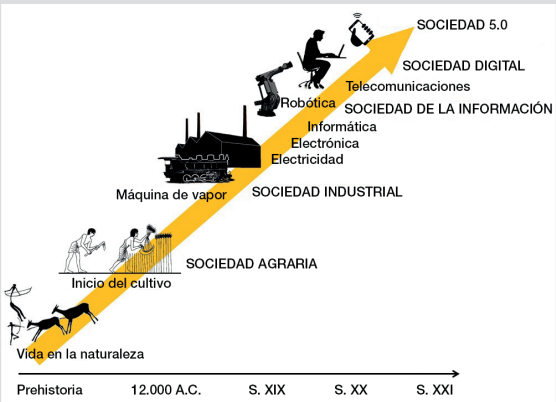
## Introducción

En el cambio de siglo, la que había sido la tercera revolución industrial, basada en todos los avances científicos y tecnológicos desarrollados durante el siglo XX, ha dado lugar a lo que desde el 2010 –aunque se está produciendo desde finales del siglo XX– se conoce como la cuarta revolución industrial, que muchos llaman transición digital.

Este acelerado progreso que configura la cuarta revolución industrial conlleva ya importantes cambios económicos y sociales, a los que la sociedad se está adaptando de forma más reactiva que planificada, lo que puede condicionar nuestro futuro. Hay que analizar, pues, estos factores de cambio y prever estrategias que puedan aprovechar el gran potencial que supone esta transformación, tanto para el tejido productivo como para todo el sector de los servicios, para evitar, en la medida de lo posible, que se cumplan las previsiones más pesimistas de quienes vaticinan un inevitable crecimiento de la marginalización y la injusticia social.

## Características de la transformación digital

En la segunda mitad del siglo XX se produjo la denominada *revolución científico-tecnológica*, que supuso una notable especialización de los puestos de trabajo y la acentuación de la denominada *brecha tecnológica*, del incremento de la distancia salarial entre estos puestos de trabajo especializados y los no especializados, y, a mayor escala, del distanciamiento entre países desarrollados y subdesarrollados. Llevó, además, al desarrollo del armamento nuclear y a la consolidación de la política de bloques, y tuvo efectos económicos a escala global. En la actualidad, concretamente desde 2010, se considera iniciada la cuarta revolución industrial, también llamada transformación digital, que gira en torno a cinco ejes:




Principales etapas evolutivas de la revolución industrial y tecnológica. (Fuente: IEC)

1) Las telecomunicaciones y las comunicaciones intensivas son una evolución tecnológica desarrollada a lo largo del siglo XX que experimenta un gran impulso al incorporar la interconexión masiva de cualquier elemento con cualquier otro, sin hilos, o de instrumento a instrumento. En el mundo de la telefonía móvil, con la evolución de las tecnologías 4G a las tecnologías 5G, el teléfono rebasa su mera función de comunicación telefónica y se convierte en un potente terminal que permite la transmisión de datos e imágenes en tiempo real (sin retraso). Esta tecnología permite también que la realidad virtual y la telepresencia se hagan más efectivas y eficientes.

2) Internet viene ya del siglo pasado, pero la miniaturización y las comunicaciones intensivas permiten su presencia en todas partes. Es lo que llamamos *Internet de las cosas*: todo el mundo está a nuestro alcance y lo que nosotros generamos está al alcance de todos.

3) El uso masivo de datos (*big data*), ya sea sobre datos administrativos, en el ámbito de la salud, en la industria o en los servicios, permite, junto con las comunicaciones y la minería de datos, entre otras cosas, la omnipresencia, la inmediatez y la trazabilidad.

4) Los sistemas ciberfísicos, que consisten en incorporar en cualquier dispositivo sensores inteligentes, controladores inteligentes, distribuidos e interconectados.

5) La robótica inteligente. La implantación de la robótica se inició a mediados del siglo XX, pero el adjetivo *inteligente* en realidad no era aplicable, al tratarse básicamente de una robótica preprogramada en entornos rígidos y predefinidos. Actualmente, la robótica ha ganado en inteligencia, ha rebasado el mundo industrial y ha penetrado en ámbitos con entornos menos predefinidos, como la robótica en servicios, en el ámbito médico, los robots personales, la impresión 3D o los drones.

Cada una de estas etapas de la revolución industrial ha comportado importantes cambios, tanto de los elementos tecnológicos disponibles como de tipo productivo u organizativo. A su vez, estos cambios han provocado cambios sociales, como la forma de vida, la estructuración social y los modelos económicos y políticos, con las consiguientes evoluciones de las formas de gobernanza, tanto en el ámbito de las regiones como a nivel mundial.

La aceleración de las etapas de la revolución industrial ha seguido creciendo de un modo aún más

Autores: Josep Amat (IEC), Alícia Casals (IEC) y Alfred Pastor (IESE)
https://www.iec.cat, https://www.iese.edu

acentuado en los últimos años, incluso de una forma que puede considerarse disruptiva. De ahí que se hable del inicio de la cuarta revolución industrial, caracterizada por lo que se conoce genéricamente como transición digital, proceso que se inició bastantes años antes. Este proceso tiene otras etiquetas que lo identifican: la más usual en Europa es Industry 4.0, mientras que en los países asiáticos, donde remarcan los aspectos sociales, se habla más de Smart City o, concretamente en Japón, de Society 5.0, y en China se promociona más la imagen de Made in China 2025 - Internet Plus, que implica todo ese proceso de digitalización. En América del Norte, sin embargo, este proceso es más conocido como Industrial Internet of Things.

## La situación en Cataluña

La transformación digital es un proceso irreversible a escala global que se caracteriza por desplazar la capacidad productiva del factor capital y las materias primas hacia el factor humano y el conocimiento. Otra característica de esta revolución industrial es la creciente importancia del factor humano como motor imprescindible de la innovación. Esta corriente, que se extiende de forma imparable, puede impulsar la economía y la sociedad del bienestar allí donde la industria se adapta y halla un ecosistema favorable. Por el contrario, puede ahogar el tejido industrial que no se adapte. Este proceso, que puede producir un ensanchamiento de la brecha entre países industrializados y no industrializados, obliga a desarrollar estrategias para hacer frente a los retos que conlleva esta transformación, lo que ha impulsado a varios países a elaborar planes de futuro en este sentido.

En Cataluña, el perfil empresarial está muy inclinado hacia la pequeña empresa. El 99,8% de las empresas son pymes, es decir, facturan menos de 50 M€ y tienen menos de 250 trabajadores. Estas empresas representan el 75% de puestos de trabajo y generan el 60% del PIB. Un 30% son de base tecnológica y prácticamente la mitad hacen innovación, una tendencia que ha ido acentuándose en los últimos años. Este tipo de pequeña empresa puede comportar, en muchos casos, un entorno poco favorable al proceso de digitalización y se constata el escaso número de empresas que han optado por su crecimiento, aunque está constatada la correlación entre el volumen de la empresa y su productividad y capacidad de internacionalización.

Actualmente, el gasto en I+D en Cataluña es del 1,46% del PIB (1,19% en España, mientras que la media de la UE es del 2,07%).[1] De este porcentaje, el 0,28% es invertido por la Administración; el 0,33%, por las universidades y los centros de investigación, y el 0,85%, por las empresas.

### El reto de la captación y retención del talento

Ya se ha mencionado la creciente importancia del factor humano como motor imprescindible de la innovación. En este sentido, las universidades catalanas proporcionan titulados con buenos niveles de formación y capacidad para hacer frente al reto de la digitalización, pero el número de titulados que salen es claramente muy inferior al número de los que se necesitarían. Se desprende de estudios recientes que un elevado número de pymes de base tecnológica contratarían a un ingeniero si lo encontraran.

El número de titulados en ingeniería que anualmente terminan sus estudios en las universidades catalanas es muy reducido -no alcanza los 8.000- y las necesidades son claramente superiores.

| Áreas de conocimiento | Titulados 2017 | % |
|---|---|---|
| Ingenierías y arquitectura | 8.558 | 16,9 |
| Ciencias sociales y humanidades | 29.359 | 58,1 |
| Ciencias de la salud | 8.951 | 17,7 |
| Ciencias | 3.660 | 7,2 |

Un 15%, aproximadamente, del total de estudiantes opta por una ingeniería. Una proporción motivada en parte por la baja atracción de esta disciplina entre el alumnado femenino, un porcentaje que globalmente es del orden del 25%, pero que en determinadas titulaciones es aún más bajo, como en el caso de la informática, donde no llega al 10%. Esta carencia de ingenieros es un hecho no solamente específico de Cataluña, sino que se da, en general, en toda Europa.

Otro factor a tener en cuenta es la retención del talento generado, que se ve dificultada por los niveles salariales inferiores que muchas pymes pueden ofrecer en comparación con otros países como Alemania o el Reino Unido, que, al resultar más competitivos, provocan un efecto llamada, especialmente entre los jóvenes recién titulados. Esta fuga, sin embargo, se ve en parte compensada por la captación que también se produce, tanto por la calidad de vida que ofrece Cataluña como por las oportunidades que genera su dinamismo social y emprendedor.

Según datos del Instituto de Estadística de Cataluña (Idescat), el número de jóvenes que se habían marchado a otros países de la Unión Europea en 2018 era de 76.658, mientras que diez años atrás esta cifra era de 35.550. La ciudad de donde más jóvenes se habían ido es Barcelona, pero, proporcionalmente, es en Gerona donde la fuga de talento es más elevada.

### Las infraestructuras

El proceso de digitalización al que deben ir adaptándose las empresas para evitar su progresiva marginación requiere no solamente disponer de conocimiento y actitud emprendedora, sino también de un entorno favorable. Este entorno se ve muy favorecido por la presencia de las infraestructuras necesarias,[2] tales como comunicaciones del transporte, telecomunicaciones, servicios, centros de investigación y tecnológicos y las grandes infraestructuras, como el Centro de Supercomputación y el Sincrotrón Alba.

En cuanto a los centros de investigación y tecnológicos, existen en Cataluña, a parte de los departamentos universitarios, distintos centros tecnológicos especializados. Una iniciativa destacable para favorecer el proceso TRL (Technology Readiness Level), que se refiere al reto de hacer posible la llegada al mercado de los prototipos

2. En Cataluña el 99,8% de empresas son pymes, un entorno poco favorable al proceso de digitalización. Asimismo, el número de titulados de las universidades catalanas es muy inferior al que se necesitaría. (Fuente: IEC)

experimentales derivados de la investigación, es la Fundación Eureca, creada en 2015 con este objetivo y con el de impulsar la innovación y la competitividad de las empresas.

## Primeras conclusiones

Esta transformación digital conduce a una situación similar a la que ya se dio en las anteriores revoluciones industriales. Desde 1750 la evolución tecnológica ha producido un aumento medio de productividad del 1,1% anual, lo que significa una mejora de un tercio en cada generación, pero también ha reducido puestos de trabajo. Los efectos de la revolución digital sobre el empleo y los salarios son las principales preocupaciones de los responsables políticos. Para evitar unas políticas reactivas ante los problemas concretos que continuamente se irán generando, no puede demorarse la adopción de medidas a medio y largo plazo que ayuden a beneficiarse de este proceso y provoquen que la digitalización se convierta en una oportunidad, tanto económica como social, para nuestro país.

Hay que tener presente que en toda evolución tecnológica se dan tres fases:[3] la inicial, la de consolidación y la de madurez. Esto produce efectos en el empleo y los salarios, y en las desigualdades, que hay que prever.

### Fases de una evolución tecnológica

El nacimiento de una tecnología es fruto del conjunto de conocimientos que hacen que la idea inicial se convierta en toda una técnica (la producción del acero, el hilado de algodón o la escritura mecánica). En la fase inicial, la idea va adoptando formas muy distintas y solo algunos operarios son capaces de pasar de una técnica a otra, de modo que su trabajo es muy apreciado y sus salarios, en consecuencia, elevados. Como los diseños de la maquinaria son muy cambiantes y la tecnología no está consolidada, no se ha estandarizado ni se ha convertido todavía en una enseñanza técnica. Por otra parte, el mercado es demasiado pequeño, porque los futuros usuarios de la tecnología esperan que sea dominante. En el actual proceso de digitalización todo parece indicar que nos encontramos en la fase inicial.

En una segunda fase, a medida que una tecnología acaba siendo dominante, se convierte ya en materia docente y empiezan a aparecer operarios formados, con unos salarios normalmente inferiores a los de los operarios más universales de la fase anterior. Es la fase de difusión de la tecnología.

En una última fase, la tecnología queda consolidada y las sucesivas innovaciones mejoran aspectos concretos del proceso (ahorro energético, impacto medioambiental, funcionalidad o estética). La uniformidad del producto permite el aprovechamiento de los rendimientos crecientes en la producción, y la industria se concentra: pocas y grandes empresas abastecen el mercado entero. Es la fase de madurez o consolidación.

### Efecto sobre el empleo y los salarios

En cuanto al empleo, es difícil generalizar cómo evolucionará a lo largo de las tres fases, porque sobre la demanda de trabajo existen dos fuerzas en sentido opuesto. Por un lado, la adopción de la tecnología (la digitalización) permite sustituir trabajo por recursos tecnológicos, lo que reduce la cantidad de mano de obra necesaria para una misma producción, de modo que genera un efecto negativo sobre el empleo. Pero, por otro lado, esta misma adopción de la tecnología hace posible el aumento de la productividad y, por lo tanto, la reducción del coste de producción. La competencia, además, obliga a bajar el precio del producto, lo que hace aumentar su demanda, hasta el punto de hacer aumentar también la demanda de mano de obra y el empleo en el sector. El efecto neto, pues, no es tanto de destrucción masiva de puestos de trabajo como de transformación de los trabajos. Solamente en las fases de madurez de la tecnología cabe esperar una reducción progresiva de puestos de trabajo en los sectores más afectados.

En cuanto a los salarios, la tendencia general de la curva es de polarización en la fase inicial y de un aplanamiento posterior, salvo que el aumento de la demanda del producto sea tan grande que repercuta sobre la demanda de mano de obra. En general, el efecto neto del progreso técnico tiende a una reducción o, cuando menos, a un estancamiento de los salarios, que no se siente con la misma intensidad en todos los sectores ni en todos los trabajos dentro de cada sector.

Es muy importante destacar que las tres fases, en conjunto, pueden durar un tiempo considerable. Una estimación de los años transcurridos desde la primera patente de algunos grandes inventos (televisión, transistor, giroscopio, bolígrafo) hasta que se comercializaron da una media de 38 años. Esta cifra, sin embargo, no debe tomarse como un patrón para prever la evolución de las tecnologías digitales, en la que hay que esperar un ritmo mucho más rápido.

### El efecto desigual sobre el espectro de las habilidades

Huelga decir que una nueva tecnología afecta a actividades distintas en grados distintos y, sin entrar en detalles sectoriales, sí tiene interés, sin embargo, ofrecer un marco que ayude a situar qué tipos de trabajos serán los más vulnerables. Considerando que los puestos de trabajo suelen agruparse en trabajos manuales (M), cognitivos (C), rutinarios (R) y no rutinarios (NR), se pueden intuir los trabajos más y menos vulnerables con la digitalización. A grandes rasgos, los trabajos rutinarios, tanto MR como CR, son más fácilmente sustituibles que los no rutinarios. Distintos estudios estiman incluso que la innovación será la principal fuente de nuevo empleo y que casi la mitad de los trabajos actuales en la economía norteamericana

Referencias

1. https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=354

2. http://www.gencat.cat/especial/pni/cat/

3. Jim Bessen, *Learning by Doing* (2017)

son susceptibles de ser realizados por robots y ordenadores. Pero hay que recordar que entre la tecnología y el empleo existen fuerzas que actúan en direcciones opuestas, de tal modo que no son posibles las generalizaciones.

## Recomendaciones

### Medidas sobre formación

– Todos debemos estar dotados con el equivalente de la alfabetización del siglo XX: llegar a ser hábiles en el dominio de las herramientas informáticas y, en las especialidades más tecnológicas, también en programación. Sin estas habilidades básicas, el trabajador no podrá siquiera conservar un trabajo elemental ni, por supuesto, pasar de uno a otro.

– A pesar de la clara necesidad de ingenieros, físicos y matemáticos, hay que tener presente que no todo el mundo es capaz de serlo con la suficiente competencia. Por otro lado, hay personas con habilidades cognitivas superiores a la media que son muy apreciadas en las fases iniciales de la difusión de una nueva tecnología, independientemente de su titulación.

– Muchos de los conocimientos que proporciona una carrera técnica son o serán reproducibles por un robot o un ordenador. Por otra parte, las habilidades sociales o relacionales son más propias del ser humano y, por lo tanto, seguirán siendo necesarias. En cuanto a los directivos de empresa, se constata que, más allá de su capacidad técnica, son sus cualidades específicamente humanas las que los han elevado a estos puestos. Debe fomentarse, pues, la formación en estas habilidades sociales.

– Es necesario que los programas formativos sean elaborados conjuntamente con las empresas para evitar el desperdicio de las inversiones en capital humano y las frustraciones resultantes.

### Medidas sobre educación

– Adoptar medidas correctivas o compensatorias del coste de los estudios universitarios, especialmente en el ámbito de la tecnología, para evitar que el factor económico constituya una barrera de acceso.

– Dotar a las universidades y los centros de investigación con más autonomía en la contratación de profesorado no funcionarial y con más recursos vinculados a la evaluación de los resultados, especialmente en transferencia del conocimiento.

– Dotar a los centros formativos con más recursos orientados a mejorar la calidad y la oferta para la formación profesional.

– Prever campañas de comunicación imaginativas encaminadas a incentivar las vocaciones científicas y tecnológicas entre el alumnado femenino.

– Introducir asignaturas humanísticas en los programas educativos de las ingenierías, especialmente materias como la filosofía y la ética, para una formación más amplia y como medida para concebir y aplicar la tecnología.

### Medidas de apoyo a la innovación

– Fomentar la creación de empresas; potenciar la colaboración público-privada en el terreno de la innovación y creación de empresas; prever incentivos para fomentar la creación de empresas derivadas (spin-off) universitarias, y simplificar y facilitar los trámites administrativos para su creación.

– Potenciar los programas de captación y retención de talento en universidades y centros de investigación.

– Asegurar los criterios de sostenibilidad y de la economía circular en todas las medidas de fomento de la investigación, innovación y transferencia.

– Potenciar las políticas industriales, tanto las de apoyo orientadas a fortalecer y dinamizar los clústeres empresariales como las de apoyo a la presencia de la industria catalana en el mundo, así como las acciones de compra pública innovadora.

### Medidas específicas de apoyo a la competitividad de las pymes

– Incrementar la dotación de las acciones de apoyo encaminadas a la innovación y a la internacionalización y el crecimiento de las pymes.

– Dotar con recursos económicos suficientes las medidas que favorezcan el acceso de las pymes a la tecnología desarrollada en la universidad y los centros de investigación para facilitar la transferencia de tecnología.

– Aumentar las dotaciones para la financiación de la innovación para pymes.

– Reducir los plazos administrativos y asegurar el cumplimiento puntual de los compromisos adquiridos, ya que actualmente los incumplimientos reiterados no solo no producen la ayuda solicitada, sino que crean importantes disfunciones e incluso el colapso.

### Infraestructuras

– Favorecer la mejora de las infraestructuras que permitan la implantación del proceso de digitalización, especialmente las telecomunicaciones. Asegurar que el acceso a Internet en banda ancha alcance todo el territorio.

– Evaluar las necesidades en infraestructuras TIC de los principales polígonos industriales distribuidos por el territorio para asegurar su competitividad. Prever asimismo áreas urbanas de desarrollo empresarial vinculado a las tecnologías de la información.

En todo este proceso la Administración deberá ser un motor activo y convertirse en un referente en la digitalización que comporte agilidad, flexibilidad, eficacia, inteligencia y seguridad en los ámbitos de la gestión pública, las relaciones con la ciudadanía, la sanidad, la justicia y los servicios en general.

PARLAMENT DE CATALUNYA

El Consejo Asesor del Parlamento sobre Ciencia y Tecnología (CAPCIT) es un órgano del Parlamento creado en 2008 con el objetivo de coordinar la información y el asesoramiento en materia científica y tecnológica que necesiten los diputados y los órganos del Parlamento. El CAPCIT es un órgano de composición mixta, formado por los diputados que son miembros del mismo y por representantes de las principales instituciones científicas y tecnológicas de Cataluña: el Instituto de Estudios Catalanes (IEC), la Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación (FCRi), el Consejo Catalán de la Comunicación Científica (C4), la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (RACAB), la Asociación Catalana de Entidades de Investigación (ACER) y una representación de las universidades públicas y privadas. Para más información: http://www.parlament.cat/capcit

DL: B.26460-2013