



Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

**Grado en Relaciones Internacionales**

Trabajo Fin de Grado 5º E6A

**ANÁLISIS DEL IMPACTO  
DE LA DIGITALIZACIÓN  
EN LA ECONOMÍA DE LOS  
ESTADOS**

Autor: Marina Barranco Tortosa  
Tutor: Prof. Juan Felipe Jung Lusiardo

Madrid, abril de 2023

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE SIGLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I. EL PROYECTO.....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	7
1.2. FINALIDAD, MOTIVOS, PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS.....	9
1.3. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....	11
1.4. HIPÓTESIS.....	12
<b>2. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1. LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES.....	13
2.2. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL 4.0.....	16
2.2.1. Principales discusiones en torno a la Cuarta Revolución Industrial.....	18
<i>Gráfico 1: Ondas largas y clústeres de innovación de Schumpeter.....</i>	<i>20</i>
2.2.2. El rol de la digitalización en la Revolución Industrial 4.0.....	21
<i>Tabla 1: Tecnologías protagonistas de la Revolución Industrial 4.0.....</i>	<i>22</i>
<b>CAPÍTULO II. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>3. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN.....</b>	<b>22</b>
3.1. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN SOBRE LAS EMPRESAS.....	23
3.1.1. Análisis de la digitalización de la cadena de valor.....	23
<i>Gráfico 2: La cadena de valor de Porter.....</i>	<i>23</i>
3.1.2. Análisis de la digitalización del modelo de negocio.....	27
3.2. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN SOBRE LA MACROECONOMÍA.....	29
3.2.1. La economía digital y las perspectivas en torno a ella.....	30
3.3. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN EN LAS VARIABLES MACROECONÓMICAS.....	32
3.3.1. Los efectos de la digitalización sobre el crecimiento económico.....	32
3.3.2. Los efectos de la digitalización sobre la productividad.....	34
<i>Gráfico 3: Crecimiento de la productividad en el trabajo en miembros de la OCDE.....</i>	<i>35</i>

<i>Gráfico 4: Productividad laboral durante la Pandemia en función de la intensidad digital</i> .....	37
3.3.3. <i>Los efectos de la digitalización sobre el factor trabajo</i> .....	37
<i>Gráfico 5: Probabilidad de mecanización de los puestos de trabajo, en función del salario y del nivel educativo</i> .....	39
<b>4. TECNOLOGÍAS PROTAGONISTAS DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL</b>	
<b>4.0.</b> .....	<b>41</b>
4.1. INTERNET OF THINGS .....	41
4.2. BIG DATA.....	43
4.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	44
<b>5. ANÁLISIS EMPÍRICO</b> .....	<b>45</b>
<b>5.1. MODELO DE SOLOW Y FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBB-DOUGLAS</b> .....	<b>46</b>
<b>5.2. ANÁLISIS</b> .....	<b>48</b>
<i>Tabla 2: Variables del modelo de regresión lineal</i> .....	48
<b>5.3. RESULTADOS</b> .....	<b>49</b>
5.3.1. <i>Efecto de la digitalización en el PIB</i> .....	49
<i>Tabla 3: Resultados del modelo de regresión lineal sobre el PIB</i> .....	50
5.3.2. <i>Efecto de la digitalización en la productividad</i> .....	51
<i>Tabla 4: Resultados del modelo de regresión lineal de la productividad</i> .....	52
<b>5.4. LIMITACIONES DEL MODELO</b> .....	<b>53</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>7. ANEXOS</b> .....	<b>59</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>61</b>

## RESUMEN

La realidad del siglo XXI se encuentra en plena Cuarta Revolución Industrial, siendo su protagonista indiscutible la digitalización, pues se ha posicionado como el agente moldeador fundamental del plano social, político y económico a nivel global, tal y como se puede ver reflejado en el comportamiento de un gran número de gobiernos que han incorporado un apéndice en torno a la cuestión de la digitalización en sus respectivas agendas.

Si bien la idea de digitalización como sinónimo de progreso, e, incluso, de necesidad para evitar el rezago, parece haber arraigado intensamente en la mentalidad tanto de empresas como de gobiernos, la globalización y la confluencia con otros factores parece difuminar la percepción del impacto de la digitalización, especialmente en el plano económico.

El presente estudio pretende, por tanto, explorar de forma explícita el impacto de la digitalización sobre la economía, el campo en el que la percepción de sus efectos se ve más contaminada. Por ello, y con la idea de realizar un estudio de 360° de esta cuestión, se analizarán los efectos de la digitalización sobre las empresas, en cuanto a su naturaleza como agentes principales en la economía, así como sobre las principales variables macroeconómicas. Aterrizando estas ideas al proyecto, se ha realizado un análisis cualitativo, apoyado por un análisis empírico, los cuales han concluido que, si bien se necesita una mayor investigación en el campo, existen indicios de que la digitalización desencadena un efecto positivo sobre los ingresos y la eficiencia de las empresas, así como sobre las variables económicas de productividad y PIB.

**Palabras clave:** Revolución Industrial 4.0, digitalización, economía digital, tecnologías de la digitalización, IoT, Big Data, AI, empresas, PIB, productividad, factor trabajo.

## **ABSTRACT**

The reality of the 21st century is in the midst of the Fourth Industrial Revolution, with digitalization being the undisputed protagonist, as it has positioned itself as the fundamental shaping agent of the social, political and economic spheres at the global level. In fact, this can be seen reflected in the behavior of a large number of governments that have incorporated an appendix around the issue of digitization in their agendas.

While the idea of digitization as a synonym for progress, and even as a necessity to avoid falling behind, seems to have become deeply rooted in the mindset of both companies and governments, globalization and the confluence with other factors seems to blur the perception of the impact of digitization, especially at the economic level.

This study therefore aims to explicitly state the impact of digitalization on the economy, the field in which the perception of its effects is most contaminated. For this reason, and with the idea of conducting a 360° study of this issue, the effects of digitalization on companies will be analyzed, in terms of their nature as main agents in the economy, as well as on the main macroeconomic variables. Landing these ideas to the project, a qualitative analysis has been carried out, supported by an empirical analysis, which have concluded that, although further research is needed in the field, there are indications that digitalization triggers a positive effect on the income and efficiency of companies, as well as on the economic variables of productivity and GDP.

**Key words:** Industrial Revolution 4.0, digitalization, digital economy, digitalization technologies, IoT, Big Data, AI, companies, GDP, productivity, labor factor.

## ÍNDICE DE SIGLAS

<i>3D</i>	Tres Dimensiones
<i>A</i>	Tecnología
<i>AI</i>	Artificial Intelligence/ Inteligencia Artificial
<i>ANN</i>	Redes Neuronales Artificiales
<i>B2B</i>	Business to Business
<i>B2C</i>	Business to Consumer
<i>CAGR</i>	Compound Annual Growth/ Tasa se crecimiento anual compuesto
<i>DL</i>	Deep Learning
<i>FMI</i>	Fondo Monetario Internacional
<i>GPS</i>	Sistema de Posicionamiento Global
<i>GSM</i>	Global system for mobile communication
<i>I+D</i>	Investigación, Desarrollo, Innovación
<i>IoT</i>	Internet of Things
<i>K</i>	Capital
<i>L</i>	Factor trabajo
<i>ML</i>	Machine Learning
<i>OCDE</i>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<i>PC</i>	Personal Computer
<i>PIB</i>	Producto Interior Bruto
<i>PWC</i>	Price Waterhouse Coopers
<i>RFID</i>	Radio frequency identification/ Identificación por Radio Frecuencia
<i>RI 4.0</i>	Revolución industrial 4.0/ Cuarta Revolución industrial
<i>UE</i>	Unión Europea
<i>WB</i>	World Bank/ Banco Mundial

## **CAPÍTULO I. EL PROYECTO**

Los cambios constantes y disruptivos derivados de la tecnología y la digitalización que tuvieron lugar desde finales del siglo XX han promovido multitud de análisis y estudios alrededor de la cuestión.

El presente escrito tiene como objetivo abordar qué efectos tangibles ha tenido la digitalización sobre la economía de los países pertenecientes al *pool* de "estados desarrollados", es decir, la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). Así, se dedicará el primer capítulo del escrito a explicar la relevancia del objeto de estudio, las preguntas a las que se pretende dar respuesta, así como los objetivos principales que se pretenden conseguir con su realización. Adicionalmente, se comenzará a esbozar el concepto de digitalización y su naturaleza como motor para el cambio.

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. Estado de la cuestión.**

A pesar del exacerbado desarrollo que han sufrido tras la pandemia del Covid-19, la digitalización y las tecnologías derivadas de ésta constituyen términos abstractos, que aparecen recurrentemente en el discurso cotidiano y en los que se deposita un elevado nivel de confianza en términos económicos y de desarrollo, pero cuyos conceptos y fronteras pueden parecer difusos en un gran número de ocasiones.

En la actualidad, la digitalización es considerada sinónimo de prosperidad económica a futuro (Schneegans et al., 2021), por lo que resulta un campo cotizado en el que invertir por parte de los gobiernos y las empresas; para los estados desarrollados, supone una fuente potencial de ventaja competitiva, mientras que para los estados en vías de desarrollo, se convierte en una oportunidad de desarrollo y crecimiento sostenible, abriendo una brecha de oportunidad para el acercamiento económico a los estados desarrollados.

En línea con esto, un gran número de estados de todo tipo de niveles económicos y estados de desarrollo han presentado estrategias e iniciativas gubernamentales oficiales

para la digitalización y la activación de las tecnologías de la Revolución Industrial 4.0. Por ejemplo, Sudáfrica y la República de Corea cuentan cada uno con una Comisión Presidencial sobre la Cuarta Revolución Industrial desde 2019 y 2017, respectivamente; Australia cuenta con una Agencia de Transformación Digital desde 2015, así como con el primer ministro de Industria 4.0 en el mundo; Indonesia sigue la estrategia “Indonesia 4.0”, con la que busca renovar la industria en consonancia con los avances de la Cuarta Revolución Industrial; Uganda adoptó su Estrategia Nacional 4IR en octubre de 2020; y así existen medidas que buscan la adopción digital en prácticamente todos los estados del mundo (Schneegans et al., 2021). Además, esto fue especialmente impulsado a raíz de la pandemia.

Antes de la pandemia, el nivel de progreso digital variaba considerablemente según el país, la industria y la empresa. Así, la digitalización supuso, desde el inicio de ésta en 2019, una vía de mitigación de las inevitables pérdidas económicas derivadas del cese de la actividad forzado en el confinamiento. Según un estudio realizado por el FMI en 2023, en todas las economías avanzadas tenidas en cuenta en el estudio, la digitalización<sup>1</sup> aumentó una media de 6 puntos porcentuales tras la pandemia; de esta forma, el estudio concluyó que ésta aceleró la digitalización, teniendo un impacto sustancial en economías o industrias rezagadas (Jaumotte et al., 2023).

A pesar de que las expectativas con respecto a estas tecnologías y a la digitalización son sumamente optimistas por parte de los gobiernos y de la comunidad internacional en su conjunto, resulta complicado cuantificar el impacto que éstas tienen sobre la economía en líneas generales y sobre las empresas de forma particular.

Este estudio examinará la digitalización como concepto, así como su papel en la Revolución Industrial 4.0 y sus tecnologías principales, para así poder analizar su naturaleza disruptiva, así como sus efectos microeconómicos y macroeconómicos, con objeto de, en última instancia, discernir si el impacto tangible de la digitalización sobre la economía coincide - o no - con las expectativas que se han generado en torno a ella.

---

<sup>1</sup> Entendida, en este caso, como el porcentaje de trabajadores que utilizaron un ordenador con acceso a internet.



## **1.2. Finalidad, motivos, pregunta de investigación y objetivos**

La finalidad de este estudio es examinar, tanto cualitativamente como cuantitativamente, el impacto que la digitalización y sus tecnologías tienen sobre los estados, a nivel tanto macroeconómico como microeconómico. Para ello, se realizará un análisis ascendente, analizando, en primer lugar, los efectos de la digitalización sobre las empresas de forma cualitativa, y, en segundo lugar, el impacto que ésta tiene sobre las variables macroeconómicas de los estados - concretamente, el PIB y la productividad.

Por tanto, el presente proyecto examinará, una vez clarificados los conceptos de “digitalización”, “economía digital”, y “Revolución Industrial 4.0” así como los papeles que juegan cada uno de estos conceptos en la realidad actual, los efectos de las tecnologías pertenecientes a la digitalización sobre la cadena de valor de las empresas y sus modelos de negocio, para, en última instancia, analizar el impacto teórico que éstas tienen sobre variables que afectan a todas las economías sin excepción, como el crecimiento, la productividad o el empleo, y comprobar las premisas teóricas mediante un estudio cuantitativo desarrollado en una muestra de estados miembros de la OCDE.

Asimismo, se examinarán particularmente las tecnologías que mayores expectativas generan dentro de la digitalización, su potencial económico estimado, y las geografías mejor posicionadas para convertirse en productoras líderes de estas tecnologías.

El proyecto, por tanto, buscará aterrizar las definiciones de los conceptos fundamentales derivados de la digitalización, así como sus componentes, para realizar un estudio a nivel cualitativo y cuantitativo que compruebe qué efectos tiene la digitalización sobre ciertos agentes económicos (empresas) y su impacto macroeconómico general.

Las preguntas que se pretenden responder con el presente escrito son, por tanto, las siguientes:

- ¿Ha contribuido la innovación tecnológica al cambio de las estructuras sociales y económicas a lo largo de la historia?
- ¿Es este el caso de la Revolución Industrial 4.0? ¿Qué papel juega en ella la digitalización?

- ¿Cuáles son las tecnologías derivadas de la digitalización?
- ¿Qué impacto tienen sobre las empresas? ¿Qué impacto tienen sobre el PIB y la productividad?
- ¿Qué recomendaciones se realizan a los gobiernos y organizaciones internacionales para el desarrollo de la digitalización?

De dichas preguntas de investigación se extraen los siguientes objetivos del estudio:

- Objetivo general: Explorar el efecto de la digitalización sobre las empresas y la propia economía de los estados.
- Objetivo específico I: Comprender la naturaleza disruptiva de la tecnología a lo largo de la historia, materializada en las Revoluciones Industriales y encuadrarla en un marco temporal.
- Objetivo específico II: Identificar las tecnologías surgidas a partir de la digitalización, analizar qué cambios han promovido en las empresas y en las variables macroeconómicas principales.
- Objetivo específico III: Comprobar lo analizado cualitativamente estudiando los efectos empíricos que las tecnologías derivadas de la digitalización tienen sobre el PIB y la productividad, proponiendo posibles medidas para el desarrollo digital a los estados.

### 1.3. Metodología y estructura del trabajo

Con objeto de comprender correctamente la digitalización, sus tecnologías clave y su papel en la Revolución Industrial 4.0, así como sus implicaciones en las empresas y en el plano económico, resulta necesaria la aportación entrelazada de diversas disciplinas relacionadas entre sí. Concretamente, el presente proyecto se apoya en las disciplinas de macroeconomía, microeconomía (siendo ambas parte de las ciencias económicas), historia, ciencias sociales y de la computación.

Dado que la hipótesis del presente proyecto busca comprobar si ciertas tecnologías de la digitalización - concretamente, el IoT, el Big Data y la AI - tienen un impacto positivo en la economía de los estados, el estudio se centrará en las ciencias económicas y de la computación, sirviendo las disciplinas restantes de apoyo para un entendimiento holístico de la cuestión.

Se recurrirá, por tanto, al método de estudio analítico cualitativo y empírico. En primer lugar, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente acerca de la digitalización, el marco en el que se encuadra, sus efectos y tecnologías principales. La finalidad de esto es obtener una visión integral acerca del tema, y, para ello, se analizarán los siguientes aspectos fundamentales: a) La Cuarta Revolución Industrial y qué papel juega la digitalización en ella, b) las posibles teorías alternativas aportadas por estudiosos del campo, c) cuáles son las principales tecnologías de la digitalización d) qué efectos tiene la digitalización en las empresas y d) qué impacto tiene la digitalización sobre el plano económico (concretamente, sobre el crecimiento, la productividad y el factor trabajo).

Para investigar con mayor profundidad estos cuatro puntos eje del estudio, se recurrirá a la revisión bibliográfica de libros, artículos y ensayos académicos y *reports* de organizaciones internacionales (FMI, Brookings, OCDE) y consultoras (McKinsey&Co, PWC). Así, destaca la contribución realizada por Schwab (2016), Jaumotte et al., (2023), Harari (2018) y Schumpeter (1939) en este ámbito.

Dentro de esto, en un primer lugar se abordará la Revolución Industrial 4.0, su identificación y su justificación en la realidad actual desde la perspectiva de Schwartz

(2016), así como qué lugar ocupa en ella la digitalización, para lo que se revisará la literatura conveniente al respecto, además la de posibles teorías alternativas, como la de Schumpeter (1939). A continuación, se abordará el análisis del efecto de la digitalización en los principales agentes económicos: las empresas; éste se ha dividido en dos partes, basándose en el modelo de la cadena de valor de Michael Porter (1985) y en el modelo de negocio de Peter Drucker (1954), teniendo en cuenta las tres estrategias empresariales enunciadas por el primer autor.

Una vez abordado el análisis sobre las empresas, se estudiarán los efectos de la digitalización sobre el crecimiento económico, la productividad y el factor trabajo, y, posteriormente, se identificarán las tecnologías de la digitalización más prometedoras, que serán las incluidas en el análisis empírico.

En segundo lugar, se llevará a cabo la comprobación empírica de los efectos de estas tres tecnologías más destacadas de la digitalización (IoT, Big Data, AI) en el PIB y en la productividad de una muestra de miembros de la OCDE. Para ello, se realizará un modelo de regresión lineal, tomando como base el modelo de Solow (1956) y la función de productividad de Cobb-Douglas.

Cabe destacar que los datos sobre el nivel de utilización de las distintas tecnologías se extraerán de la base de datos de la OCDE, mientras que, los datos económicos de los estados (PIB, factor trabajo y formación de capital) serán recuperados de la base de datos oficial del Banco Mundial.

Por último, en base a las conclusiones obtenidas del estudio empírico, se realizarán unas recomendaciones dirigidas a los gobiernos de los estados, para la aceleración de la adopción de la digitalización y la maximización de sus beneficios.

#### **1.4. Hipótesis**

El tema principal del proyecto es la digitalización, sus componentes y su impacto en la actualidad, tanto a nivel microeconómico como macroeconómico. Así, la hipótesis de la que parte el escrito es que la digitalización ejerce un efecto positivo para las

empresas, en términos de ingresos y de eficiencia, así como en el plano macroeconómico, estimulando el PIB y la productividad. Así, esta es la hipótesis alternativa (H1) que se pretende probar cierta en el estudio:

*H1: La digitalización tiene un impacto positivo en términos de ingresos y de eficiencia para las empresas, así como en el plano macroeconómico, estimulando positivamente el PIB y la productividad.*

Así, *H1* será la hipótesis que se pretenderá comprobar a lo largo del presente proyecto, mediante el análisis propuesto en el apartado anterior.

## **2. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y MARCO TEÓRICO**

Antes de analizar la digitalización como protagonista de la Revolución Industrial 4.0, es importante comprender y analizar cómo se han dado los cambios tecnológicos en los últimos siglos y cuáles han sido sus consecuencias, lo cual se ampara bajo el término de Revoluciones Industriales.

### **2.1. Las revoluciones industriales**

El concepto “revolución” hace referencia a un cambio radical e irreversible que da comienzo a un periodo nuevo o a una nueva época en la historia de una sociedad (Aibar, 2019), implicando, de esta forma, una ruptura temporal que define una frontera entre el “pasado”, el “presente” y el “futuro”.

Así, el término Revolución Industrial suele referirse al “complejo de innovaciones tecnológicas que, al sustituir la habilidad humana por la maquinaria y la fuerza humana y animal por energía mecánica, provoca el paso desde la producción artesana a la fabril, dando así lugar al nacimiento de la economía moderna” (Chaves, 2004). Asimismo, este concepto alude a los cambios económicos, políticos y sociales derivados de la innovación tecnológica. Concretamente, se han dado cuatro revoluciones en la historia contemporánea occidental hasta el momento.

A pesar de que cada una de estas revoluciones se ha dado en un momento temporal distinto, todas presentan ciertas similitudes entre sí:

En primer lugar, todas ellas han sido introducidas por una invención “protagonista”; un invento a partir del cual se desencadena la innovación que provoca el cambio, un “despegue” que conduce al “desarrollo que se sostiene a sí mismo”: en la Primera Revolución Industrial, fue la máquina de vapor la encargada de desencadenar este proceso (González-Hernández, 2020). En la Segunda, enmarcada entre finales del siglo XIX y principios del XX, fueron el ferrocarril y la electricidad - materializada en la bombilla de Thomas Alva Edison- las invenciones pioneras que precederían a la ola de innovación en la que se enmarcan el automóvil, el motor diésel, el telégrafo o el avión, entre otros. Por su parte, en la Tercera (1960-1990), conocida como la del conocimiento y de las tecnologías de la información, se dio un avance sin precedentes de los dispositivos móviles e informáticos, así como en la electrónica y las telecomunicaciones; todo ello liderado, desde un primer momento, por el auge de las energías renovables e Internet (Rozo-García, 2020).

En segundo lugar, la segunda similitud persistente en cada una de las Revoluciones Industriales es, precisamente, la que apela al recurso de *revolución* en la morfología del término: el concepto de cambio radical - o revolucionario. Con cada una de las Revoluciones, se dieron cambios profundos en las estructuras políticas, sociales y económicas imperantes en el momento de su estallido.

En la Primera, la sustitución del trabajo manual por el mecánico derivó en un giro de 180° sin retorno que convertiría el sistema económico agrario en industrial, provocando así el surgimiento de una nueva clase social: el proletariado (Aibar, 2019). Es importante resaltar, asimismo, una particularidad de esta primera revolución: se crearon industrias - como la química, mecánica, etc. - con conocimientos muy limitados de las materias, y con una muy escasa base científica. Esto provocó que, con la Segunda (a partir de 1870), los conocimientos científicos que sustentaban estas industrias se afianzaran y ampliaran, lo que se tradujo en un aumento del poder adquisitivo y en la mejora de la calidad de vida de las clases obreras, así como en un cambio radical de los modelos de producción marcado por la aparición de la producción en masa y las economías de escala (Mokyr, 1998). Por su parte, la Tercera, entre 1960 y 1990, introdujo

la robotización, las fuentes energéticas - especialmente la nuclear y las renovables - e Internet en la escena, aunque la tecnología desencadenante fue el microprocesador de Intel en 1971. lo que provocó un cambio radical del paradigma económico (Rifkin, 2012) y se desencadenaría, asimismo, un auge en la industria tecnológica sin precedentes, el cual ha habilitado realidades que han dado paso a la Cuarta Revolución Industrial.

Habiendo revisado estos puntos, se puede observar que las tres revoluciones industriales reconocidas por la comunidad han ido guiando la historia en los últimos siglos mediante las innovaciones que se han dado en cada una de ellas. De esta forma, se ratifica la hipótesis defendida por Simon Kuznets hace más de 50 años, según la cual “la tecnología es conocimiento” y que, por tanto, el crecimiento económico en la Edad Contemporánea depende del crecimiento del conocimiento útil, es decir, de la tecnología (Kuznets, 1965).

A pesar de que el progreso en términos de desarrollo económico, político y social desencadenado por estas tres revoluciones industriales es innegable en cuanto a que ha posibilitado la realidad capitalista en la que nos encontramos sumergidos actualmente, como ante cualquier cambio que se ha dado en la historia, surgen también las críticas y los detractores.

De hecho, la primera vez que se acuñó el término Revolución industrial no fue en calidad de recalcar el progreso que desencadenó, sino más bien todo lo contrario. El protagonista de esta hazaña fue Jérôme Adolphe Blanqui (1798-1854) en su libro *Historia de la economía política de Europa*, con objeto de expresar su preocupación por la posible sustitución de la mano de obra humana por la mecánica. A partir de ahí, serían numerosos los pensadores y economistas preocupados por esta premisa (Gallois, 2011). El ejemplo más representativo está encarnado por el Marxismo; para Karl Marx y Friedrich Engels, fue la Primera Revolución Industrial la que agravó el círculo vicioso del capitalismo, “liberando a los explotadores de la responsabilidad por las vidas de los trabajadores” (von Mises, 2006). A partir de ahí, la crítica a las estructuras políticas, sociales y económicas derivadas de cada una de las Revoluciones Industriales han sido numerosas, y suponen una dimensión clave para entender de forma integral el cambio y sus consecuencias, ya que la realidad, más que de blanco, o negro, suele situarse en la escala de grises.

De esta forma, el presente trabajo pretende realizar una inmersión en la Revolución Industrial 4.0, tomando como punto de partida su principal protagonista, la digitalización. Para ello, se analizarán sus componentes detenidamente, y sus efectos tangibles a nivel micro - es decir, las empresas - y macro - las economías nacionales. Con objeto de que el escrito sea lo más completo posible, será importante también analizar la dimensión crítica de esta revolución, por lo que se realizará un análisis cuantitativo del efecto de la digitalización sobre las economías nacionales, tomando una muestra de países miembros de la OCDE.

## **2.2. La Revolución Industrial 4.0**

La Primera, Segunda y Tercera Revolución Industrial son ampliamente reconocidas por el conjunto de la comunidad internacional. Sin embargo, ante la posible existencia una posible Cuarta, e incluso Quinta Revolución Industrial, nacen las discrepancias entre los teóricos, puesto que la frontera que separa los cambios no es tan clara como se ha podido apreciar en las anteriores. ¿Por qué se habla entonces de una Cuarta Revolución Industrial? ¿Cómo surge el término y cómo se justifica?

El término de Revolución Industrial 4.0 se le atribuye a Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial (World Economic Forum). En su libro *La Cuarta Revolución Industrial* (2016), la define como “la fabricación informatizada, que combina avanzadas técnicas de producción con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones y la vida de las personas” (Schwab, 2016). Es importante destacar que esta definición no sólo hace referencia a la industria tecnológica, sino a campos del conocimiento clave como la genética, la neurociencia, estudios energéticos o sostenibilidad, y a sus interacciones entre sí; se trata de una disrupción al servicio del conocimiento como concepto general.

En su libro, Schwab argumenta que es la tecnología la que ha cambiado el comportamiento humano y los modelos de producción y consumo de la sociedad, y que ha entrado en juego un nuevo factor fundamental que no se había contemplado en las Revoluciones Industriales anteriores: la preservación del medioambiente. Esto supone que la importancia de esta posible Cuarta Revolución Industrial no sólo radica en la



innovación y en el avance de la sociedad, sino que es una cuestión de supervivencia para la especie humana (Aibar, 2019).

Así, describe esta Cuarta Revolución Industrial como una revolución nunca vista en la historia, en términos de magnitud, velocidad y alcance (Schwab, 2016), la cual está reformando el comportamiento de todos los actores de la sociedad global: gobiernos, actores económicos, empresas y sociedad civil. Schwab se apoya en tres pilares fundamentales para justificar este cambio disruptivo como una revolución independiente: la velocidad, la amplitud y profundidad de los cambios y el impacto de los sistemas.

En primer lugar, la velocidad hace referencia a la rapidez con la que ocurren los cambios. Según el autor, en la Primera, Segunda y Tercera Revolución Industrial, los cambios ocurrieron a una velocidad lineal y constante, mientras que los cambios que acontecen desde principios del siglo XXI (los cuales él ampara bajo la Revolución Industrial 4.0), ocurren a una velocidad exponencial; es decir, que la innovación desde principios del siglo XXI no ha tenido precedentes.

Con la expresión “amplitud y profundidad de los cambios”, el autor se refiere a la naturaleza transformadora de los cambios derivados de la tecnología 4.0, los cuales, según él, han provocado un “cambio de paradigma sin precedentes en la economía, los negocios, las sociedades y las personas” (Schwab, 2016). Este, como será analizado más adelante, es uno de los puntos más controversiales de la teoría del alemán, en cuanto a que la noción de *paradigma* puede tener diferentes acepciones en función de la corriente desde la cual se parte el análisis, lo cual ha constituido uno de los principales puntos de la crítica. En este caso, Schwab interpreta paradigma como “la teoría o conjunto de teorías cuyo núcleo central se acepta sin cuestionar y que suministra la base y modelo para resolver problemas y avanzar en el conocimiento” (Schwab, 2016).

Por último, con el punto sobre el impacto de los sistemas hace referencia, en línea con lo anterior, a la radicalidad de los cambios, en cuanto a que afectan de forma aislada a los diferentes agentes (o sistemas) - estados, empresas, civiles - y a la forma en la que éstos se relacionan entre sí; la globalización es, hoy en día, una realidad que ha aumentado la interdependencia de los estados; y esto, en gran medida, se ha producido gracias a la

digitalización, ya que ésta ha permitido el cambio en las formas de comunicación y discurso entre los actores globales, estrechando la distancia tanto física como cultural.

Así, estas son las tres razones que justifican para Schwab que los cambios introducidos por el desarrollo tecnológico y la digitalización constituyen una Cuarta Revolución Industrial, si bien esta afirmación ha sido criticada por ciertos teóricos. Asimismo, resulta relevante destacar que, como tal, esta Cuarta Revolución no sigue con exactitud la estructura definida anteriormente por las tres revoluciones industriales anteriores, ya que carece de un invento específico “desencadenante de la innovación”, si bien es cierto que está modificando las estructuras sociales, económicas y políticas de la época en la que vivimos, y, sobre todo, la forma en que los agentes se comunican entre sí en cada uno de los planos estructurales.

### **2.2.1. Principales discusiones en torno a la Cuarta Revolución Industrial**

Por otro lado, la teoría que presenta una alternativa más factible a esta Revolución 4.0 es la que considera esta innovación tecnológica como una mera continuación de la Tercera Revolución Industrial. Esta teoría, defendida por autores como Manuel Castells (Castells, 1996) se sustenta principalmente en el hecho de que las fronteras entre lo físico, lo digital y lo biológico se empiezan a nublar a partir del estallido de la Tercera Revolución Industrial en 1970; es entonces cuando se constituye un nuevo paradigma tecnológico - o tecno-económico - desde Estados Unidos en torno a la tecnología de la información, entendido como una nueva forma de comunicación entre la economía, la política y la sociedad a través de la tecnología. Este nuevo paradigma tecnológico no estaría caracterizado por la revolución tecnológica en sí misma, sino por la utilización del conocimiento y de la información como materia prima para generar innovación de forma global.

Así que, “lo que llamamos digitalización de la economía no sería, una nueva revolución industrial, sino la transición entre los períodos de instalación y despliegue de un nuevo paradigma” (Valenduc, 2018); es decir, la digitalización supondría el paso de un capitalismo industrial a un capitalismo tecnológico, en el que la información se convierte en la materia prima preponderante.

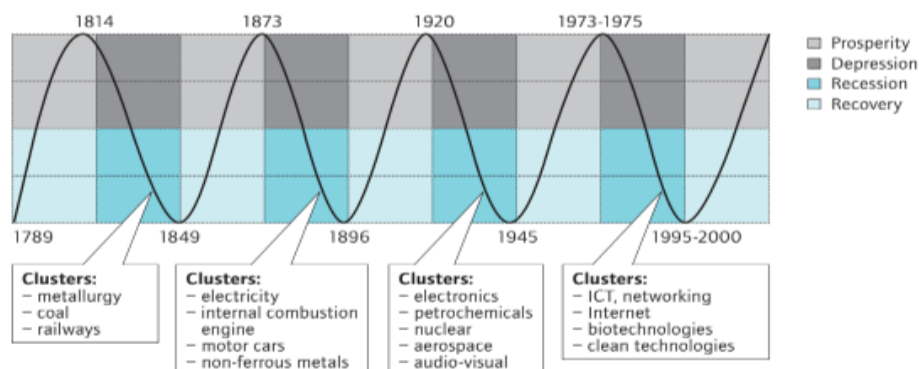
Por tanto, según este punto de vista, bajo esta Tercera ola innovadora, se podrían amparar desde Internet, los PCs o los avances médicos, hasta el auge de las energías renovables, y a las tecnologías de la digitalización, como el Big Data, el IoT o la AI. Esta teoría considera, por tanto, que la tecnología del siglo XXI es continuación de la desarrollada durante las últimas décadas del siglo XX, lo cual se ve reforzado por el hecho de que la “incubadora” a nivel internacional de las tecnologías de la digitalización sigue siendo la misma que concibió las tecnologías de la “Tercera Revolución Industrial” en 1970: Silicon Valley.

Por otro lado, existen pensadores que defienden que el fenómeno disruptivo que está aconteciendo a nivel técnico no forma parte de la Tercera Revolución Industrial, ni tampoco de la Cuarta, sino que sería parte de una Quinta Revolución (Noble et al., 2022). Esto encajaría con la teoría defendida por el economista heterodoxo Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), quien apuntó a la innovación como motor del sistema capitalista, atribuyéndole la etiqueta de principal causa del desarrollo.

De esta forma, Schumpeter argumenta en su teoría, defendida por los economistas evolutivos, que el capitalismo tiene carácter cíclico, lo que provoca que éste se mueva en “olas” de cincuenta años de duración aproximada, marcadas por lo que denomina “*clusters* de innovación” - es decir, un conjunto repentino de inventos disruptivos; el autor sigue la línea del capitalismo de ondas largas de Kondratieff, interpretando cada una de ellas como una revolución industrial independiente (Quevedo, 2019).

El autor identifica cinco olas del capitalismo – como se puede inferir en el gráfico 1 - las cuales se dividen a su vez en 4 tramos diferenciados. En la fase de recesión, se da una pérdida de interés por las innovaciones anteriores, y surgen nuevos *clústeres* de innovación que, conforme se van afianzando, impactan con la suficiente fuerza en la sociedad como para desencadenar una recuperación en la economía, conllevando cambios en los modos de producción, consumo, trabajo y comunicación (Valenduc, 2018). Este cambio de paradigma tecno-económico es lo que Schumpeter denomina destrucción creativa, en cuanto a que los empresarios se ven obligados a adaptarse a la innovación y al nuevo paradigma que ésta genere para asegurar la supervivencia de sus compañías; así, la decisión a la que se enfrentan se reduce a “innovar” o “ser destruido” (Quevedo, 2019). Nótese que cada fase de recuperación sería iniciada con las revoluciones industriales.

**Gráfico 1: Ondas largas y clústeres de innovación de Schumpeter**



Fuente: Adaptado “Technological revolutions and societal transitions” (p. 64) por Valenduc, 2018, Foresight Brief

Así, una vez que la tecnología va siendo adoptada por las compañías, se da el punto de inflexión en el que la innovación comienza a ser fructífera económicamente, lo que se conoce como “fase de prosperidad”, momento en el que el crecimiento económico alcanza su punto álgido. Paralelamente, las corrientes de innovación de las que surgen gran cantidad de invenciones comienzan a relajarse, reduciéndose progresivamente el número de lanzamientos tecnológicos. Se empieza a desencadenar entonces la conocida como “fase de depresión”, lo cual sería la analogía de las crisis económicas, en la que, debido a la destrucción creativa, aquellas empresas y sectores que no hubieran sido capaces de adaptarse a la nueva realidad desaparecerían, lo cual se traduciría en una contracción económica (Valenduc, 2018). A esto habría que sumarle el hecho de que la innovación no es un flujo constante, sino que más bien presenta una actividad con picos; hay momentos en los que sufre un impulso (recuperación) y momentos en los que se agota (depresión). Por tanto, al converger estos factores, se daría un decrecimiento económico, lo que llevaría a las compañías a adoptar una reacción defensiva, utilizando la tecnología para minimizar costes y preponderando los objetivos a corto plazo.

De esta forma, según esta teoría, nos encontraríamos actualmente ante una Quinta Revolución Industrial, la cual comenzó en torno a 1995 con el auge de Internet, las redes de ordenadores y la biotecnología. Si bien esta teoría presenta un marco válido en el que encuadrar las revoluciones industriales y las crisis económicas que han tenido lugar en los últimos dos siglos, incurre en un problema fundamental: la vaga definición de los *clústeres* de innovación, los cuales no aparecen marcados en el tiempo con innovaciones

concretas, sino que se dan con una vaga noción de un conjunto de invenciones (Buendía, 2019).

A fin de que el presente proyecto acerca de la digitalización y sus efectos tenga el mayor alcance posible, en cuanto a que presente un marco que resulte válido para un mayor número de perspectivas, el análisis se encuadrará dentro de la Cuarta Revolución Industrial según los términos enunciados por Schwab. Además, esta teoría es la que presenta una justificación más sólida en cuanto a su existencia y naturaleza - como se ha explicado anteriormente - por lo que se presenta como el marco teórico más factible para procurar la validez del proyecto.

### **2.2.2. El rol de la digitalización en la Revolución Industrial 4.0**

En línea con la teoría de Schwab, la digitalización, en términos generales, se puede definir como “la maximización y explotación de las oportunidades digitales mediante la combinación de diferentes tecnologías”, lo cual ha hecho posible la creación de productos disruptivos y radicalmente innovadores; es decir, en el caso de la Revolución Industrial 4.0, la digitalización ha sido el elemento tractor que ha motivado una ola de innovación, provocando cambios en las estructuras sociales, políticas y económicas; a este fenómeno se le conoce como “transformación digital” (Matzler et al., 2016).

Echando la vista treinta años atrás, sería impensable imaginarse la posibilidad de poder acudir a una reunión en cualquier parte del mundo en remoto, o sustituir los burofaxes por mensajes instantáneos, lo cual son realidades que hoy en día tenemos más que integradas en el día a día. La digitalización y la tecnología se han convertido en una parte fundamental de los modos de producción y de vida imperantes en el siglo XXI. Por ello, con objeto de realizar un análisis completo acerca de los efectos de la digitalización en los diferentes niveles (social, económico...), se distinguirán dos planos de análisis: uno “micro” que englobará las empresas y compañías, y uno “macro”, que representará el conjunto de la economía.

A continuación, en la Tabla 1, se presentan las principales tecnologías impulsoras de la digitalización en la Revolución industrial 4.0, con objeto de analizar, posteriormente, su impacto en las realidades mencionadas anteriormente:

**Tabla 1: Tecnologías protagonistas de la Revolución Industrial 4.0**

Nivel	Herramienta	Descripción
<b>Básico</b>	Email	El correo electrónico permite a las empresas comunicarse eficazmente con proveedores y clientes.
	Sitios web	Los sitios web permiten a las empresas compartir sus productos y servicios mediante imágenes, videos, audios, así como su información básica de contacto.
	Videollamadas	Plataformas que permiten reuniones virtuales, ahorrando costes, facilitando los intercambios independientemente de las distancias físicas y facilitando el teletrabajo.
	Administración electrónica	Permite a empresas y particulares conectarse con la Administración Pública para consultar información, imprimir documentos y realizar diferentes trámites.
	Banca online	Operaciones bancarias como transferencias, inversiones, pago de facturas, etc.
	Redes sociales	Información y comunicación instantánea con clientes reales y potenciales.
	Comercio electrónico	Adquisición de bienes y servicios a través de diferentes mecanismos de pago electrónico. Proceso disruptivo que afecta incluso a los modelos de negocio.
<b>Avanzado</b>	Virtual Private Network (VPN)	Las VPN son redes privadas que utilizan la infraestructura de Internet.
	Intranet	Red de comunicación privada e interna en una empresa, basada en protocolos de Internet, pero sólo accesible para usuarios autorizados.
	Extranet	Extensión segura de una Intranet que permite el acceso externo.
	Sistemas de gestión	Ejemplos: Gestión de Relaciones con los Clientes (CRM), Planificación de Recursos Empresariales (ERP), Gestión de Procesos Empresariales (BPM), Gestión de la Cadena de Suministro (SCM).
	Identificación por radiofrecuencia (RFI)	La RFI utiliza ondas de radio para identificar personas u objetos.
	Servidores de almacenamiento	Ordenadores que ofrecen a otros ordenadores en remoto espacio de almacenamiento de archivos.
	Cloud Computing	Servicios TIC accesibles a distancia para uso de software, capacidad de procesamiento o espacio de almacenamiento.
	Big Data	Conjuntos de datos extremadamente grandes que pueden analizarse computacionalmente para aumentar la competitividad, diseñar estrategias, innovar o mejorar la experiencia de los clientes.
	Internet de las cosas (IoT)	IoT representa la incorporación a objetos físicos de sensores, capacidad de procesamiento y software que conectan e intercambian datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet.
	Impresión 3D	La impresión 3D permite mejorar y adaptar los productos a las necesidades de cada cliente y suministrar mercancías bajo demanda, lo que repercute positivamente en la gestión de las existencias.
<b>Disruptivo</b>	Robótica	La robótica puede transformar la producción aumentando la eficiencia y la productividad. Los robots pueden ser multifunción y multigoal.
	Inteligencia Artificial (IA)	La ciencia y la ingeniería de fabricar máquinas inteligentes, especialmente programas informáticos inteligentes.
	Realidad virtual - Metaverso	Tecnología informática para crear entornos simulados. Las experiencias simuladas pueden ser parecidas o completamente diferentes del mundo real.
	Tecnologías inalámbricas 5G	La tecnología inalámbrica 5G ofrece velocidades de datos máximas de varios Gbps, latencia ultrabaja, más fiabilidad y una capacidad de red masiva.
	Blockchain	Se refiere a un sistema descentralizado de bloques vinculados entre sí mediante criptografía, que se utiliza para registrar información de forma que sea difícil o imposible cambiarla o piratearla.

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla elaborada en “A literature review on firm digitalization: drivers and impacts”, Jung & Gómez Bengoechea, 2022.

## **CAPÍTULO II. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

En el presente capítulo se procederá a realizar el análisis de los efectos de la digitalización sobre las realidades objeto de estudio: las empresas y la macroeconomía. En primer lugar, se procederá a realizar un análisis cualitativo en el que se extraiga de forma teórica el impacto de la digitalización, con objeto comprobar la hipótesis inicial, y, en última instancia, ésta se comprobará empíricamente a través de un modelo de regresión lineal.

### **3. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN**

El análisis cualitativo llevado a cabo en este apartado se ha realizado revisando exhaustivamente la literatura pertinente de la materia.

### 3.1. Análisis cualitativo de los efectos de la digitalización sobre las empresas

En el contexto de la empresa, el concepto de digitalización se utiliza para describir los cambios en la organización - así como en su modelo de negocio - debido a la implementación de tecnología para mejorar el alcance y rendimiento de la compañía.

Para analizar el impacto que tiene la digitalización en las empresas, entendidas como las “unidades fundamentales de producción de bienes y servicios” (Reynoso Castillo, 2014), se procederá a realizar un análisis dividido en dos partes: en la primera, se estudiarán los efectos concretos de la digitalización sobre la cadena de valor de las compañías, mientras que, en la segunda se analizará cómo ésta ha afectado a los modelos de negocio.

#### 3.1.1. Análisis de la digitalización de la cadena de valor

La cadena de valor de una organización, creada por Michael Porter (1985) es un esquema que “localiza las principales actividades creadoras de valor para los clientes, así como las de apoyo” (Quintero, 2006).

**Gráfico 2: La cadena de valor de Porter**



Fuente: Adaptado de “*The Competitive Advantage*” por Porter, 1985.

Como aparece ilustrado en la imagen, la cadena de valor se presenta como una serie diferenciada de pasos, que abarca desde la recepción de las materias primas por parte de la empresa, hasta la recepción del producto/servicio por parte del consumidor final; y es precisamente en ese rasgo característico, en la “diferenciación de los pasos”, donde la digitalización tiene un mayor impacto, convirtiendo esa cadena de valor en un ecosistema integrado, totalmente transparente para todos los agentes implicados (PWC, 2016).

La digitalización permite la planificación integrada del conjunto de actividades de la cadena de valor. Las tecnologías digitales, como el Big Data o el Cloud computing, permiten reunir todos los datos logísticos, así como de clientes, proveedores y almacenes (PWC, 2016). De esta forma, la compañía puede tener un control total “*end to end*” sobre los insumos y los productos terminados, ajustando de forma mucho más exacta la oferta de la compañía a la demanda, y optimizando todas las actividades primarias de la cadena de valor, facilitando así la aparición de sinergias y de economías de escala. Esto se traduce no sólo en una reducción de costes (fijos y variables) para la empresa, sino también en una respuesta mucho más eficiente - y por tanto, atractiva - orientada hacia un consumidor cada vez más exigente en términos temporales y de calidad (Szalavetz, 2019).

Además, la digitalización facilita el modelaje de futuros escenarios ficticios en los que podría incurrir la compañía en cuestión, lo cual la prepara ante las posibles adversidades que pueda encontrar, favoreciendo la detección de errores y reduciendo así la posibilidad de aparición de cuellos de botella (Gu et al., 2021); esto permite a las compañías adaptarse rápidamente a los cambios externos y al entorno, lo cual, dados los altos niveles de incertidumbre y volatilidad de la época actual, se convierte en un factor clave para la supervivencia de los negocios .

Asimismo, la digitalización maximiza la transparencia de la cadena de valor, ya que la información obtenida gracias sus tecnologías se caracteriza por ser constante y completa, tanto nivel interno como externo; se cruzan datos internos - consumo de la variable tiempo en las fases de operaciones, de logística o de distribución - con externos - como el clima, el tráfico o eventos sociales como festivos o manifestaciones - mediante



la integración de algoritmos matemáticos con tecnologías como el GPS, RFID<sup>2</sup> o GSM<sup>3</sup> (Smith, 2005), para planificar, de la manera más precisa posible, cómo se puede proveer al cliente eficientemente, tomar las decisiones que maximicen esa eficiencia y anticipar posibles problemas futuros, tanto en la fase de producción como en la de distribución (PWC, 2016). Esto satisface la creciente demanda por parte de los negocios B2B<sup>4</sup> y B2C<sup>5</sup> de obtener información en tiempo real acerca del transporte o la fecha de entrega. El tener digitalizadas estas actividades permite a la compañía planificar la fase de operaciones, equilibrar la oferta de la empresa a la demanda del mercado y sanear la estructura de costes (Szalavetz, 2019).

Además, las tecnologías de la digitalización han fomentado la aparición de nuevas tendencias incipientes en los procesos de las empresas; por ejemplo, la aparición del concepto de almacenes inteligentes, los cuales se prevé que reduzcan de manera drástica, en un plazo inminente, la mano de obra, maximizando la gestión del espacio y del inventario, el transporte autónomo y la preparación de los pedidos, mediante la aplicación de herramientas de software, la AI y otros dispositivos como tecnológicos como drones (Smith, 2005).

Otras tecnologías como la impresión 3D también están integrándose en los procesos productivos de las empresas, principalmente en la fase de operaciones y, especialmente, en la gestión de repuestos; no sólo para predecir, a partir de modelos ejecutados mediante Big Data, las necesidades de almacén, sino para habilitar la fabricación propia de materiales y componentes clave en la fase de operaciones, resultando en integraciones verticales hacia atrás para las empresas (Chang et al., 2018) pues esto disminuye drásticamente la dependencia de éstas hacia los proveedores - y, por tanto, el poder de negociación de éstos.

En línea con esto, la digitalización también ha causado cambios disruptivos en la logística externa, en cuanto a la “logística B2C autónoma” mediante la implementación de tecnologías de optimización de rutas (Herold et al., 2021) - resultando en un servicio

---

<sup>2</sup> Radio frequency identification.

<sup>3</sup> Global system for mobile communication.

<sup>4</sup> Business to business.

<sup>5</sup> Business to consumer

a cliente más efectivo - e, incluso, de tecnologías *autodrive* - si bien éstas siguen en fase de desarrollo - agilizando de forma exponencial el proceso logístico. Además, a raíz de la digitalización, han surgido nuevos canales de distribución, no contemplados anteriormente, como el *e-shopping* o las redes sociales, revolucionando la función de marketing y ventas tradicional.

Igualmente, otras funciones, como la de recursos humanos o de servicio postventa, están sufriendo un alto grado de mecanización debido a la aplicación de estas tecnologías, especialmente de Big Data y de AI.

Adicionalmente, resulta relevante destacar el papel de la pandemia del Covid-19 como impulsor de la adopción de las tecnologías digitales por parte de las empresas. Debido a las insólitas circunstancias de cese de la actividad económica, muchas compañías se vieron forzadas a adquirir e incorporar equipos y plataformas de software que les permitieran continuar, en la medida de lo posible con su negocio. Esto ha permitido a los trabajadores ahorrar tiempo de desplazamiento, reduciendo el desgaste de los mismos y aumentando la satisfacción laboral en general (Bloom et al., 2022), en comparación con el trabajo oficial en la oficina. De hecho, parece que una de las “secuelas” de la pandemia ha sido la adopción de modos de trabajo en remoto por parte de las compañías. Asimismo, el Covid ha impulsado, especialmente, la adopción de nuevos canales de distribución por parte de los negocios – como el *e-commerce* – y, además, la utilización por parte de segmentos de clientes más reticentes al cambio, como los de mayor edad (OCDE, 2020). De esta forma, la pandemia no sólo cambió las dinámicas de trabajo en las empresas a través del “teletrabajo” sino que, tuvo, asimismo, un impacto significativo en el desarrollo de las formas de distribución, los canales y hasta las costumbres de los consumidores, fomentando la adopción de estrategias multicanales por parte de las compañías, y forzando a los clientes al abandono de sus hábitos tradicionales de compra.

Así, la idea con la que irrumpe la digitalización en las empresas no es la de cambiar las actividades de la cadena de valor de forma aislada mediante el uso de datos, sino cambiar los factores que las forman para responder mejor a las necesidades, tanto internas como externas, y así transformar, en última instancia, la cadena de valor en su conjunto, creando un ecosistema integrado imperado por los datos. Esto apela

directamente a los mandos directivos de la compañía y de cada una de las actividades que conforman la cadena de valor, pues deberán tener en cuenta tanto datos externos - entorno económico, geopolítico, tendencias de mercado, modas, entre otros - e internos - capacidades de la propia empresa, costes, empleados, entre otros - con la finalidad de encontrar patrones que les permitan identificar riesgos y oportunidades, tanto internos como externos.

### **3.1.2. Análisis de la digitalización del modelo de negocio**

El término “modelo de negocio” fue acuñado por primera vez por Peter Drucker (1954) con objeto de explicar los requisitos que, según él, un negocio debía tener para ser exitoso, si bien no establecía una definición clara del término. Así, el autor concluyó que un modelo de negocio eficiente debía dar respuesta a tres preguntas: “¿Quién es el cliente?, ¿Cuál es la percepción de valor por parte del cliente?, ¿Cómo se captura el valor entregado al cliente en términos económicos?” (Ducker, 1954).

La aportación de Ducker, si bien altamente útil, es un tanto ambigua. Así, a pesar de que no existe una definición de referencia establecida para el concepto de modelo de negocio, autores como Zott y Amit (2010) lo describen como “el contenido, estructura y gobernanza de las transacciones diseñadas para crear valor mediante la explotación de oportunidades de negocio” (Zott & Amit, 2010). Por su parte, Chesbrough y Rosenbloom (2002) consideran que el modelo de negocio es el constructo medio entre los insumos tecnológicos y los resultados económicos, es decir, el encargado de organizar la estructura de la cadena de valor mediante la definición del conjunto de actividades “creadoras de valor” que la conforman (Chesbrough & Rosenbloom, 2002).

A pesar de que existen multitud de definiciones para el concepto, todas coinciden en un punto: el modelo de negocio es la forma de organizar la compañía, marcada por la estrategia empresarial que se quiera seguir (Hui, 2014). De esta forma, existen tres tipos de estrategias empresariales genéricas enunciadas por Michael Porter (2008): liderazgo en costes, diferenciación y enfoque (Porter, 2008).

Siguiendo la línea de pensamiento que aborda la destrucción creativa de Schumpeter (1939), el reflejo de la destrucción de la “antigua innovación” por parte de la

“nueva innovación” en los agentes económicos empresariales reside en la obsolescencia de los modelos de negocio existentes, forzando la creación de nuevos modelos que integren las innovaciones; de esta forma, se cambia la forma en que estos modelos crean, capturan y entregan el valor al cliente conforme surgen las tecnologías.

La creación y captura de valor hacen referencia a las actividades que solucionan las necesidades del cliente y a su monetización, respectivamente. En el mundo de la Cuarta Revolución Industrial, caracterizado por el carácter global y la feroz competencia entre las compañías por captar clientes, la diferenciación en el valor del producto - y su traducción monetaria- se han convertido en un reto aún mayor. Además, se ha incorporado un nuevo “jugador” al tablero de los bienes y servicios: la digitalización - y, especialmente, los datos. Esto ha provocado un cambio en la mentalidad, anteriormente dirigida al producto, orientándola cada vez más a la provisión de un servicio adicional al consumidor derivado de la tecnología (Tahiri, 2022).

Esto ha tenido como consecuencia el cambio profundo en las compañías, especialmente en las estructuras de costes. Actualmente, la digitalización y todas sus consecuencias han provocado que el hecho de producir un nuevo insumo contemple nuevos costes adicionales de I+D, así como posibles incrementos en los fijos y variables; por ello, muchas empresas están sustituyendo la estrategia de creación de un producto totalmente nuevo que se adapte a las demandas marcadas por la transformación digital, por la adaptación e integración de los modelos de negocio a ésta (Zott y Amit, 2010). Además, esta nueva tendencia observada en las compañías también ha abierto la posibilidad de integración de las tres estrategias empresariales genéricas - tradicionalmente consideradas mutuamente excluyentes - para reforzarse mutuamente a la hora de crear y capturar valor (Hui, 2014).

Esta teoría del impacto positivo de la digitalización sobre las empresas ha sido apoyada por multitud de estudios. Por ejemplo, Sundaram et al. (2020) realizaron estudios sobre una muestra de diversas compañías, concluyendo que la integración de la digitalización en los modelos de negocio puede ayudar a mejorar las actividades empresariales, las ganancias de producción, los ingresos y puede contribuir al crecimiento económico general (Sundaram et al., 2020).

Westerman et al. (2012) realizaron un estudio sobre 184 empresas en el que encontraron relación entre el rendimiento financiero y la madurez digital. Se concluyó, pues, que las empresas que invertían mayor cantidad de recursos en la adopción de tecnologías digitales, así como en la gestión de la transformación digital, superaban drásticamente a las empresas menos maduras desde un punto de vista financiero. Además, descubrieron que aquellas empresas que incorporaban un mayor nivel de digitalización en sus procesos sacaban una mayor rentabilidad a los activos existentes, y presentaban mayores ingresos en relación con las empresas menos desarrolladas en el campo digital. Estas conclusiones fueron consistentes con las obtenidas por Berman et al. (2011) y Lambrecht et al. (2014) en sus respectivos estudios.

Habiendo recorrido los efectos de la digitalización de las empresas a lo largo de su cadena de valor y de sus modelos de negocio, parece que, ésta no está sólo remodelando la forma en la que las compañías, como agentes económicos, se relacionan con sus clientes, sino que, además, está teniendo un impacto positivo en términos de eficiencia de costes, surgimiento de sinergias y aparición de economías de escala, impactando, por tanto, de forma positiva en los ingresos. Por otro lado, se ha de tener en cuenta que la cuestión de la adopción y transformación digital no sólo ha traspasado la frontera que la categorizaba como impulsora de ingresos y de eficiencia, sino que, progresivamente, se está convirtiendo en una cuestión de supervivencia para las empresas: adaptarse a las tecnologías digitales, o perder ventaja competitiva hasta el estancamiento de los ingresos. Esto está, parcialmente, alineado con la *HI* expuesta al inicio del presente proyecto, si bien la cuestión seguirá abordada a lo largo del mismo.

### **3.2. Análisis cualitativo de los efectos de la digitalización sobre la macroeconomía**

En esta sección se procederá a realizar un análisis a gran escala de los efectos económicos de la digitalización y de la economía digital; en otras palabras, cómo afecta a nivel macroeconómico de los estados la incorporación y adopción de la digitalización en sus factores productivos. Si bien es cierto que los efectos se producen en todas las dimensiones macroeconómicas - PIB, inversión, consumo, entre otros - siguiendo el planteamiento de Klaus Schwab, se procederá analizar las tres variables más afectadas:

crecimiento, productividad, y empleo, con objeto de sentar base para el análisis del PIB y de la productividad en apartados posteriores.

### **3.2.1. La economía digital y las perspectivas en torno a ella**

Las tecnologías digitales han dado paso a la creación de la “economía digital”, término acuñado por Don Tapscott en los 90 para hacer referencia al uso de las tecnologías de la información en los procesos de producción de bienes y servicios, así como en su comercialización y consumo (Santander, 2022).

Posteriormente, la economía digital sería aterrizada a tres elementos fundamentales, identificados por Mesenbourg (2001), y que dan sentido a la relación entre las tecnologías explicadas anteriormente:

1. La infraestructura utilizada para desarrollar los procesos de negocio electrónico, así como el comercio digital. Es decir, la tecnología empleada para producir estos procesos, dentro de la que se incluyen el hardware, el software y el capital humano necesario para programarlos (Mesenbourg, 2001).
2. El *e-business*, el cual se define como cualquier proceso que una organización empresarial lleva a cabo a través de la tecnología digital. Bajo esta categoría se incluyen las funciones de compras, ventas, producción y logística, entre otros (Mesenbourg, 2001)
3. El *e-commerce*, que es el valor de los bienes y servicios de la tecnología digital. Una transacción por *e-commerce* se materializa si comprador y vendedor llegan a un acuerdo en línea para transferir la propiedad o los derechos sobre un determinado bien o servicio y, una vez llegado el acuerdo, se procederá al pago monetario (Mesenbourg, 2001).

Así, el rasgo que más caracteriza a la economía digital es la interconectividad entre los dispositivos, que es la que posibilita coordinar los procesos de *e-business* y de *e-commerce*, a través de la infraestructura.

Varios estudios han demostrado que la economía digital se considera la principal fuente de crecimiento económico tanto en países desarrollados como en desarrollo (Pradhan et al., 2019), (Cheng et al., 2021).

No obstante, los economistas se encuentran divididos en cuanto a los efectos beneficiosos de ésta, bifurcándose en dos corrientes: los tecno-pesimistas y los tecno-optimistas (Schwartz, 2016).

Por un lado, los tecno-pesimistas como Gordon (2016) argumentan que los aportes críticos de la Revolución industrial 4.0 apenas son perceptibles y que ya están llegando a su fin, y por tanto, en el medio plazo, los efectos de ésta sobre la productividad se estancarán. De esta forma, los economistas defensores del tecno-pesimismo sostienen que, a diferencia de la Primera, Segunda y Tercera Revolución Industrial, las innovaciones de la Cuarta no han conllevado cambios bruscos en las sociedades ni en los estados. Más bien, la Revolución Industrial 4.0 se ha presentado como una continuación del flujo de innovación comenzado en la Tercera, sin aportar cambios bruscos en las dimensiones de la vida humana, y únicamente conllevando cambios concretos en ciertas dimensiones que no han derivado en “giros de 180°” en los modos de vida de las sociedades, a diferencia de lo ocurrido con la irrupción de innovaciones como la máquina de vapor o la electricidad (Gordon, 2019).

Asimismo, los tecno-pesimistas predicen un potencial impacto deflacionario de la tecnología y, especialmente, en la sustitución de la mano de obra por la tecnología, derivando en una reducción del factor trabajo y de los salarios - lo cual implicaría, por consiguiente, un estancamiento del consumo (Schwartz, 2016).

Por otro lado, los tecno-optimistas como Brynjolfsson y McAfee (2016) defienden precisamente el carácter disruptivo y transformacional de la tecnología, argumentando que los efectos de esta revolución se encuentran en su punto de inflexión, defendiendo la existencia de un gran margen en el impacto de ésta sobre el crecimiento y la productividad (Schwartz, 2016). Para ello, se apoyan con especial intensidad en el argumento que explica que las tecnologías digitales provocan que el coste marginal de la unidad tienda a cero, ya que éstas fomentan la aparición de sinergias, así como de economías de escala.

### **3.3. Análisis de los efectos de la digitalización en las variables macroeconómicas**

A continuación, se procederá a estudiar los efectos de la digitalización a nivel general sobre las principales variables macroeconómicas: el crecimiento económico, la productividad y el factor trabajo.

#### **3.3.1. Los efectos de la digitalización sobre el crecimiento económico**

La economía digital se considera el motor del progreso tecnológico. Su desarrollo puede disrumpir las industrias tradicionales, mitigar los efectos de la recesión económica a través de la innovación tecnológica y la transformación industrial, formar nuevos puntos de crecimiento económico y promover un desarrollo económico de alta calidad.

Las expectativas en torno a la economía digital son sólidas. De hecho, el Banco Mundial estima que ésta genera, aproximadamente el 15% del PIB global (Hayat, 2022). En línea con esto, un estudio centrado en las expectativas generadas alrededor de la economía digital concluyó que, un aumento del 5% en la “confianza en las tecnologías digitales<sup>6</sup>” aumenta, de media, en \$3.000 el PIB per cápita (CEBR, 2022).

Las claves para explicar esta confianza del mercado y los gobiernos en la digitalización es que ésta se presenta como un fenómeno impulsor de la eficiencia de los procesos productivos - y, por ende, de la productividad - permitiendo la creación de productos y servicios más avanzados que satisfagan de forma más adecuada las necesidades de la población y de los mercados, así como la mejora de los ya existentes. Además, supone una oportunidad de interconexión y de maximización de la globalización, sobrepasando las fronteras físicas y geográficas, dinamizando, de esta forma, las fuerzas de la oferta y la demanda, lo que deriva, inevitablemente, en una revolución sin precedentes. Así, las variables de consumo, gasto, inversión y exportación se verían positivamente estimuladas, pudiendo alcanzar nuevos horizontes cuantitativos.

---

<sup>6</sup> Definida como la confianza de los consumidores en las tecnologías de la digitalización referidas en la Tabla 1, hace referencia a la actitud de los consumidores hacia este tipo de tecnologías, medida a través de encuestas realizadas por el CEBR (Centre for Economics and Business Research).



Todo esto se traduciría en crecimiento económico - es decir, en crecimiento del PIB (Zhang & Zhao, 2022) - así como en creación de empleo y en innovación. De esta forma, se espera que la industria de la tecnología para la transformación digital crezca a una tasa de crecimiento anual. Compuesto (CAGR)<sup>7</sup> del 21,1% (MarketsandMarkets Research Pvt. Ltd., 2022). Concretamente, las tecnologías digitales en las que más confianza se deposita son la industria formada alrededor de la inteligencia artificial y del IoT, así como el Big Data.

Sin embargo, se ha demostrado que este crecimiento económico impulsado por la economía digital no es homogéneo a nivel global; según el World Economic Forum, los estados en la fase más avanzada de digitalización obtienen un 20% más de beneficios económicos que los que se encuentran en la fase inicial (Sabbagh, 2012). En un estudio que la organización llevó a cabo en 2012 en una muestra de 150 países, se concluyó que un aumento de la digitalización en 10 puntos porcentuales provocaba un incremento del PIB per cápita entre el 0,5% y 0,62% (Sabbagh, 2012), según el nivel de digitalización existente en las economías; de esta forma, se concluyó que, a mayor nivel de digitalización existente, mayor incremento del PIB.

Algunos académicos explican esta disparidad entre estados de los beneficios de la digitalización justificando que la economía digital es una industria emergente que requiere una elevada inversión de capital inicial. Dado que la construcción de infraestructuras se ha completado en su mayor parte en zonas económicamente desarrolladas, la velocidad a la que se desarrolla la economía digital consecuentemente más rápida, por lo que acentúa, de cierta forma, las disparidades económicas regionales y agrava el desarrollo desequilibrado de los estados (Jianing & Fangyi, 2022).

Así, se ha creado un *gap* en términos de crecimiento económico entre aquellos estados que aprovechan la ventana de oportunidad de la digitalización, frente a aquellos que se han quedado atrás a este respecto, no sólo en términos de “países desarrollados” y “en vías de desarrollo”, sino también dentro de los propios grupos (Hwan-Joo & Young Soo, 2009).

---

<sup>7</sup> Compound annual growth rate o tasa de crecimiento anual compuesto,  $CAGR = (Valor\ final/Valor\ inicial)^{1/t} - 1$

Sin embargo, un contra argumento sólido a esta teoría es que el efecto positivo de la digitalización sobre la economía no se refleja de forma adecuada en las estadísticas nacionales ni en las balanzas de pagos de los estados (Itkonen, 2019); así, los descuadres se deberían a la dificultad para cuantificar económicamente la aparición de ventajas intangibles derivadas de la digitalización, como la aparición de nuevos bienes y servicios gratuitos, los cambios de calidad en los productos existentes, y la circulación de capital intelectual entre países, lo cual infravaloraría el crecimiento del PIB y de la producción, sobrevalorando, en el otro extremo de la balanza, la tasa de inflación de los estados (Itkonen, 2019).

Esto podría justificarse por la deficiencia de los cálculos de los indicadores económicos - como el PIB, la productividad, los indicadores del sector público o la distribución de la renta, entre otros - para cuantificar el valor añadido generado a raíz de la irrupción de la digitalización en las actividades económicas y su aportación al Estado de bienestar, lo cual supone un gran reto para los economistas en la actualidad (Itkonen, 2019).

Lee, Gholami y Tong (2005) concluyeron que la inversión en TIC contribuye al crecimiento económico en muchos países desarrollados y economías recientemente industrializadas, pero no en los países en desarrollo. La causalidad en los países desarrollados va de la inversión en TIC al crecimiento, mientras que en los países en desarrollo va del crecimiento a la inversión en TIC (Gholami et al., 2005).

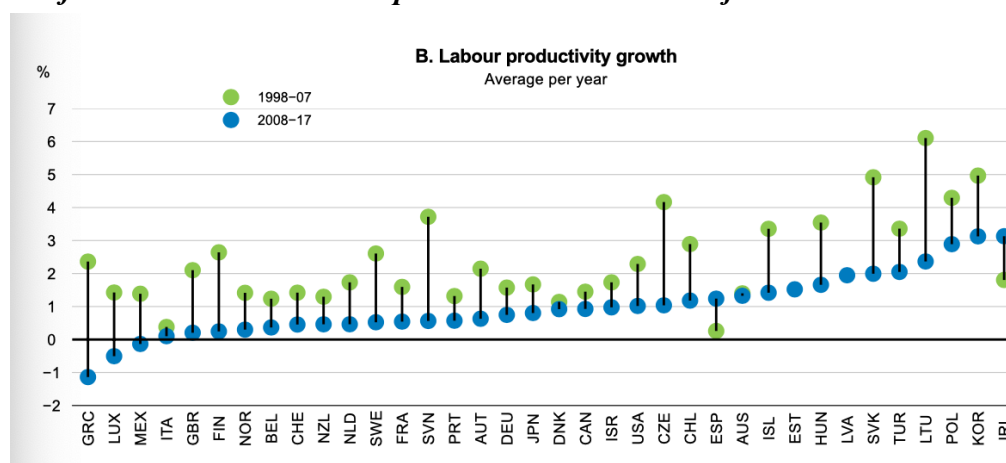
### **3.3.2. Los efectos de la digitalización sobre la productividad**

La productividad es una medida de eficiencia de los factores; por tanto, en función del tipo de factor del que se trate, se puede hablar de un tipo de productividad u otro. Así, la productividad del trabajo se define como “la cantidad de bienes y servicios por unidad de trabajo utilizado” (Fontalvo, 2018). Por su parte, la productividad total de los factores (PTF) hace referencia a “la proporción de la producción no explicada por la cantidad de insumos utilizados a lo largo del proceso de producción” (Comin, 2008).

Ante esto, y en línea con lo explicado anteriormente, la digitalización se presenta como una oportunidad teórica para maximizar la productividad total de los factores (PTF), ya que mejora la eficiencia en la cadena de valor de las empresas, disminuyendo, en la mayoría casos, los inputs, y maximizando la cantidad de producto final o output .

Si bien este efecto está demostrado, parece que el crecimiento de la productividad laboral se ha estancado en los últimos años (OCDE, 2019), como se puede apreciar en el Gráfico 3, lo cual resulta paradójico.

**Gráfico 3: Crecimiento de la productividad en el trabajo en miembros de la OCDE**



Fuente: Adaptado de “Digitalisation and productivity: a story of complementarities”, OCDE, 2019.

Este fenómeno - la percepción de que la innovación tecnológica no se traduce en mayores niveles de productividad (Schawb, 2016) - ha sido denominado “la paradoja de la productividad”, y fue debatido ávidamente por Robert Solow para explicar el estancamiento productivo de Estados Unidos en la década de 1970 y 1980. Actualmente, sigue siendo un debate intenso en cuanto al auge de la economía digital.

La OCDE argumenta que, este estancamiento de la productividad se debe, en parte, a la restricción de la disposición de crédito para la inversión derivada de las crisis económicas, así como a problemas estructurales más profundos, como el declive del dinamismo empresarial o al rendimiento de las compañías de menor productividad, lo cual habría ejercido de contrapeso a los beneficios derivados de la digitalización en la cuantificación de los niveles de productividad agregada (OCDE, 2019).

Por otro lado, Brookings defiende que este estancamiento se debe a la desigualdad de participación en la digitalización por parte de las empresas. Según la entidad, algunas compañías han aprovechado la oportunidad digital, dominando mercados cada vez más concentrados debido al progreso tecnológico, a costa de la captación de cuota de mercado de otras compañías, las cuales habrían experimentado una reducción en sus niveles de productividad (Brookings, 2022). Asimismo, la organización explica que esto ocurre, en gran parte, debido a la ineficiencia de las políticas y organizaciones públicas para resolver estas desigualdades entre las compañías y para el reparto eficiente de recursos.

Desde una perspectiva tecno-optimista, se puede argumentar que las magnitudes utilizadas por los para medir la productividad no captan adecuadamente las ventajas derivadas de la digitalización y de la revolución industrial 4.0. Así, Schwab ilustra este punto mediante el ejemplo del sector de taxis; las *apps* de taxis ofrecen un aumento de eficiencia en cuanto a este tipo de servicio; sin embargo, al ser servicios gratuitos, resulta en un valor “incontable”, que no sería registrado en las estadísticas nacionales elaboradas por cada estado (Schwab, 2016). Por tanto, el problema no residiría en que la digitalización no aumente la productividad y la eficiencia, sino en la obsolescencia del sistema para registrar estas magnitudes.

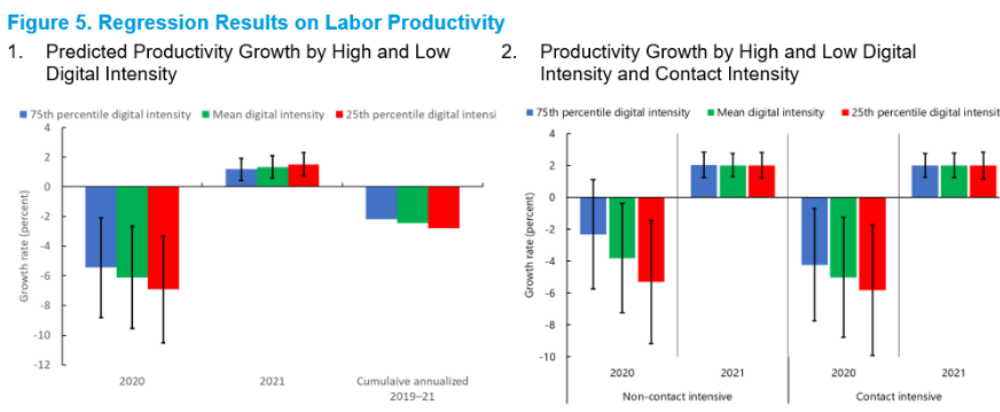
Así, se pueden apreciar diferentes teorías en cuanto al impacto de la economía digital en la productividad. La teoría más plausible es que, al igual que la Revolución Industrial 4.0 se presenta como un fenómeno sin precedentes, sus ventajas y beneficios se presentan también de una manera distinta a las de revoluciones industriales anteriores, y, por tanto, quizás sea necesario el “asentamiento de la innovación” para que estos efectos positivos se desplieguen plenamente; además, la realidad de los últimos años, marcada por la crisis de las cadenas de suministro derivada de la Pandemia y las crisis económicas (la financiera del 2008 y la post-Covid 19), no se presenta como un escenario “*ceteris paribus*” para medir de forma objetiva los efectos de la economía digital.

De hecho, existen multitud de estudios que refutan la paradoja de la productividad, apoyando la premisa de que las tecnologías IT tuvieron un impacto positivo en el crecimiento económico y en la productividad en la década de los 80s, 90s y 2000s

(Brynjolfsson & Yang, 1996), (Brynjolfsson & Hitt, 2000), (Oliner & Sichel, 2000) y (Crépon et al., 2003).

Asimismo, el FMI publicó un informe en marzo de 2003 (Jaumotte et al., 2023), en el que realizó un estudio sobre nueve sectores en veintidós economías europeas en el período 2019-2021. En él se asociaron los altos niveles de intensidad digital en un sector con una reducción sustancial en las pérdidas de productividad laboral sectorial durante la pandemia del Covid-19. Así, como se puede apreciar en el Gráfico 4, los resultados mostraron que, en 2020, la pérdida de productividad sectorial en respuesta al choque pandémico fue un 20% menor para aquellos con un nivel alto de intensidad digital -percentil 75 en la imagen - frente a aquellos con un nivel bajo de la misma -percentil 25 (Jaumotte et al., 2023). Por tanto, se puede inferir del gráfico 4 que la digitalización ayudó al mantenimiento de la integridad de la jornada laboral durante la pandemia – lo que, consecuentemente, protegió la cantidad de output final obtenido de los factores.

**Gráfico 4: Productividad laboral durante la Pandemia en función de la intensidad digital**



Fuente: Adaptado de “How Pandemic Accelerated Digital Transformation in Advanced Economies”, Jaumotte et al., 2023.

### 3.3.3. Los efectos de la digitalización sobre el factor trabajo

Por su parte, los efectos de la economía digital en el factor trabajo se traducen en la reducción de errores, aumento de la velocidad y de la eficiencia y, en última instancia,

la automatización de ciertos tipos de empleos (McKinsey&Company, 2017), lo cual es de especial urgencia en los estados con población envejecida (Alistair, 2019).

Como se ha expresado anteriormente, la incorporación de la tecnología digital en las cadenas de valor mejora la eficiencia en las empresas, ya que agiliza un gran número de procesos. Esto tiene un doble efecto:

Por un lado, se automatizan un gran número de procesos, ya que las máquinas y la tecnología pueden sustituir al factor humano en ciertas tareas, especialmente en trabajos manuales (Eurofound, 2021). De esta forma, un gran número de “*bluecollar jobs*”<sup>8</sup> de salario bajo y medio quedarían obsoletos, en pos de la computarización de empleos repetitivos.

Concretamente, las tendencias apuntan a tasas de empleo incrementales en trabajos cognitivos con altos niveles de remuneración (*white collar jobs*) y en trabajos manuales de remuneración muy baja (Goos and Manning (2007),). El argumento más extendido para justificar este comportamiento de las tasas de empleabilidad es que existen ciertas habilidades, especialmente las relacionadas con emociones, sentimiento, juicio y toma de decisiones, que no pueden ser sustituidas por máquinas. De la misma forma, existen ciertas tareas que requieren de unas habilidades físicas específicas que, hasta el momento, las máquinas y la tecnología no pueden alcanzar (Frey& Osborne, 2013).

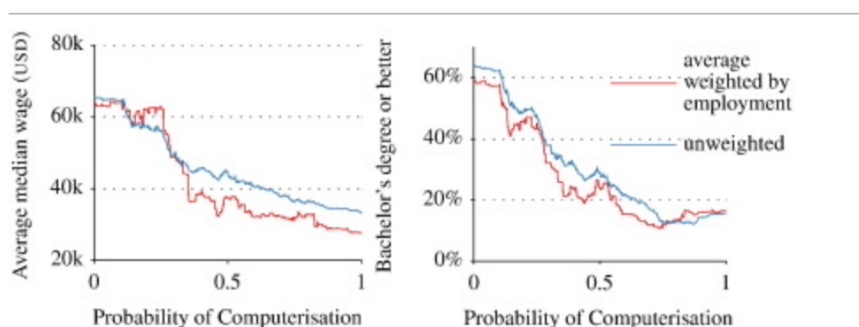
Sin embargo, un estudio más reciente llevado a cabo por los mismos autores matiza este punto (Frey & Osborne, 2017). Según éste, la tendencia de la mecanización del mercado laboral ha cambiado. Así, en lugar de sustituirse mayoritariamente las ocupaciones de remuneración media, protegiéndose, en un elevado grado, tanto las de alto como las de bajo nivel remuneración, como concluyeron en su estudio de 2013 (Frey & Osborne, 2013), en un futuro próximo, los autores estimaron que se mecanizarán los puestos de bajo nivel de remuneración y de cualificación, siendo, aquellos de medio y alto nivel de remuneración, menos susceptibles a este fenómeno (Frey & Osborne, 2017). De esta forma, el estudio estableció una relación entre el nivel educativo necesario para desarrollar la actividad de un puesto de trabajo, el salario, y el riesgo de mecanización,

---

<sup>8</sup> Entendido como trabajos repetitivos que pueden ser realizados por máquinas (Frey & Osborne, 2013).

como aparece plasmado en el Gráfico 5. De esta forma, a mayor nivel educativo del trabajador que ocupa el puesto de trabajo, y a mayor salario ofrecido en el mismo, menor probabilidad de mecanización (Frey & Osborne, 2017).

**Gráfico 5: Probabilidad de mecanización de los puestos de trabajo, en función del salario y del nivel educativo**



Fuente: Adaptado de “The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?”, Frey & Osborne, 2017, Technological Forecasting and Social Change.

Sin embargo, existe la posibilidad de que, con el auge de la inteligencia artificial, de los algoritmos y del Big Data, en un futuro, la tecnología pueda replicar - o al menos, acercarse considerablemente - a las *soft skills*<sup>9</sup> que, hasta el momento, son exclusivamente humanas (Harari, 2018), como la creatividad o la capacidad de socializar (Frey & Osborne, 2017).

Sin embargo, por el momento, esto aún no se ha convertido en una realidad. En el estudio llevado a cabo por Waschull, en el que analizan la incorporación de tecnología en un proyecto de ingeniería, se llegó a la conclusión de que los efectos de la digitalización en cuanto a automatización eran mucho más notorios en trabajos “*blue collar*”; en cuanto a los “*white collar*”, si bien veían ciertas tareas estandarizadas automatizadas, la digitalización abría nuevas oportunidades y culminaba en el enriquecimiento del trabajador (Waschull, 2022).

<sup>9</sup> Atributos personales que permiten a las personas interactuar y comunicarse entre sí de forma eficaz y armoniosa (Oxford Dictionary, 2023).

Frey y Osborne llevaron a cabo un estudio en 2017 en el que estimaron la probabilidad de automatización de 702 profesiones actuales en función de su riesgo de automatización, concluyendo que el 47% de los empleos del momento en Estados Unidos podían clasificarse en la categoría de mayor riesgo de computarización, con riesgo de desaparición en las próximas décadas (Frey & Osborne, 2017), debido al crecimiento de mercado de tecnologías digitales sustitutivas del trabajo humano y a la potencial ventaja comparativa que ofrecen respecto a las personas. Concretamente, los sectores más expuestos serían los de logística, transporte, soporte administrativo y los relacionados con la cadena de producción (Frey & Osborne, 2017). Esto continúa la idea del estudio de Washull según la cual, los trabajos *blue collar* son más vulnerables a la digitalización que los *white collar* (Washull, 2022).

De esta forma, surge un nuevo dilema; los trabajadores desubicados se encuentran ante dos una nueva dicotomía: estar desempleados, o moverse hacia otro tipo de puesto. En términos de oportunidad, al igual que la digitalización destruye ciertos tipos de puestos de trabajo, también crea otros nuevos - tanto puestos, como sectores y hasta industrias - para satisfacer una demanda inexistente anteriormente (Washull, 2022). A pesar de esto, se puede apreciar un descenso en la creación de empleo en la Cuarta Revolución Industrial con respecto a las anteriores (Schwab, 2016).

Además de los riesgos de automatización y la polarización del mercado laboral, la digitalización ha dejado entrever que el cambio de las dinámicas de trabajo es otro de sus efectos colaterales; concretamente, éste se puso de manifiesto ante la pandemia del Covid-19, momento en el prácticamente la totalidad de las cadenas de producción a nivel global vieron su actividad reducida a niveles inexistentes. En este contexto, la digitalización supuso una alternativa que permitió la continuidad de la actividad económica a ciertos niveles, experimentando ésta una aceleración sin precedentes (Amankwah-Amoah & Khan, 2021) y cambiando totalmente las dinámicas en las empresas, introduciendo la flexibilidad gracias al teletrabajo y permitiendo una mayor conciliación laboral.

Habiendo revisado la teoría relativa al impacto de la digitalización y de sus tecnologías en las principales variables económicas (crecimiento, productividad y factor trabajo), resulta oportuno destacar que éstas parecen tener un impacto beneficioso sobre



las variables estudiadas, si bien este efecto positivo es más claro para el crecimiento y la productividad; con respecto al factor trabajo, la digitalización y sus tecnologías se presentan como agentes moldeadores del mercado laboral, destruyendo puestos susceptibles de mecanización y creando otros nuevos derivados de ellas. Por tanto, para que el factor trabajo se beneficie de los efectos positivos de la digitalización, resulta crucial que los gobiernos apoyen la nueva realidad digital y preparen a la población para la misma, a través de la educación, como será expuesto en las recomendaciones del proyecto.

Así, este apartado que aborda los efectos de la digitalización en las variables de crecimiento económico, productividad y factor trabajo, parece consistente parcialmente con la hipótesis alternativa inicial *H1*, si bien es necesario un análisis empírico que apoye estas conclusiones cualitativas.

#### **4. TECNOLOGÍAS PROTAGONISTAS DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL 4.0**

El impacto macroeconómico y microeconómico explicado anteriormente se refleja en las tendencias marcadas en las diferentes tecnologías digitales, en las industrias, y en los estados. Según la consultora McKinsey&Company, dentro de las numerosas tecnologías encuadradas dentro de la digitalización – y expuestas en la Tabla 1 - las más prometedoras en términos económicos son el IoT, el Big Data y la AI, impulsadas por el estímulo que supone la creación de datos - se estima un crecimiento de entre el 20% y el 25% anual- y al incremento del número de dispositivos conectados a internet (McKinsey & Company, 2022).

##### **4.1. Internet of Things**

Debido a la amplitud del término, no existe una definición universal para IoT, pues hay múltiples perspectivas con respecto a esta tecnología.

En el presente proyecto, se tomará como referencia la acuñada por Haller et al. (2009), ya que elaboraron una definición desde un punto de vista sociotécnico, por lo que

se considera más completa. Así, los autores definieron el IoT como “Un mundo en el que los objetos físicos se integran perfectamente en la red de información, y en el que éstos pueden convertirse en participantes activos en los procesos empresariales; así, se dispone de servicios para interactuar con estos "objetos inteligentes" a través de Internet, consultar su estado y cualquier información asociada a ellos, teniendo en cuenta las cuestiones de seguridad y privacidad" (Haller et al., 2008).

En el caso del IoT, se estima que el tamaño de mercado global alcance la cifra de 650,5 billones de dólares en 2026, lo cual supondría una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 16,7% con respecto a 2021 - cuando el tamaño de mercado equivalía a 300,3 billones de dólares (Markets and Markets, 2023). La aceleración en el crecimiento del mercado se debería a la exposición de un mayor número de sectores a la transformación digital - lo que llevaría a la consecución de economías de escala- y al impulso por la emergencia del 5G y de las tecnologías *cloud*. Asimismo, el desarrollo de la fibra óptica, la creciente inversión en “ciudades inteligentes” y la sustitución de las conexiones 4G por las de 5G - y hasta 6G - abrirían un nuevo espectro de oportunidades de desarrollo para el sector del IoT (McKinsey & Company, 2022).

El principal impacto del IoT es que permite la interconexión de los dispositivos electrónicos y la automatización de un gran número de procesos (Serror et al., 2021). La atención que ha tenido esta tecnología en los últimos años ha permitido una considerable reducción de sus costes de implementación, gracias a la consecución de economías de escala, lo que ha permitido la integración del IoT con las tareas del consumidor final, y no sólo su aplicación en la industria (Serror et al., 2021).

En línea con esto, las industrias en las que el IoT tuvo un mayor impacto en 2021- equivalente a, aproximadamente, 2 billones de dólares a nivel global (McKinsey & Company, 2022) - son la automoción, - automatizando procesos y optimizando rutas - el sector de la salud, - permitiendo una mayor monitorización de pacientes, optimizando así la sanidad pública y privada - aeroespacial y defensa, - permitiendo comunicaciones críticas y la comunicación no terrestre, además de verse impulsado por el 5G - y el *retail* - coordinando y optimizando las cadenas de producción y los inventarios (McKinsey & Company, 2022).

Dentro de esto, la zona geográfica más beneficiadas por el desarrollo de esta industria es, hasta el momento, América del Norte, ya que Estados Unidos y Canadá destinan grandes cantidades de inversión en I+D al desarrollo de IoT, fomentando alianzas entre los desarrolladores de software, hardware y red, y construyendo y modernizando constantemente la infraestructura física necesaria. Sin embargo, se espera que la región de Asia Pacífico sea la que experimente un mayor desarrollo en esta industria, debido a las altas tasas de adopción tecnológica del área y a los esfuerzos de los gobiernos por el desarrollo de ciudades inteligentes - como es el caso de Australia, Singapur, India o Japón (Markets and Markets, 2023).

#### **4.2. Big Data**

Por otro lado, el Big Data también se presenta como un jugador sólido en el campo emergente de la digitalización propuesto por la Revolución Industrial 4.0. Si bien su concepto es muy amplio, según los investigadores italianos de Mauro, Greco y Grimaldi expusieron en la Conferencia Internacional de la Información Integrada, éste se puede definir como "Los activos de información caracterizados por un volumen, velocidad y variedad tan elevados que requieren tecnología y métodos analíticos específicos para su transformación en valor" (De Mauro et al., 2015).

Se estima que cada día se recogen 2,5 quintillones de bytes de datos en todo el mundo (Robinson, 2019). Ante esto, el Big Data supone una oportunidad de "monetizar" estos datos, convirtiéndolos en una nueva actividad lucrativa para las empresas (Kennedy, s.f.), además de una fuente de información de gran utilidad para actores internacionales como gobiernos u organizaciones; esto tiene lugar mediante el *data science*, que consiste en la extracción de información a partir del conjunto de datos (Provost & Fawcett, 2013).

Esta concepción oportunista se refleja en los datos: en 2021, se estimó un tamaño de mercado global de la industria de 162,6 mil millones de dólares (Markets and Markets, 2022); actualmente, se espera que la industria alcance los 273,4 mil millones de dólares en 2026, lo cual supondría una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 11% (Markets and Markets, 2022). Así, este crecimiento se vería fomentado por la integración del Big Data con otras tecnologías, como el blockchain, la AI o el IoT por parte de las empresas.

Se prevé que la región líder en *data science* en el período previsto sea América del Norte (Markets and Markets, 2022), ya que es la zona con mayor desarrollo de esta tecnología a nivel global, y es la sede de los desarrolladores con más peso en el mercado, como IBM, HP, Google u Oracle. Paralelamente, se espera que la región de Asia-Pacífico crezca a la mayor tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) a nivel global, debido al crecimiento en el número de transacciones de M&A y de colaboraciones empresariales en el sector, especialmente en Corea, Japón y Singapur.

### **4.3. Inteligencia Artificial**

La tercera tecnología con mayor huella disruptiva de la Revolución Industrial 4.0 es la inteligencia artificial (AI), siendo un término general que implica “el uso de un ordenador para modelar un comportamiento inteligente con mínima intervención humana” (Porcelli, 2020).

Una definición tan amplia es aplicable a prácticamente la totalidad de las actividades industriales, desde la optimización de sistemas hasta la mejora de la investigación industrial, teniendo un mayor potencial en las cadenas de suministro, la logística y la optimización de procesos. Así, las áreas principales de avances en este campo han sido el estudio y desarrollo de las redes neuronales artificiales (ANN), así como del *machine learning* (ML) y del *deep learning* (DL) (Alistair, 2019).

Se estima que la industria de la AI en su conjunto podría aumentar en un 14% el PIB a nivel global en 2030, lo que se traduce en una contribución de 15,7 billones de dólares; de esta cifra se prevé que el 40% provenga del incremento experimentado en la productividad, mientras que el 60% sea consecuencia inmediata del aumento de la demanda como incentivo al consumo (PWC, 2017).

Aunque la industria de la AI se está comenzando a desarrollar, aún no es un sector asentado propiamente, por lo que se presenta como una oportunidad estratégica para estados en vías de desarrollo con industria tecnológica avanzada, como la India. Sin embargo, son varios los estados que compiten por posicionarse ventajosamente en el sector, siendo Estados Unidos y China los más comprometidos con la causa. Así, el

primero es, a nivel global, el país que más invierte en este tipo de tecnología; en 2022, EEUU invirtió 47.400 millones de dólares, una cantidad 3,5 veces mayor que la aportada por China, cuya inversión se estima en 13.400 millones de dólares (Stanford University Artificial Intelligence Index, 2023).

Se estima que la industria de la AI a nivel global alcanzó los 86.900 millones de dólares en 2022, y se espera que en 2027 alcance los 407 mil millones de dólares, lo que implicaría una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 36,2% (Markets and Markets, 2023). Así, los sectores a los que más se está intentando aplicar la AI - y en los que, por tanto, se está invirtiendo más en esta tecnología - son el médico (donde se invirtieron 6.100 millones de dólares en 2022), el de gestión y procesamiento de datos, el de tecnología *cloud* (con una inversión equivalente a 5.900 millones de dólares en el mismo año), y el de fintech (Stanford University Artificial Intelligence Index, 2023).

## 5. ANÁLISIS EMPÍRICO

Habiendo analizado de forma teórica los efectos de las tecnologías de la digitalización a nivel macroeconómico y microeconómico, resulta pertinente afirmar que parece que estas tecnologías tienen un impacto positivo en las unidades del estudio, es decir, las empresas y los estados.

No obstante, el presente proyecto busca estudiar - además de lo analizado cualitativamente - si realmente estas tecnologías tienen impacto tangible en las variables económicas - concretamente, el PIB y la productividad - y cómo es este impacto. Para ello, a continuación, se plantearán diversos modelos de regresión lineal, los cuales contemplarán tanto las variables económicas de interés - PIB y productividad total de los factores - como las tecnologías de la digitalización pertinentes - IoT, Big Data y AI.

Con esto, se busca comprobar empíricamente las hipótesis que afirman:

1. *H1: “La utilización de las tecnologías de la digitalización por parte de las empresas en un estado contribuye positivamente al PIB del mismo”.*

2. *H2: “La utilización de las tecnologías de la digitalización por parte de las empresas en un estado contribuye positivamente a la productividad del mismo”.*

Refutando, con la confirmación de ambas hipótesis, la hipótesis nula  $H_0$ , que contradice las hipótesis alternativas.

Para observar si estos efectos realmente se producen en la realidad, se analizará el diferente impacto de las tecnologías digitales mencionadas anteriormente sobre una muestra de estados miembros de la OCDE<sup>10</sup>.

Se ha escogido esta organización ya que, a pesar de presentar una muestra amplia de estados de características diversas, todos los miembros están catalogados como “estados desarrollados”, por lo que se suponen con los recursos suficientes para la investigación e implementación de las tecnologías de la digitalización en sus economías. Asimismo, la organización ejerce una considerable presión en torno a la digitalización y a la economía digital, convirtiendo a sus miembros en una muestra óptima de estudio.

### **5.1. Modelo de Solow y función de Producción Cobb-Douglas**

Con objeto de comprobar la hipótesis del presente estudio - es decir, si la digitalización incide positivamente en el crecimiento del PIB y de la productividad de los estados - se ha tomado como punto de partida el modelo de Solow, enunciado por Robert Solow y Trevor Swan en 1956 en el artículo *A Contribution to the Theory of Economic Growth* (Solow & Swan, 1956).

El modelo de Solow explica el crecimiento económico a largo plazo como la dinámica existente entre los *inputs* - capital ( $K$ ), el trabajo ( $L$ ) y la tecnología ( $A$ ) - y el *output*, o producto final. Es decir, el modelo asume el crecimiento económico como consecuencia de la inversión en capital, el incremento de la población - lo cual, en este caso, se asume como mano de obra - y el progreso tecnológico. Asimismo, al ser un modelo neoclásico, “asume la presencia de equilibrio simultáneo en todos los mercados bajo una plena

---

<sup>10</sup> Éstos son: Austria, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Colombia, Croacia, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Corea, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia, Noruega, Portugal, Rumanía, República Eslovaca, Eslovenia, España, Suecia, Turquía, Reino Unido.

flexibilidad de precios, tomando un único agente propietario de los factores de producción y de tecnología” (Cendejas, 2016).

El modelo de Solow toma como base la función de producción de Cobb-Douglas, estimada por Charles Cobb y Paul Douglas en 1928, con objeto de estudiar el fenómeno de la constancia observada en la distribución de la renta en Estados Unidos en la época:

$$Y(t) = F [K(t), L(t)] = K(t)^\alpha L(t)^{1-\alpha}$$

Simplificando:

$$Y = AK^\alpha L^\beta$$

Fuente: A Theory of Production, (Cobb & Douglas, 1928).

Donde  $Y$  es la producción total,  $A$  es el progreso tecnológico exógeno - o productividad total de los factores-,  $K$  es el *stock* de capital, y  $L$  es el factor trabajo - o número de trabajadores. Por su parte,  $\alpha$  y  $\beta$  representan el peso de los inputs ( $K$  y  $L$ ) en la distribución de la renta, respectivamente (Sancho, s.f.); es decir, “ $\alpha$  sería la elasticidad producción-capital y  $\beta$ , por su parte, la elasticidad producción – factor trabajo” (Sancho, s.f.).

El modelo asume rendimientos constantes a escala –  $F(zK, zL) = zF(K, L)$  - lo que implica que, de aumentar  $L$  y  $K$  en la misma proporción y manteniéndose  $A$  constante, la producción ( $Y$ ) aumentaría en la misma proporción en la que lo hicieron los factores  $K$  y  $L$  (Ramanayake, 2019), cumpliéndose, así,  $\alpha + \beta = 1$ .

Así, el modelo de Solow es un modelo que toma ciertas asunciones, como el entorno de economía cerrada - por lo que no toma en cuenta los flujos de comercio internacionales - y la uniformidad en la toma de decisiones de ahorro e inversión por parte de los individuos, entre otras. Esto facilita la interpretación del modelo y el establecimiento de la relación entre ahorro, inversión y crecimiento económico, si bien provoca que presente ciertas limitaciones en cuanto a la fidelidad de representación de la realidad (University of Pennsylvania, 2020).

## 5.2. Análisis

El análisis empírico se ha dividido en dos partes, partiendo de la función Cobb-Douglas en ambos casos.

En primer lugar, para poder analizar si la digitalización tiene un efecto positivo en el PIB, se ha tomado directamente la función Cobb-Douglas:  $Y = AK^\alpha L^\beta$ . Donde:

**Tabla 2: Variables del modelo de regresión lineal**

Variable	Terminología	Explicación	Fuente
Y	PIB/ Producto Interior Bruto	Renta percibida de la producción de bienes y servicios en un estado en un período de tiempo concreto, normalmente un año.	World Bank
A	Medida de Productividad/Productividad total de los factores	En este caso, es la medida del impacto de la digitalización. En este caso, se ha denominado en función del IoT, Big Data y AI.	OCDE
K	Formación de capital (% PIB)	Inversión en activos fijos por parte de los productores.	World Bank
L	Factor trabajo	Número total de empleados.	World Bank

Fuente: Elaboración propia

Así, el impacto de la digitalización se medirá a través de la variable *A*, que se define como la medida de productividad. Concretamente, ésta se computará a través de tres variables que recogen las tecnologías disruptivas de la digitalización que se suponen con un mayor impacto económico, según se ha comprobado en el análisis cualitativo (*IoT*, *Big Data*, y *AI*). Estas variables<sup>11</sup> son:

1. *Porcentaje de negocios que han adoptado IoT en sus procesos (%)*.
2. *Porcentaje de negocios que han utilizado Big Data en sus procesos (%)*.
3. *Porcentaje de negocios que han incorporado AI en sus procesos (%)*.

<sup>11</sup> Estos datos han sido extraídos de la base de datos estadística de la OCDE: [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT\\_BUS](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS)



Nótese que, en ciertos momentos del escrito, se hace alusión a estas tres variables bajo la denominación de “variables tecnológicas”.

De la misma forma, para comprobar la hipótesis con respecto a la productividad, se ha dividido la función Cobb-Douglas entre el factor trabajo ( $L$ ), ya que, como se ha mencionado en el apartado referente a la productividad, ésta es “*la cantidad de bienes y servicios producidos por unidad de trabajo utilizado*” (Fontalvo, 2018). Así, la función quedaría de la siguiente forma:

$$Y/L = A (K/L)^\alpha$$

Las variables son las mismas que se han utilizado anteriormente para calcular el efecto de la digitalización sobre el PIB. De nuevo,  $A$  recoge el impacto de la digitalización, a través de las mismas variables, denominadas en función del porcentaje de utilización en las empresas de IoT, Big Data y AI.

Cabe destacar que, en ambos casos, las funciones han sido linealizadas - es decir, expresadas logarítmicamente - para poder formular una regresión lineal con el programa *Stata*.

### **5.3.Resultados**

Como se ha explicado anteriormente, se han realizado seis modelos de regresión lineal para analizar el efecto de las tres tecnologías principales de la digitalización (IoT, Big Data y AI) sobre el PIB y la productividad. En todos ellos se han utilizado los mismos datos, obtenidos a través de las bases de datos del World Bank y de la OCDE.

#### **5.3.1. Efecto de la digitalización en el PIB**

Se han formulado tres modelos de regresión lineal utilizando el programa *Stata* en los que la variable dependiente ha sido Log (PIB), y las variables explicativas Log (K),

Log (L). Asimismo, en cada modelo, se han incluido de forma aislada las variables explicativas Log (IoT), Log (Big Data), y Log (AI), respectivamente, con objeto de marginar el efecto de cada una de las tecnologías sobre el PIB (Consultar Anexos I, II, III).

Los resultados aparecen reflejados en la siguiente tabla:

**Tabla 3: Resultados del modelo de regresión lineal sobre el PIB**

Impacto de la digitalización en el PIB			
Variable Dependiente: log (PIB)	(i)	(ii)	(iii)
Log (K)	0,423 <sup>(1)</sup> [0,439] <sup>(2)</sup>	0,513* [0,265]	0,276 [0,381]
Log (L)	1,027*** [0,056]	1,025*** [0,048]	0,944*** [0,054]
Log (IoT)	0,489*** [0,163]		
Log (Big Data)		0,517*** [0,118]	
Log (AI)			0,477*** [0,119]
Coefficiente R <sup>2</sup>	0,866	0,849	0,847
Nº de observaciones	60	89	62

Nota (I): (1) Hace referencia al coeficiente, (2) Hace referencia a la desviación típica

Nota (II): \*\*\* p-valor<0,01; significación al 1%

\*\* p-valor<0,05; significación al 5%

\* p-valor<0,1; significación al 10%

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo obtenido en *Stata*.

Según lo obtenido el modelo, tanto la variable Log(IoT), como Log(Big Data) y Log(AI) presentan coeficientes positivos y significativos (0,489, 0,517 y 0,477, respectivamente); esto implica que, en el modelo, existe una relación lineal positiva entre la utilización de cada una de las tres tecnologías (IoT, Big Data y AI) y el crecimiento del PIB, por lo que, en este caso, el PIB está positivamente afectado por cada una de las tres variables; por tanto, a medida que aumenta el valor de alguna de las variables explicativas de forma aislada, también lo hace el del PIB.

Por otro lado, las tres variables independientes (Log (IoT), Log (Big Data) y Log (AI)) presentan un p-valor inferior a 0,01, por lo que son significativas estadísticamente - al 1% -, lo que implica que la probabilidad de que la relación entre la variable dependiente - *PIB (Y)*- y las variables independientes - *K, L*, y la utilización de IoT, Big Data y AI - se deba al azar, es muy reducida.

Con respecto al coeficiente R cuadrado, este es elevado en los tres modelos (superior en todos los casos a 0,8), lo cual implica que los tres modelos explican, individualmente, más del 80% - concretamente, el 86,6%, el 84,9% y el 84,7%, respectivamente - de la variabilidad de la variable dependiente - es decir, el PIB (*Y*). Esto es indicio del correcto ajuste de los modelos, y que, por tanto, no se han omitido variables que afecten significativamente al PIB.

Por tanto, según lo observado, en los tres modelos realizados, existe evidencia empírica de que la utilización de las tres tecnologías de la digitalización contempladas (IoT, Big Data y AI) incide positivamente en el PIB, lo cual apoya la primera de las hipótesis iniciales, la cual afirmaba que *“La utilización de las tecnologías de la digitalización por parte de las empresas en un estado contribuye positivamente al PIB del mismo”*. Este resultado es consistente con lo estipulado por Lee, Gholami y Tong (2005).

### **5.3.2. Efecto de la digitalización en la productividad**

En este caso, se han formulado otros tres nuevos modelos de regresión lineal utilizando el programa *Stata*, en los que la variable dependiente ha sido Log (PIB/L), y las variables explicativa Log (K/L). Asimismo, al igual que en el análisis anterior, se han incluido de forma independiente las variables explicativas Log (IoT), Log (Big Data), y Log (AI), respectivamente, con la finalidad de aislar el efecto de cada una de las tecnologías sobre la productividad, entendida como *PIB/L* (Consultar Anexos IV, V, VI).

Los resultados aparecen reflejados en la siguiente tabla:

**Tabla 4: Resultados del modelo de regresión lineal de la productividad**

Impacto de la digitalización en la productividad			
Variable Dependiente: log (PIB/L)	(i)	(ii)	(iii)
Log (KL)	(0,029) <sup>(1)</sup> [0,056] <sup>(2)</sup>	(0,016) [0,048]	0,057 [0,054]
Log (IoT)	0,492*** [0,163]		
Log (Big Data)		0,492*** [0,119]	
Log (AI)			0,479*** [0,118]
Coefficiente R <sup>2</sup>	0,139	0,168	0,235
Nº de observaciones	60	89	62

Nota: (1) Hace referencia al coeficiente, (2) Hace referencia a la desviación típica

Nota (II): \*\*\* p-valor < 0,01; significación al 1%

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo obtenido en *Stata*.

Según lo obtenido el modelo, tanto la variable Log (IoT), y Log (Big Data) y Log (AI) presentan coeficientes positivos y significativos (0,492, 0,492 y 0,479, respectivamente); esto implica que, en el modelo, existe una relación lineal positiva entre la utilización por parte de cada una de las tres tecnologías (IoT, Big Data y AI) y el crecimiento de la productividad. Por tanto, en el modelo, la productividad se ve positivamente estimulada por la utilización de cada una de las tres tecnologías.

Por otro lado, las tres variables independientes (Log (IoT), Log (Big Data) y Log (AI)) presentan un p-valor inferior a 0,01, por lo que son significativas estadísticamente al 1%, lo que provoca que la probabilidad de que la relación entre la variable dependiente - productividad - y las variables independientes - las variables correspondientes a la utilización de las tecnologías de la digitalización, así como *KL* - se deba al azar, es muy reducida.

Con respecto al coeficiente R cuadrado, éste es bajo en los tres modelos - siendo 0,139, 0,168 y 0,235, respectivamente - lo que implica que más del 70% de la variabilidad

de la productividad no puede ser explicada por los modelos calculados, por lo que puede deberse a otros factores no contemplados en ellos; por tanto, los tres modelos tienen una bondad de ajuste menor que en el caso del PIB.

En líneas generales, según lo observado, en el modelo existe evidencia empírica de que la utilización de las tres tecnologías incide positivamente en la productividad, lo cual apoya la segunda de las hipótesis iniciales (*H2*) que afirmaba que *“La utilización de las tecnologías de la digitalización por parte de las empresas en un estado contribuye positivamente a la productividad del mismo”*, lo cual apoyaría las teorías encontradas a lo largo de la revisión de la literatura.

No obstante, los bajos valores de los coeficientes R cuadrado sugieren que la variabilidad de la productividad -tanto positiva como negativa - está incidida por factores ignorados en los modelos realizados, por lo que no sería conveniente generalizar la conclusión de este segundo análisis, a pesar de que apoye la hipótesis.

Parece que, en base a los resultados obtenidos, existen indicios de que tanto *H1* como *H2* podrían confirmarse, si se realizan estudios más profundos sobre la cuestión, resolviendo las limitaciones de los modelos, ya que los resultados obtenidos en el presente análisis son consistentes con ambas hipótesis

#### **5.4.Limitaciones del modelo**

Si bien los resultados de los dos análisis realizados en el presente proyecto apoyan las hipótesis de base que se pretendían comprobar y, además, con perspectivas altamente optimistas al respecto de los beneficios de la digitalización, el modelo presenta diversas limitaciones que se han de tener en cuenta, lo que sugiere que los resultados sean tomados con cautela.

En primer lugar, se ha de tener en cuenta la endogeneidad que pueda presentar el modelo, la cual puede provocar que el éste tenga ciertas interferencias. Una posible fuente de endogeneidad en los modelos es la causalidad inversa, ya que se asume en los modelos que son las variables independientes - es decir, las tecnologías de la digitalización, así como  $K$  y  $L$  - las que afectan a las variables dependientes (productividad y PIB) y no se contempla el posible efecto que éstas puedan tener sobre las variables independientes - por ejemplo, como se mencionó anteriormente en el texto, los estados con mayor PIB suelen invertir una mayor cantidad de recursos en el desarrollo de las tecnologías de digitalización, y, por tanto, es previsible que las empresas nacionales de dicho estado consuman una mayor cantidad de estas tecnologías.

Asimismo, se necesitan variables de control para aumentar la precisión de las estimaciones de los parámetros y que éstas fueran más representativas de la realidad; por ejemplo, nivel de inversión en I+D, factores culturales o institucionales, etc.

Por otro lado, la muestra utilizada en el estudio está formada por 33 países, por lo que no incluye la totalidad<sup>12</sup> de la OCDE, implicando que el alcance del estudio no es extrapolable a la totalidad de la organización. Igualmente, si bien la OCDE constituye un sujeto óptimo de estudio, la limitación derivada de su naturaleza “restringida” en cuanto a número de miembros y características de estos impide la universalización del estudio a una muestra de estados mayor.

No obstante, a pesar de las limitaciones que estos modelos poseen, apoyan las hipótesis de partida, que asumen que las tecnologías de la digitalización influyen positivamente en la productividad y el PIB, aumentándolos. Esto ha sido, asimismo, apoyado por el análisis cualitativo realizado en el presente proyecto, el cual ha estado basado en una extensa revisión de literatura existente. Por tanto, parece que la dirección del estudio es correcta, si bien no se pueden realizar conclusiones en firme, ya que el análisis necesita un mayor nivel de profundidad, así como la subsanación de sus

---

<sup>12</sup> Se ha tomado la mayor de las muestras posibles con los datos disponibles.

limitaciones; por tanto, se invita a continuar con el análisis a un mayor nivel de profundidad y con mayores recursos.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La digitalización es la protagonista indiscutible de la Cuarta Revolución Industrial, en cuanto a la promoción de cambios en la sociedad, economía y dinámicas globales.

Así, ésta enmarca un gran número de tecnologías que están modificando los modos tradicionales de la mayoría de los sectores, así como los modelos de negocio y las cadenas de valor de las empresas. De esta forma, estas tecnologías están cambiando directamente la forma en que las compañías se relacionan con sus consumidores, pudiendo satisfacer de manera más eficaz sus necesidades, predecir posibles problemas futuros, y facilitando el surgimiento de sinergias y la consecución de economías de escala.

Esto puede verse traducido, asimismo, en el plano macroeconómico. Son numerosos los autores que argumentan que la digitalización tiene un efecto positivo sobre el crecimiento económico - (Zhang & Zhao, 2022), (Gholami et al., 2005) - y sobre la productividad - (Brynjolfsson & Yang, 1996), (Brynjolfsson & Hitt, 2000), (Oliner & Sichel, 2000), (Crépon et al., 2003) y (Jaumotte et al., 2023) - si bien se pueden apreciar disparidades en estos efectos en función de los niveles de inversión que dediquen los estados. Con respecto al factor trabajo, el impacto de la digitalización y sus tecnologías se puede calificar como disruptivo, pues remoldea el mercado laboral, así como a la población activa: por un lado, destruyen puestos de trabajo intensivos en esfuerzo físico, a la vez que crean nuevos puestos de trabajo relacionados con este tipo de tecnologías.

Estas premisas han sido aterrizadas en el presente proyecto a varios modelos de regresión lineal, en los que se pretendía comprobar si las tecnologías de la digitalización - concretamente, el IoT, el Big Data y la AI - tienen un efecto positivo sobre la economía,

analizándose específicamente el impacto sobre el crecimiento económico y la productividad sobre una muestra de países de la OCDE, partiendo de la función de producción Cobb-Douglas.

Los resultados del análisis empírico apoyan las hipótesis iniciales del mismo, refutando  $H_0$ :

*H1: “La utilización de las tecnologías de la digitalización por parte de las empresas en un estado contribuye positivamente al PIB del mismo”.*

*H2: “La utilización de las tecnologías de la digitalización por parte de las empresas en un estado contribuye positivamente a la productividad del mismo”.*

Esto es debido a que, en el caso del estudio, la totalidad de las variables de tecnología<sup>13</sup> (Log IoT, Log Big Data, Log AI), presentaron, tanto para el escenario de variable dependiente PIB (Log PIB), como para el escenario de variable dependiente productividad (Log PIB/L), coeficientes positivos, siendo todas las variables tecnológicas significativas al 1%. Esto implica que, en los datos del modelo, existe una relación proporcional positiva entre el PIB y las variables tecnológicas, así como entre la productividad y estas variables, por lo que se podría inferir que, a mayor nivel de utilización de estas tecnologías, mayor crecimiento del PIB y mayor crecimiento de la productividad.

Por tanto, existen indicios de verificación de las hipótesis de los modelos, si bien los resultados obtenidos han de ser interpretados con cautela. Asimismo, se abre una posible línea de investigación en el campo, en la que se necesitarían modelos que subsanasen las limitaciones encontradas en el presente proyecto.

---

<sup>13</sup> Porcentaje de negocios que han adoptado IoT en sus procesos (%).  
Porcentaje de negocios que han utilizado Big Data en sus procesos (%).  
Porcentaje de negocios que han incorporado AI en sus procesos (%).



Por último, resulta destacable recordar que el objetivo general de este proyecto residía en “*Explorar el efecto de la digitalización sobre los agentes económicos y la propia economía de los estados*”, para lo cual se partía de una hipótesis alternativa (H1) que se buscaba confirmar:

*H1: La digitalización tiene un impacto positivo en términos de ingresos y de eficiencia para las empresas, así como en el plano macroeconómico, estimulando positivamente el PIB y la productividad.*

Habiendo realizado el análisis cualitativo pertinente a través de una exhaustiva revisión bibliográfica de los efectos de la digitalización en las cadenas de valor de las empresas y en sus modelos de negocio, así como en el crecimiento económico, la productividad y el factor trabajo, y contrastando esta información mediante un análisis empírico que compruebe los efectos de las tecnologías de la digitalización sobre el PIB y la productividad, se puede concluir que existen indicios de que la digitalización tiene un efecto positivo sobre los ingresos y la eficiencia de las empresas, así como sobre la economía, concretamente sobre la productividad y el PIB. Sin embargo, se ha de profundizar en estas relaciones a través de estudios de mayor alcance.

Adicionalmente, resulta pertinente realizar ciertas recomendaciones para que los gobiernos aceleren la adopción de la digitalización y sus tecnologías, maximizando así los beneficios derivados de ésta.

En primer lugar, las políticas gubernamentales han de estar orientadas al apoyo de la economía digital, destinando intensivamente inversión a la construcción de la infraestructura digital necesaria para el progreso de las tecnologías digitales y fomentando la competencia en el sector TIC, como es el caso del Fondo Next Generation <sup>14</sup>de la UE.

---

<sup>14</sup> Programa comunitario que proporciona financiación a los Estados miembros de la UE para distintas iniciativas, algunas relacionadas con el desarrollo de la digitalización.

Se ha de tener en cuenta que, mediante el incentivo de la competencia en el sector, no sólo se estimularía la creación de una industria digital competitiva en el plano internacional, sino que, además, el acceso a este tipo de tecnologías se difundiría a pequeñas empresas y hogares de renta baja, gracias a la optimización de precios derivada de la competencia entre proveedores. No obstante, es importante que los gobiernos encuentren el equilibrio adecuado entre la competencia entre proveedores en el sector de las telecomunicaciones, los incentivos para invertir en una digitalización productiva y la estimulación de una digitalización excesiva que acelere la sustitución de mano de obra por capital (Acemoglu, 2023).

En línea con esto, los gobiernos han de focalizarse en diversificar el sector de las tecnologías digitales, pues, en la mayoría de estados, éste se encuentra altamente concentrado (Jaumotte et al., 2023). Esto plantea un escenario en el que, de no establecerse prácticas de competencia justas, transparentes e inclusivas en el sector, llegará un punto en el que las barreras de entrada de la industria de la tecnología digital serán demasiado altas, restringiendo la entrada de nuevos jugadores de otras características - como PYMES - lo cual, en última instancia, podría llevar a un estancamiento de la innovación y a un retraso competitivo en el plano internacional.

Asimismo, resulta crucial que los gobiernos fomenten iniciativas para la generalización de la utilización de tecnologías digitales en las empresas, especialmente, en las PYMES, ya que suelen contar con menores recursos. De no llevarlas a cabo, los sectores podrían perder productividad potencial, lo cual derivaría en una pérdida de competitividad en el mercado global. Sin embargo, como se ha ejemplificado al inicio del proyecto con las diferentes agendas digitales y planes nacionales de digitalización, la gran mayoría de países tienen muy arraigada la idea de la importancia de la digitalización, y dirigen sus esfuerzos para incorporarla en sus actividades y desarrollar un sector competitivo en la materia.

Por último, la educación es un recurso clave para facilitar y acelerar la digitalización de los estados, así como para robustecer el sector de la tecnología digital. Así, se debería procurar incluir la enseñanza tecnológica en los sistemas educativos (perfiles tipo STEM), especialmente para que la población pueda hacer frente a las nuevas dinámicas del mercado laboral derivadas de la Revolución 4.0, procurando que éstas - especialmente, la mecanización mencionada anteriormente - no alimenten los niveles de desempleo.

## 7. ANEXOS

### Anexo I – Modelo 1 sobre el PIB realizado con Stata

```
. regress logY logBigData logK logL
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	89
Model	151.573583	3	50.5245277	F(3, 85)	=	159.85
Residual	26.8655657	85	.316065479	Prob > F	=	0.0000
Total	178.439149	88	2.0277176	R-squared	=	0.8494
				Adj R-squared	=	0.8441
				Root MSE	=	.5622

logY	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
logBigData	.5168324	.1182489	4.37	0.000	.2817218 .7519429
logK	.5133801	.2654725	1.93	0.056	-.0144505 1.041211
logL	1.025159	.0476697	21.51	0.000	.9303792 1.11994
_cons	-3.338022	.5057276	-6.60	0.000	-4.343544 -2.3325

### Anexo II – Modelo 2 sobre el PIB realizado con Stata

```
. regress logY logIoT logK logL
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	60
Model	107.805434	3	35.9351447	F(3, 56)	=	120.56
Residual	16.692011	56	.298071626	Prob > F	=	0.0000
Total	124.497445	59	2.11012619	R-squared	=	0.8659
				Adj R-squared	=	0.8587
				Root MSE	=	.54596

logY	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
logIoT	.4891551	.1628702	3.00	0.004	.1628869 .8154234
logK	.423153	.438715	0.96	0.339	-.4556987 1.302005
logL	1.027032	.0555656	18.48	0.000	.9157203 1.138343
_cons	-3.673148	.8732075	-4.21	0.000	-5.422393 -1.923903

### Anexo III – Modelo 3 sobre el PIB realizado con Stata

```
. regress logY logIA logK logL
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	62
Model	99.3134989	3	33.1044996	F(3, 58)	=	106.96
Residual	17.9515226	58	.30950901	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.8469
				Adj R-squared	=	0.8390
Total	117.265021	61	1.9223774	Root MSE	=	.55634

logY	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
logIA	.4768843	.1196547	3.99	0.000	.2373693	.7163992
logK	.2764852	.381027	0.73	0.471	-.4862232	1.039194
logL	.9443193	.0538841	17.53	0.000	.8364586	1.05218
_cons	-3.068437	.6352641	-4.83	0.000	-4.340057	-1.796818

### Anexo IV - Modelo 1 sobre la productividad realizado con Stata

```
. regress logYL logBigData logKL
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	89
Model	5.68973548	2	2.84486774	F(2, 86)	=	8.69
Residual	28.1660759	86	.327512511	Prob > F	=	0.0004
				R-squared	=	0.1681
				Adj R-squared	=	0.1487
Total	33.8558114	88	.38472513	Root MSE	=	.57229

logYL	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
logBigData	.4920634	.1197277	4.11	0.000	.2540525	.7300742
logKL	-.0164419	.0483277	-0.34	0.735	-.1125141	.0796303
_cons	-4.073255	.3590125	-11.35	0.000	-4.786949	-3.359562

### Anexo V - Modelo 2 sobre la productividad realizado con Stata

```
. regress logYL logIoT logKL
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	60
Model	2.73866742	2	1.36933371	F(2, 57)	=	4.59
Residual	17.0142142	57	.298494987	Prob > F	=	0.0142
				R-squared	=	0.1386
				Adj R-squared	=	0.1084
Total	19.7528817	59	.334794604	Root MSE	=	.54635

logYL	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
logIoT	.4917391	.1629669	3.02	0.004	.1654036	.8180747
logKL	-.0293067	.055562	-0.53	0.600	-.1405676	.0819542
_cons	-4.3575	.5741917	-7.59	0.000	-5.507299	-3.207701

### Anexo VI - Modelo 3 sobre la productividad realizado con Stata

. regress logYL logIA logKL

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	62
Model	5.55267383	2	2.77633691	F(2, 59)	=	9.07
Residual	18.0561212	59	.306035952	Prob > F	=	0.0004
Total	23.608795	61	.387029426	R-squared	=	0.2352
				Adj R-squared	=	0.2093
				Root MSE	=	.55321

logYL	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
logIA	.4796369	.1188883	4.03	0.000	.241742	.7175318
logKL	.0572026	.0535176	1.07	0.289	-.0498859	.1642912
_cons	-3.396799	.2890757	-11.75	0.000	-3.975238	-2.81836

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, D. (2023). *Distorted Innovation: Does the Market Get the Direction of Technology Right?\**. MIT. 10.3386/w30922
- Aibar, E. (2019). Revoluciones industriales: un concepto espurio. *Oikonomics*, 12, 1-8. <https://doi.org/10.7238/o.n12.1909>
- Alistair, N. (2019). *Artificial intelligence, digital technology and advanced production*. OECD. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/629af843-en/index.html?itemId=/content/component/629af843-en>
- Amankwah-Amoah, J., & Khan, Z. (2021). COVID-19 and digitalization: The great acceleration. *Elsevier Public Health Emergency Collection*, 136. 10.1016/j.jbusres.2021.08.011
- *Analítica Predictiva*. (2023). IBM. Retrieved April 11, 2023, from <https://www.ibm.com/es-es/analytics/predictive-analytics>
- Baldwin, R., & Kuznets, S. (1965). Economic Growth and Structure, Selected Essays. By Simon Kuznets. 26(1), 125-127. 10.1017/S0022050700061970
- Banco Santander. (2022, June 28). *Economía digital, ¿qué es y por qué se considera el futuro de los negocios?* Santander. Retrieved April 11, 2023, from <https://www.santander.com/es/stories/economia-digital>
- BBVA. (2021). *La industria de la impresión 3D, un sector en crecimiento*. BBVA Suiza. Retrieved April 11, 2023, from <https://www.bbva.ch/noticia/la-industria-de-la-impresion-3d-un-sector-en-crecimiento/>

- Berman, S., Battino, B., & Feldman, K. (2011). New business models for emerging media and entertainment revenue opportunities. *Strategy & leadership*, 39(3). <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/10878571111128810/full/html>
- Bloom, N., Han, U., & Liang, J. (2022). *How Hybrid Working from Home Works Out.* Stanford University. [https://drive.google.com/file/d/1a77jclB0vC1PmhfYc\\_Jxz-cyHvVwALKf/view](https://drive.google.com/file/d/1a77jclB0vC1PmhfYc_Jxz-cyHvVwALKf/view)
- Brynjolfsson, E., & Hitt, L. (2000). Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 23-48. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.14.4.23>
- Brynjolfsson, E., & Yang, S. (1996). Information Technology and Productivity: A Review of Literature. *Advances in Computers*, 43, 179-214. [https://doi.org/10.1016/S0065-2458\(08\)60644-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2458(08)60644-0)
- Buendía. (2019). Information technologies and lean and agile supply chain strategies: a bibliometric study through science mappin. *Business Environment*, 12(4), 338-363. <https://doi.org/10.1504/IJBE.2021.118568>
- Castells, M. (1996). La era de la información. Economía, sociedad y cultura. *México siglo XXI, 1*. <http://www.economia.unam.mx/lecturas/inae3/castellsm.pdf>
- CEBR. (2022). The digital trust index. Callsign. <https://programs.callsign.com/hubfs/digital-trust-index/Callsign%20-%20The%20digital%20trust%20index.pdf>
- Cendejas, J. L. (2016). *Crecimiento: Introducción y modelo de Solow-Swan*. Research Gate. 10.13140/RG.2.2.19822.61764
- Chang, H. K., Griffin, J., Lim, J. J., & Zeng, F. (2018). The impact of 3D Printing Technology on the supply chain: Manufacturing and legal perspectives. *International Journal of Production Economics*, 205, 156-162. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.009>
- Chaves, J. (2004). Desarrollo Tecnológico en la Primera Revolución Industrial. *Norba. Revista de Historia*, 17, 93-109. [https://www.researchgate.net/publication/28098060\\_Desarrollo\\_tecnologico\\_en\\_la\\_Primer\\_Revolucion\\_Industrial/citations](https://www.researchgate.net/publication/28098060_Desarrollo_tecnologico_en_la_Primer_Revolucion_Industrial/citations)

- Cheng, C.-Y., Chien, M.-S., & Lee, C.-C. (2021). ICT diffusion, financial development, and economic growth: An international cross-country analysis. *Economic Modeling*, 94, 662-671. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.02.008>
- Chesbrough, H., & Rosenbloom, R. S. (2002). The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and Corporate Change*, 11(3), 529-555. <https://doi.org/10.1093/icc/11.3.529>
- Cobb, C., & Douglas, P. (1928). A Theory of Production. *The American Economic Review*, 18(1), 139-165. <http://www.jstor.org/stable/1811556>
- Comin, D. (2008). The New Palgrave Dictionary of Economics. Palgrave Macmillan UK. <https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-1-349-58802-2>
- Crépon, B., Heckel, T., & Riedinger, N. (2003). *Information Technologies and Productivity: Microeconomic Evidence for France*. CREB. [https://www.researchgate.net/profile/Bruno-Crepon/publication/237380354\\_Information\\_Technologies\\_and\\_Productivity\\_Microeconomic\\_Evidence\\_for\\_France/links/540d8b6b0cf2d8daaacb2f03/Information-Technologies-and-Productivity-Microeconomic-Evidence-for-Fr](https://www.researchgate.net/profile/Bruno-Crepon/publication/237380354_Information_Technologies_and_Productivity_Microeconomic_Evidence_for_France/links/540d8b6b0cf2d8daaacb2f03/Information-Technologies-and-Productivity-Microeconomic-Evidence-for-Fr)
- De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2015). *What is Big Data? A Consensual Definition and a Review of Key Research Topics*. AIP Publishing. 10.1063/1.4907823
- Drucker, P. (1954). *The Practice of Management*. Harper & Row.
- Durlauf, S., & Blume, L. (Eds.). (2016). *Economic Growth*. Palgrave Macmillan UK.
- Fontalvo, T. (2018). LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL. *Dimension Empresarial*, 16(1). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-85632018000100047](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632018000100047)
- Frey, C., & Osborne, M. (2013). THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO . COMPUTERISATION. Oxford University. [https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf)

- Frey, C., & Osborne, M. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Gallois, N. (2011). The French Liberal School against the Heterodox Economist Léon Walras. *L'économie politique*, 51(3), 7-32. <https://www.cairn-int.info/revue-l-economie-politique-2011-3-page-7.htm&wt.src=pdf>
- Gholami, R., Lee, S.-Y. T., & Tong, R. (2005). Time Series Analysis in the Assessment of ICT Impact at the Aggregate Level – Lessons and Implications in the New Economy. *Information & Management*, 42(7), 1009-1022. 10.1016/j.im.2004.11.005
- González-Hernández, I.-J. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, (22). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8089783>
- Gordon, R. (2019). *The Rise and Fall of American Growth: the US Standard of Living since the Civil War*. Princeton University.
- Gu, V. C., Zhou, B., Cao, Q., & Adams, J. (2021). Exploring the relationship between supplier development, big data analytics capability, and firm performance. *Annals of Operations Research*, 302(1), 151-172. [https://ideas.repec.org/a/spr/annopr/v302y2021i1d10.1007\\_s10479-021-03976-7.html](https://ideas.repec.org/a/spr/annopr/v302y2021i1d10.1007_s10479-021-03976-7.html)
- Haller, S., Karnouskos, S., & Schroth, C. (2008). The Internet of Things in an Enterprise Context. In *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 5468). LNCCN. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00985>
- Harari, Y. N. (2018). *21 Lessons for the 21st Century*. Vintage Books. <https://doi.org/10.17104/9783406727795-21>
- Hayat, Z. (2022, August 17). Why digital trust is key to building thriving economies. The World Economic Forum. Retrieved April 29, 2023, from <https://www.weforum.org/agenda/2022/08/digital-trust-how-to-unleash-the-trillion-dollar-opportunity-for-our-global-economy/>
- Herold, D., Ćwiklicki, M., Pilch, K., & Mikl, J. (2021). The emergence and adoption of digitalization in the logistics and supply chain industry: an institutional perspective. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(6).



<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JEIM-09-2020-0382/full/html>

- Huawei Technologies Co. & Oxford Economics. (2017). *Measuring the true impact of the digital economy*. Oxford Economics. [https://www.huawei.com/minisite/gci/en/digital-spillover/files/gci\\_digital\\_spillover.pdf](https://www.huawei.com/minisite/gci/en/digital-spillover/files/gci_digital_spillover.pdf)
- Hui, G. (2014). *Cómo el Internet de las cosas cambia los modelos de negocio*. Harvard Business Review. Retrieved April 11, 2023, from <https://hbr.org/2014/07/how-the-internet-of-things-changes-business-models?language=es>
- Hwan-Joo, S., & Young Soo, L. (2009). Does ICT investment widen the growth gap? *Telecommunications Policy*, 33(8), 422-431. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596109000317?via%3DIhub#bib13>
- Itkonen, J. (2019). *The macroeconomic implications of measurement problems due to digitalisation*. EconStor. Retrieved March 31, 2023, from <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/212994/1/bofer-2019-01.pdf>
- Jaumotte, F., Oikonomou, M., Pizzinelli, C., & Tavares, M. M. (2023, March 21). *How Pandemic Accelerated Digital Transformation in Advanced Economies*. International Monetary Fund. Retrieved April 10, 2023, from <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2023/03/21/how-pandemic-accelerated-digital-transformation-in-advanced-economies>
- Jianing, P., & Fangyi, J. (2022). An Analysis of the Impact of the Digital Economy on High-Quality Economic Development in China—A Study Based on the Effects of Supply and Demand. *Sustainability*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/su142416991>
- Jung, J. F., & Gómez Bengoechea, G. (2022). *A literature review on firm digitalization: drivers and impacts*. Estudios sobre la Economía Española 2022/20. [https://documentos.fedea.net/pubs/eee/2022/eee2022-20.pdf?utm\\_source=wordpress&utm\\_medium=portada&utm\\_campaign=estudio](https://documentos.fedea.net/pubs/eee/2022/eee2022-20.pdf?utm_source=wordpress&utm_medium=portada&utm_campaign=estudio)

- Kennedy, J. (s.f.). *Big Data's Economic Impact*. Committee for Economic Development. Retrieved April 4, 2023, from <https://www.ced.org/blog/entry/big-datas-economic-impact>
- Kurt, M., & Bailom, F. (2016). *Business model innovation: coffee triumphs for Nespresso*.  
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02756661311310431/full/html>
- Lambrecht, A., Goldfarb, A., Bonatti, A., Yao, S., & Ghose, A. (2014). How do firms make money selling digital goods online? *Marketing Letters*, 25(3), 331-341. 10.1007/s11002-014-9310-5
- Markets and Markets. (2022). *Big Data Market Size, Share, Growth Drivers & Opportunities*. MarketsandMarkets. Retrieved April 4, 2023, from <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/big-data-market-1068.html>
- Markets and Markets. (2023). *Artificial Intelligence Market Trends, Drivers & Opportunities*. MarketsandMarkets. Retrieved April 6, 2023, from <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/artificial-intelligence-market-74851580.html>
- Markets and Markets. (2023, March 3). *Internet of Things (IoT) Market Size, Global Growth Drivers & Opportunities*. MarketsandMarkets. Retrieved April 3, 2023, from <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/internet-of-things-market-573.html>
- MarketsandMarkets Research Pvt. Ltd. (2022, November 21). *Digital Transformation Market Size to Reach US\$1,548.9 billion by 2027 – Report by MarketsandMarkets™*. Yahoo Finance. Retrieved March 29, 2023, from <https://finance.yahoo.com/news/digital-transformation-market-size-reach-140000548.html>
- McKinsey & Company. (2022). *McKinsey Technology Trends Outlook 2022*. McKinsey Global Institute.  
[https://www.mckinsey.com/~/\\_/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey](https://www.mckinsey.com/~/_/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey)

[%20digital/our%20insights/the%20top%20trends%20in%20tech%202022/McKinsey-Tech-Trends-Outlook-2022-Advanced-Connectivity.pdf](#)

- Mesenbourg, T. L. (2021). *Measuring the digital economy*. US Bureau of the Census. <https://www.census.gov/content/dam/Census/library/working-papers/2001/econ/umdigital.pdf>
- Noble, S. M., Mende, M., Grewal, D., & Parasuraman, A. (2022). The Fifth Industrial Revolution: How Harmonious Human–Machine Collaboration is Triggering a Retail and Service [R]evolution. *Journal of Retailing*, 98(2), 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2022.04.003>
- OCDE. (2019, May 23). *Digitalisation and productivity*. OECD. Retrieved March 24, 2023, from <https://www.oecd.org/economy/growth/digitalisation-productivity-and-inclusiveness/>
- OCDE. (2020, October 7). *E-commerce in the time of COVID-19*. OECD. Retrieved April 29, 2023, from <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/e-commerce-in-the-time-of-covid-19-3a2b78e8/>
- OCDE. (2023). *ICT Access and Usage by Businesses*. OECD Statistics. Retrieved April 23, 2023, from [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT\\_BUS](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS)
- Oliner, S. D., & Sichel, D. E. (2000). The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story? *Journal of Economic perspectives*, 14(4), 3-22. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.14.4.3>
- Oxford Dictionary. (2023). *soft-skills noun - Definition, pictures, pronunciation and usage notes | Oxford Advanced Learner's Dictionary at OxfordLearnersDictionaries.com*. Oxford Learner's Dictionaries. Retrieved April 23, 2023, from <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/soft-skills>
- Oxford English Dictionary. (2023). *artificial intelligence, n.* Oxford English Dictionary. Retrieved April 6, 2023, from <https://www.oed.com/viewdictionaryentry/Entry/271625>
- Pang, J., & Zang, I. (2022). An Analysis of the Impact of the Digital Economy on High-Quality Economic Development in China—A Study Based on the Effects

- of Supply and Demand. *Sustainability*, 24(14).  
<https://doi.org/10.3390/su142416991>
- Porcelli, A. M. (2020). Inteligencia artificial y la robótica: Sus Dilemas Sociales, éticos Y Jurídicos. *Derecho Global. Estudios Sobre Derecho y Justicia*, 6(16), 49–105. <https://doi.org/10.32870/dgedj.v6i16.286>
  - Porter, M. (1985). *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. NY: Free Press.  
<https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=193>
  - Porter, M. (2008). *On Competition*. Harvard Business Review.
  - Pradhan, R. P., Arvin, M. B., Nair, M., Bennett, S. E., & Bahmani, S. (2019). Short-term and long-term dynamics of venture capital and economic growth in a digital economy: A study of European countries. *Technology in society*, 57, 125-34. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.11.002>
  - Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making. *I(1)*, 51-59.  
<https://doi.org/10.1089/big.2013.1508>
  - PWC. (2016). *Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused*. PwC. Retrieved April 30, 2023, from <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2016/digitization-more-efficient.html#:~:text=Digitization%20brings%20down%20those%20walls,to%20the%20customers%20demanding%20fulfillment>.
  - PWC. (2017). *Sizing the prize What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?* PWC.  
<https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>
  - Quevedo, L. F. (2019). Aproximación crítica a la teoría económica propuesta por Schumpeter. *Revista Investigación y Negocios*, 12(20).  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2521-27372019000200006](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2521-27372019000200006)
  - Quintero, J., & Sánchez, J. (2006). La cadena de valor: Una herramienta del pensamiento estratégico. *Telos*, 8(3), 377-389.  
<https://www.redalyc.org/pdf/993/99318788001.pdf>

- Qureshi, Z. (2022, January 18). *How digital transformation is driving economic change*. Brookings. Retrieved March 24, 2023, from <https://www.brookings.edu/blog/up-front/2022/01/18/how-digital-transformation-is-driving-economic-change/>
- Ramanayake, K. D. (2019). Critical Introduction of Solow Growth Theory. *Journal of Research in Humanities and Social Science*, 7(1), 43-56. [https://www.researchgate.net/publication/330968151\\_Critical\\_Introduction\\_of\\_Solow\\_Growth\\_Theory](https://www.researchgate.net/publication/330968151_Critical_Introduction_of_Solow_Growth_Theory)
- Reynoso Castillo, C. (2014). Las transformaciones del concepto de empresa. *Revista latinoamericana de derecho social*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-46702014000100133](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-46702014000100133)
- Rifkin, J. (2012, March 3). *The Third Industrial Revolution: How the Internet, Green Electricity, and 3-D Printing are Ushering in a Sustainable Era of Distributed Capitalism*. The World Financial Review. Retrieved April 11, 2023, from <https://worldfinancialreview.com/the-third-industrial-revolution-how-the-internet-green-electricity-and-3-d-printing-are-ushering-in-a-sustainable-era-of-distributed-capitalism/>
- Robinson, L. (2019). *How Big Data Is Affecting The Global Economy*. Austrian Economics Center. Retrieved April 4, 2023, from <https://austriancenter.com/big-data-global-economy/>
- Rozo-García, F. (2019). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177-191. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>
- Sabbagh, K. (2012). *Maximizing the Impact of Digitization*. World Economic Forum. [https://www3.weforum.org/docs/GITR/2012/GITR\\_Chapter1.11\\_2012.pdf](https://www3.weforum.org/docs/GITR/2012/GITR_Chapter1.11_2012.pdf)
- Sancho, A. (s.f.). *Función de Producción Cobb-Douglas*. Universidad de Valencia. <https://www.uv.es/sancho/funcion%20cobb%20douglas.pdf>

- Schneegans, S., Lewis, J., & Straza, T. (2021). . *UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum. [https://law.unimelb.edu.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/3385454/Schwab-The\\_Fourth\\_Industrial\\_Revolution\\_Klaus\\_S.pdf](https://law.unimelb.edu.au/_data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf)
- Serror, M., Hack, S., Henze, M., Schuba, M., & Wehrle, K. (2021). Challenges and Opportunities in Securing the Industrial Internet of Things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(5), 2985-2996. 10.1109/TII.2020.3023507
- Smith, A. (2005). Exploring radio frequency identification technology and its impact on business systems. *Information Management & Computer Security*, 13(1). <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09685220510582647/full/html>
- Solow, R., & Swan, T. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94. <http://links.jstor.org/sici?sici=0033-5533%28195602%2970%3A1%3C65%3AACTTTO%3E2.0.CO%3B2-M>
- Stanford University Artificial Intelligence Index. (2023). *Measuring trends in Artificial Intelligence*. Stanford University. <https://aiindex.stanford.edu/report/>
- Strategy &. (2013). *Digitization for economic growth and job creation*. PwC. <https://www.strategyand.pwc.com/m1/en/reports/digitization-for-economic-growth-and-job-creation.pdf>
- Sundaram, R., Sharma, R., & Shakya, A. (2020). DIGITAL TRANSFORMATION OF BUSINESS MODELS: A SYSTEMATIC REVIEW

OF IMPACT ON REVENUE AND SUPPLY CHAIN. *Journal Impact Factor*, 11(5), 9-21.

- Szalavetz, A. (2019). Digitalisation, automation and upgrading in global value chains – factory economy actors versus lead companies. *Post communist economies*, 31(5), 646-670. <https://doi.org/10.1080/14631377.2019.1578584>
- Tahiri, S. (2022). The Impact of Digitalization on Firms' Business Models. Opportunities and Limitations for Digital Leader. *I*(11), 13-32. <https://doi.org/10.33422/jarl.v1i1.173>
- University of Pennsylvania. (2020). *The Solow Growth Model*. University of Pennsylvania. Retrieved April 22, 2023, from [https://www.sas.upenn.edu/~vr0j/oldteaching/econ10205/lectures/grow5\\_solow.pdf](https://www.sas.upenn.edu/~vr0j/oldteaching/econ10205/lectures/grow5_solow.pdf)
- Valenduc, G. (2018). Technological revolutions and societal transitions. *Foresight Brief*. [https://www.etui.org/sites/default/files/Foresight-Brief\\_04\\_EN\\_WEB.pdf](https://www.etui.org/sites/default/files/Foresight-Brief_04_EN_WEB.pdf)
- von Mises, L. (2011, November 28). *Individualismo y Revolución Industrial* | Instituto Mises. Mises Institute. Retrieved April 11, 2023, from <https://mises.org/es/library/individualismo-y-revolucion-industrial>
- Waschull, S. (2022). The redesign of blue- and white-collar work triggered by digitalization: collar matters. *El Sevier*, 165, 14. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107910>
- Westerman, G., Bonne, D., & McAfee, A. (2014). The nine elements of digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 55(3), 1-6.
- World Bank. (2022, October 6). *Digital Development Overview: Development news, research, data*. World Bank. Retrieved March 28, 2023, from <https://www.worldbank.org/en/topic/digitaldevelopment/overview>
- World Bank. (2023). GDP (current US\$) | Data. World Bank Data. Retrieved April 25, 2023, from <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>
- World Bank. (2023). Gross fixed capital formation (% of GDP) | Data. World Bank Data. Retrieved April 25, 2023, from <https://data.worldbank.org/indicator/NE.GDI.FTOT.ZS>

- World Bank. (2023). Labor force, total | Data. World Bank Data. Retrieved April 25, 2023, from <https://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.TOTL.IN>
- World Bank. (2023). *Home*. YouTube. Retrieved April 11, 2023, from <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=XC-IE-JP>
- World Economic Forum. (2022, May 19). *A digital silver bullet for the world: digitalization*. The World Economic Forum. Retrieved March 28, 2023, from <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/a-digital-silver-bullet-for-the-world/>
- Zhang, J., & Zhao, W. (2022). The Impact of Digital Economy on the Economic Growth and the Development Strategies in the post-COVID-19 Era: Evidence From Countries Along the “Belt and Road”. *Frontiers*, *10*, 17. 10.3389/fpubh.2022.856142
- Zott, C., & Amit, R. (2009). *Business Model Design: An Activity System Perspective*. Elsevier. 10.1016/j.lrp.2009.07.004