



Universidad de Valladolid
Facultad de Ciencias
Económicas y Empresariales

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Economía

**Efectos de la digitalización en
la economía**

Presentado por:

Mónica Santamaría González

Tutelado por:

Carlos Borondo Arribas

Valladolid, 3 de julio de 2019

RESUMEN

La sociedad y la economía están cambiando, en parte, por el desarrollo de la digitalización. Este trabajo se centra en conocer la dimensión de estos cambios en las variables macroeconómicas más importantes en el medio-largo plazo. Se trata de predecir qué va a ocurrir en el futuro, teniendo en cuenta, en cierta medida, la trayectoria histórica de las mismas, tanto en España como en el resto de economías desarrolladas.

Se estudian los efectos sobre tres variables: la productividad, el empleo y la distribución de la renta. Elegidas por su importancia en el crecimiento económico. Se utilizará como metodología para investigar acerca del tema: biografía científica, datos y modelos macroeconómicos simples.

A lo largo del trabajo se observará que los efectos sobre las diversas variables es un tema que crea controversia y sobre el que aún hay líneas de investigación abiertas.

PALABRAS CLAVE: digitalización, productividad, empleo, desigualdad.

ABSTRACT

Society and economy are changing, in part, by the development of digitalization. This study focuses on knowing the dimension of this changes in the most important economic variables, in the medium-long term. It's about predicting what is going to happen in the future, taking into account, its historical trajectory, both in Spain and in the rest of developed economies.

Effects are studied on three variables: productivity, work and income distribution. Chosen because their importance in economic growth. Different methodology is used to investigate about the topic: scientific biography, data and macroeconomic models.

Throughout the work it will be observed that the effects on the various variables is a subject that creates controversy and on which there are still lines of investigation open.

KEY WORDS: digitalization, productivity, work, inequality.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD.....	7
2.1. Corriente tecno-optimista	7
2.2. Corriente tecno-pesimista	8
2.3. Evidencia empírica.....	9
2.4. La paradoja de la productividad	14
3. EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA RENTA	15
3.1. Efectos sobre el bienestar.....	15
3.2. Efectos sobre la desigualdad.....	21
3.3. Modelo macroeconómico desde el punto de vista de los productores. 24	
3.4. Modelo macroeconómico desde el punto de vista de los consumidores 26	
3.5. Propiedad intelectual y redistribución	28
4. EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN SOBRE EL EMPLEO	29
4.1. Relación entre la caída de la participación laboral en la renta nacional y digitalización.....	34
4.2. Cambio tecnológico sesgado en habilidades	36
4.3. Enfoque basado en tareas	37
4.4. Brecha de género.....	40
5. CONCLUSIONES	46
6. REFERENCIAS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tasa de crecimiento anual acumulada de la productividad en España y EEUU en 1970-1995 y 1995-2017	10
Tabla 2: Correlación entre los salarios y la productividad por rama de actividad de España entre 1995-2017	13
Tabla 3: Tasa de crecimiento (en porcentaje) del ingreso mediano por nivel educativo en la Unión Europea, España y Luxemburgo entre 2009 y 2017	34
Tabla 4: Porcentaje de empleo automatizable según riesgo	43
Tabla 5: Número de empleos potencialmente automatizables a partir del número de ocupados de 2018 por género y de las probabilidades de Frey y Osborne (2013).....	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Productividad (PIB por hora trabajada) en España y EEUU entre 1970 y 2017 (2010=100)	10
Gráfico 2: Productividad de España por sectores entre 1995 y 2017 (1995=100)	11
Gráfico 3: Tasa de crecimiento de los salarios y de la productividad por rama de actividad de España 1995-2017	13
Gráfico 4: Frontera de posibilidades de utilidad antes y después de la innovación en un mercado sin costes de redistribución	17
Gráfico 5: Frontera de posibilidades de utilidad potencial en un mercado con costes de redistribución.....	18
Gráfico 6: Frontera de posibilidades de utilidad potencial en mercados imperfectos.....	19
Gráfico 7: Participación de la renta laboral (en % del PIB) en la Unión Europea y EEUU entre 1995 y 2019.....	35
Gráfico 8: Porcentaje de alumnos matriculados por sexo en ciencias sobre el total de matriculados universitarios de España entre 1985 y 2016	41
Gráfico 9: Distribución del total de ocupados en EEUU sobre la probabilidad de automatización.	42

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda los efectos de la digitalización en la economía, entendiendo la digitalización como “la difusión de las tecnologías y la utilización de los datos como recurso esencial” (CES), en una perspectiva amplia donde se tienen en cuenta otras transformaciones ligadas a esta, como son la automatización de los procesos y la inteligencia artificial. Asimismo, en ocasiones, se hablará de progreso técnico e innovación, en general, para comprender mejor ciertos efectos.

La motivación de este trabajo reside en el rápido avance de la digitalización, que está generando divergencia y polarización en las economías y sociedades. Ha cambiado la forma de trabajar, de vivir y de interactuar entre las personas. Por lo que supone un absoluto reto ante la posibilidad de cambiar la economía y la sociedad tal y como las conocemos actualmente.

Otro de los motivos que da pie a este estudio, es que a medida que avanza la tecnología, parece que hay grupos de personas a las que está dejando atrás, es decir, sus efectos no son iguales para todas las personas, países y empresas. Esto genera desigualdad como se observará más adelante.

El objetivo general es conocer cómo va a afectar la digitalización a diferentes variables macroeconómicas, dentro de lo que se puede estimar, ya que hay cambios que son imprevisibles. En concreto se trata de (1) investigar sobre tres variables: la productividad, la distribución de la renta y el empleo, y sobre las variables que dependen de estas, como el salario y; (2) estudiar cómo se relacionan estas variables entre sí, para comprender mejor la teoría expuesta, y observar sus repercusiones sobre otras.

Para ello, se han utilizado dos procedimientos: una revisión literaria y el estudio de modelos macroeconómicos. Para realizar la revisión literaria han sido utilizadas diversas fuentes bibliográficas: informes recientes de organizaciones internacionales, libros y artículos de revistas, además de trabajos de organizaciones españolas entre los cuales se encuentra el Consejo Económico Social o servicios de estudios, como el BBVA Research.

La revisión literaria ha sido contrastada con datos, tanto de España como de diversos países, a modo de comparativa. Con este fin se han utilizado varias bases de datos. Para los datos internacionales han sido utilizadas las bases de

datos de la OCDE, Ameco y Eurostat. Mientras que los datos nacionales han sido extraídos de la Encuesta de Población Activa, de la Contabilidad Nacional (ambas disponibles en el Instituto Nacional de Estadística) y del Ministerio de Educación.

El trabajo está dividido en cuatro partes fundamentales: efectos sobre la productividad, sobre el empleo, sobre el bienestar y sobre la desigualdad.

En primer lugar, en la sección 2 y 4, se analizará el efecto sobre la productividad y el empleo por su importancia en la economía, puesto que ambas variables son vías por las que crece una economía. Altas tasas de desempleo pueden tener efectos devastadores en un país, al igual que una baja tasa de crecimiento de la productividad. De igual modo, en la sección 3, se estudiará el efecto sobre la distribución de la renta a través de dos vías: el bienestar y la desigualdad.

Posteriormente, dentro de la sección 3, se han estudiado varios modelos económicos desde diferentes perspectivas, con el objetivo de conocer cuáles son los efectos de la digitalización, pero desde el punto de vista de la teoría económica.

2. EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

Los efectos que tiene la digitalización en la productividad¹ provocan un debate, generando varias corrientes que intentan explicar qué pasará en el largo plazo si la digitalización continúa creciendo exponencialmente como lo ha hecho hasta ahora. Estas corrientes se pueden clasificar básicamente en dos: tecno-optimismo y tecno-pesimismo.

2.1. Corriente tecno-optimista

La primera corriente considera que los aumentos de productividad provocados por la digitalización van a ser de tal magnitud que van a suponer un punto de inflexión en la economía, y está respaldada por autores como Brynjolfsson y McAfee (2016). Para explicar el punto de inflexión que se va a generar, realizan una visión histórica, comenzando en el año 1500 donde existía una relación negativa entre la población y los salarios. Esto cambió en 1800, la gente percibía mayores salarios a medida que aumentaba la población, cambio que no podría haberse dado sin los avances tecnológicos de la época y años posteriores. Considera que en la actualidad esto está volviendo a ocurrir, se están produciendo importantes avances tecnológicos como resultado de las herramientas digitales con las que cuentan.

La revolución tecnológica permite que miles de consumidores puedan producir y compartir información, bienes y servicios. Se están conectando miles de millones de sensores a flujos de recursos, almacenes, sistemas viarios, cadenas de producción, redes de distribución eléctrica, oficinas, hogares, tiendas y vehículos que supervisan continuamente su estado y su funcionamiento y envían estos datos al Internet de las comunicaciones, al Internet de la energía y al Internet del transporte y la logística. A través del Big Data se podrá aumentar la eficiencia de estos procesos provocando que el coste marginal de producción tienda a cero, es decir, “el producto acabará siendo virtualmente gratuito. De suceder esto, el “alma” del capitalismo, el beneficio se acabaría evaporando” (Rifkin, 2016). Este coste marginal cero del que habla Rifkin, quien considera que nos hallamos ante la Tercera Revolución Industrial donde el centro es el Internet de las Cosas, ha tenido efectos catastróficos en el sector discográfico o en el sector editorial

¹ Entendiendo la productividad como producto por hora de trabajo.

debido al crecimiento de plataformas como Youtube o Wikipedia. Mientras que ha generado el crecimiento de otras formas de negocio como es la economía colaborativa, donde lo importante no es la generación de un beneficio, sino el bienestar de los consumidores. Esta economía representa entre un 10% y un 15% en países como Estados Unidos o Alemania, con empresas como Uber o Airbnb. Este tipo de economía optimiza los recursos desde el punto de vista energético y medioambiental e incrementa el grado de responsabilidad social de las empresas.

Resumiendo, los motivos por los que los autores que apoyan esta corriente consideran que se va a producir un punto de inflexión son, en primer lugar, el crecimiento exponencial de la capacidad de computación de los dispositivos digitales, produciendo dispositivos cada vez más pequeños, rápidos y eficientes. En segundo lugar, a medida que la digitalización se extiende, va siendo más eficiente, aumenta su utilidad cuanto más información se procese y aumente el número de usuarios conectados. Por otro lado, la información digital se caracteriza por ser un bien no rival por lo que puede ser utilizada por varias personas a la vez siendo nulo el coste de reproducción.

2.2. Corriente tecno-pesimista

Para intentar comprender la segunda corriente se van a exponer los motivos alegados por Robert J. Gordon (2016) quien considera que la aportación de los avances tecnológicos al crecimiento económico es insignificante a diferencia de lo que ocurrió tras la Revolución Industrial, que provocaron un sólido crecimiento económico. La diferencia principal que encuentra entre la época de 1970 y la actualidad es que durante esos años la vida de las personas cambió bruscamente en todas las dimensiones de la vida humana como consecuencia de invenciones como la electricidad, el motor de combustión interna o aspectos que hoy en día nos parecen cotidianos, como tener agua corriente en vez de tener que transportarlo en cubos. O como la medicina avanzó reduciendo la mortalidad infantil y alargando la esperanza de vida de la sociedad.

La vida de las personas cambió como consecuencia de invenciones, es decir, objetos que no existían con anterioridad. Mientras que hoy en día, a pesar de estar viviendo una revolución digital que modifica, entre otras cosas, la forma de trabajar de las empresas, afecta a partes concretas de la vida de las personas,

provocando un cambio limitado. La dimensión que abarca la digitalización es escasa si se compara con la de 1970 y años anteriores. Gordon pone el ejemplo de una cocina para intentar explicar esto, compara una en 1970 y en la actualidad, observando que las diferencias entre ambas son insignificantes, solo encontramos objetos que facilitan la vida de las personas, pero no la cambian por completo (como un microondas).

2.3. Evidencia empírica

Para dar una respuesta real a las dos corrientes existentes se van a exponer una serie de datos de España y de EEUU, a modo de comparación, extraídos del Instituto Nacional de Estadística y de la base de datos de la OCDE.

El gráfico 1 representa la productividad en España y EEUU, medida como el cociente entre el PIB y el número total de horas trabajadas. Los datos han sido extraídos de la OCDE para ambos países. Se ha mantenido el número índice calculado por la base de datos (2010=100). El objetivo es conocer cómo ha evolucionado la productividad en España y en EEUU desde 1970 hasta 2016, y verificar si no ha crecido al ritmo esperado por los avances tecnológicos existentes, tal y como afirman los autores expuestos en el epígrafe anterior (corriente tecno-pesimista), o si por el contrario, sí que ha crecido al ritmo esperado por los tecno-optimistas.

En segundo lugar, en la tabla 1 se ha calculado la tasa de crecimiento anual acumulada de la productividad, a partir de los datos del gráfico 1. La tasa de crecimiento ha sido elaborada para dos periodos: 1970-1995 y 1995-2017. Se ha escogido el año 1995 porque al observar el gráfico 1, aparenta ser el punto de inflexión, pues, es el año en el que el crecimiento de la productividad se contiene, creciendo a tasas más pequeñas que en años anteriores. Aunque los periodos considerados no abarcan el mismo número de años, al calcular la tasa anual acumulada se puede realizar una comparación objetiva entre ellos.

Para conocer cómo ha evolucionado la productividad en los sectores más importantes de la economía española se ha elaborado el gráfico 2. Para ello, se ha extraído, en primer lugar, de la contabilidad nacional del INE la producción total de cada sector, medida en millones de euros; y por otro lado, el número total de horas trabajadas de la EPA. Se ha calculado para el periodo de tiempo 1995-2017. A través del cociente entre las dos se obtiene la productividad entre 1995

y 2017 por sectores. Se ha elaborado un número índice, en el que el primer año (1995) es 100 para visualizar con mayor claridad la evolución de cada rama de actividad, y poder compararlas entre sí.

Gráfico 1: Productividad (PIB por hora trabajada) en España y EEUU entre 1970 y 2017 (2010=100)

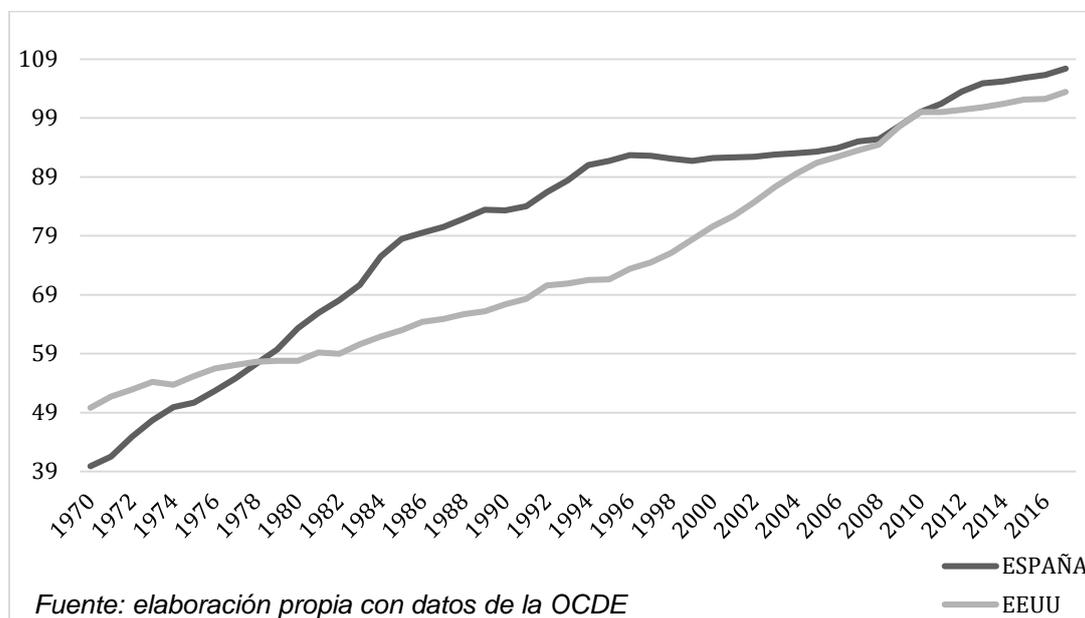


Tabla 1: Tasa de crecimiento anual acumulada de la productividad en España y EEUU en 1970-1995 y 1995-2017

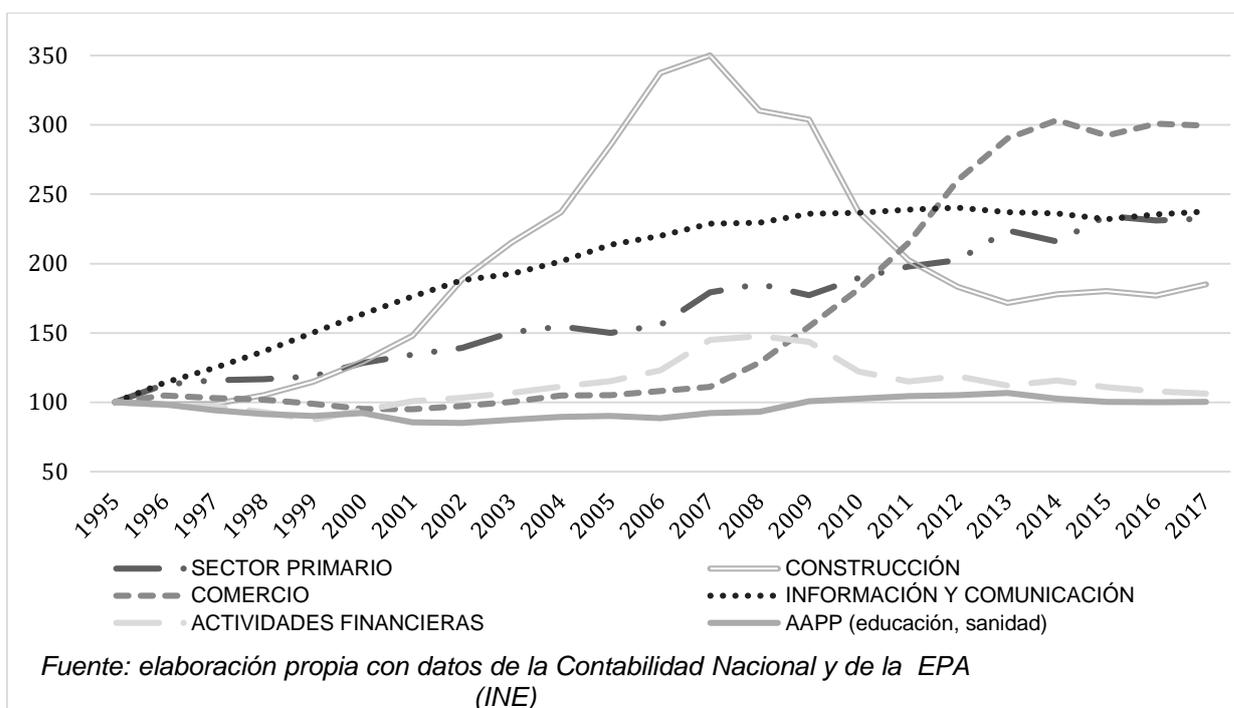
	<u>1970-1995</u>	<u>1995-2017</u>
ESPAÑA	3,38	0,72
EEUU	1,46	1,68

Fuente: elaboración propia con datos de la OCDE

Observando tanto el gráfico 1 como la tabla 1, se pueden realizar varias afirmaciones generales sobre la evolución de la productividad en España. En primer lugar, la productividad en España durante el periodo 1995-2017 creció menos que el periodo anterior analizado (1970-1995). Entre 1995 y 2017 ha crecido alrededor de un punto, pero disperso por sectores, como se comprueba en el gráfico 2. Esta tendencia se mantiene en la actualidad, puesto que en el

último año ha crecido, pero a tasas muy bajas, por debajo del 1%, por lo que se puede afirmar que la productividad en España está estancada desde el año 1995 (aproximadamente). En Estados Unidos la tendencia es semejante, aunque en el primer periodo comparado creció menos, por lo que la caída sufrida en el periodo posterior es menos significativa. En el último periodo, el crecimiento de la productividad, al igual que en España, se ha estacando.

Gráfico 2: Productividad de España por sectores entre 1995 y 2017 (1995=100)



En segundo lugar, como se observa en el gráfico 2, el crecimiento de la productividad no ha sido análogo en todos los sectores. Tal y como afirman Catalán, Doménech, & Neut (2018), este crecimiento muestra una relación positiva, aunque baja, con la intensidad de ocupaciones rutinarias. Por el contrario, la relación es negativa si lo comparamos con el crecimiento de horas totales, siendo más significativa que la anterior. De modo que crece más el empleo en sectores en los que menos crece la productividad, lo que en economía se conoce como un “Crecimiento no equilibrado a la Baumol”.

En su libro, William Baumol (2013) ayuda a entender la tendencia de los salarios y los costes en determinados sectores. Estudia que en los sectores menos productivos o en los que menos ha crecido la productividad en los últimos años,

han aumentado los costes (enfermedad de los costes) como consecuencia de incrementos en los salarios. Mientras que en los sectores más productivos, como puede ser la fabricación de automóviles, fabrican más con menos, de manera que pueden disminuir los costes y aumentar los salarios.

En los sectores menos productivos se encuadran básicamente los servicios como la sanidad, la educación y la música, intensivos en capital humano, y resistentes a la digitalización porque el capital humano es imprescindible. Las características se han mantenido estables en los últimos 200 años, en tanto que la inflación no. Esto provoca que se reclamen salarios más altos que solo se pueden cubrir aumentando los costes, teniendo como consecuencia la enfermedad de los costes de William Baumol.

Esta teoría se utiliza en la actualidad para explicar la evolución de ciertas variables (costes, productividad, etc.) en aquellos servicios que no se pueden automatizar por completo, como la investigación, sanidad, educación, en los cuales la productividad es baja, la intensidad de la mano de obra alta, y es necesario un gasto, tanto público como privado alto para cubrir los salarios.

La teoría explicada anteriormente se puede comprobar en la tabla 2 y en el gráfico 3. La tabla 2 se ha realizado con el objetivo de conocer si existe una relación entre la evolución de la productividad y de los salarios. Por ese motivo, se han calculado las correlaciones entre la variable productividad, calculada en el gráfico 2, y la variable salarios, extraída de la EPA. Las correlaciones se han calculado con el programa eViews. Se verifica que la relación entre ambas variables es positiva en todos los sectores analizados, de modo que se puede concluir que la productividad y los salarios van en la misma dirección.

Los resultados expuestos en la tabla 2 se pueden confirmar gráficamente en el gráfico 3, en el cual se observa que el crecimiento de ambas variables es semejante entre 1995 y 2017 en todos los sectores, excepto en el sector público. En el sector público apenas ha crecido la productividad, mientras que los salarios sí que han experimentado un importante aumento. En consecuencia, podemos afirmar que en España se produce “La enfermedad de los costes” introducida por Baumol. En las ocupaciones reticentes a la digitalización, como son la sanidad y la educación (incluidas en el sector público), se reclaman salarios más altos, mientras la productividad se mantiene estancada. En los sectores más productivos, como los demás analizados, los aumentos de la productividad

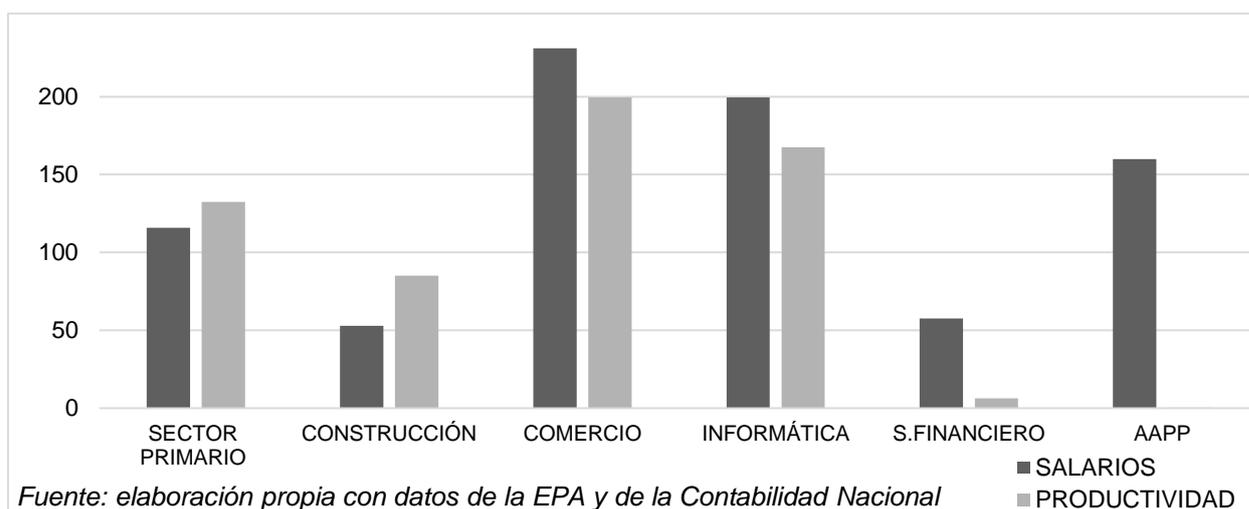
hacen que las empresas se puedan enfrentar a salarios más altos. Es lógico pensar que a medida que avance la digitalización, este fenómeno se agravará, en especial para el sector público, donde los salarios continuarán creciendo como consecuencia de la inflación. Mientras tanto, la productividad continuará estancada por la dificultad para introducir avances tecnológicos.

Tabla 2: *Correlación entre los salarios y la productividad por rama de actividad de España entre 1995-2017*

<u>SECTOR</u>	<u>CORRELACIÓN</u> <u>SALARIOS-</u> <u>PRODUCTIVIDAD</u>
SECTOR PRIMARIO	0,91
CONSTRUCCIÓN	0,95
COMERCIO	0,71
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN	0,97
SECTOR FINANCIERO	0,84
AAPP	0,57

Fuente: elaboración propia con datos del INE

Gráfico 3: *Tasa de crecimiento de los salarios y de la productividad por rama de actividad de España 1995-2017*



2.4. La paradoja de la productividad

Como se ha comprobado anteriormente, entre 1995 y 2015 la productividad creció a una tasa superior a la actual. La extensión de internet fue uno de los pilares fundamentales de este crecimiento. Siguiendo con esta lógica, dados los avances digitales de la actualidad, la productividad debería crecer a tasas superiores a las que lo está haciendo. Este fenómeno se conoce como la Paradoja de la Productividad, y contradice a la teoría de los tecno-optimistas que, como se ha explicado en puntos previos, consideran que la digitalización va a provocar importantes aumentos de productividad, dando margen a las empresas para producir más con menores costes, pudiendo estos llegar a 0.

Los tecno-optimistas alegan varios motivos por los que la productividad no refleja el desarrollo de la economía digital. En primer lugar, piensan que los aumentos de productividad se darán más adelante, como ocurrió con la introducción de internet, que se dio en 1970-1980 y hasta finales de los 90 y principios de los 2000 no se percibieron aumentos de la productividad (Solow, 1987). Es decir, es necesario rentabilizar estos procesos para conocer su influencia en la economía.

En segundo lugar, como mencionan Korinek y Stiglitz (2017) se puede deber a una cuestión de medición, es decir, que la productividad esté infravalorada por no incluir aspectos como las mejoras en la calidad de los productos y servicios. No se está contabilizando el verdadero valor derivado del consumo de bienes y servicios digitales. Por el contrario, también señalan que tampoco refleja con exactitud los deterioros de la calidad. A pesar de esto, las mejores estimaciones indican que esto solo supone un escaso porcentaje. La OCDE, consciente de que las estadísticas existentes no tiene la capacidad suficiente para ir al paso de las nuevas tecnologías, utilizadas tanto por personas como por empresas, recomienda desarrollar una agenda de medición internacional que gire alrededor de seis áreas (OCDE, 2016):

- Mejorar la medición de la inversión en TIC y su vínculo con los resultados macroeconómicos.
- Definir y medir las competencias necesarias para la economía digital.
- Desarrollar métricas para realizar el seguimiento de cuestiones de seguridad, privacidad y protección al consumidor.
- Fomentar la medición de las TIC para objetivos sociales y el impacto de

la economía digital en la sociedad.

- Invertir en una infraestructura de información completa y de alta calidad para medir los impactos.
- Desarrollar un marco estadístico de calidad adaptado para explotar Internet como fuente de datos.

El último motivo al que hacen alusión es que se está produciendo un descenso significativo de la productividad como consecuencia de la singularidad de los procesos tecnológicos cada vez más importantes en la economía. No desplegarán sus efectos hasta que su implantación no sea generalizada, porque se considera que las tecnologías están infrutilizadas en varios segmentos del aparato productivo, ya que son más utilizadas en la industria que en los servicios, y dentro de cada sector, están más desarrolladas en las grandes empresas que en las PYMES, y en las empresas nuevas frente a las de mayor antigüedad.

3. EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA RENTA

3.1. Efectos sobre el bienestar

Uno de los principales retos al que se van a enfrentar las economías desarrolladas al adquirir cada vez más importancia la digitalización, va a ser la distribución de la renta. Resulta muy simplista considerar que toda la población va a ganar con la introducción de avances tecnológicos como, por ejemplo, la inteligencia artificial. A pesar de esto, existen grupos sociales que consideran que va a ser beneficioso para la sociedad en general, independientemente de su profesión o clase social. Por el contrario, con estos grupos coexisten otros contrapuestos que piensan que las innovaciones afectan de forma desigual de acuerdo con la profesión o la clase social. Es complicado dar una respuesta única debido a que los efectos de lo que algunos consideran la Cuarta Revolución Industrial, aún no son notables en todas las variables económicas, como se está comprobando en este trabajo. Para intentar dar una respuesta a esta pregunta, Korinek y Stiglitz (2017) plantearon diferentes supuestos para intentar comprender la relación entre digitalización y bienestar económico.

Es un estudio económico desde el punto de vista teórico, realizado a partir de la utilidad de los individuos, basándose en un ensayo de Keynes (1930) en el que

describe cómo los efectos de los avances tecnológicos se podían estudiar a través de la utilidad. A él, en especial, le inquietaba cómo sería la calidad de vida en términos de utilidad, en una economía con mucho ocio, propiciado por el fin del trabajo, debido a los avances tecnológicos, que afectarían a toda la población. Una reflexión que aunque fue escrita en 1930, se puede discutir sobre ella hoy en día.

Suponen en un primer momento una economía de competencia perfecta, donde la redistribución es gratuita, provocando que todos los individuos compartan los beneficios de los progresos tecnológicos². Sin embargo, esto se aleja de la realidad, por lo que considerar que habrá mejoras en el sentido de Pareto se aproxima más a la realidad económica, como se estudiará en los supuestos posteriores. Para simplificar el estudio consideran que solo existen dos tipos de individuos: los innovadores y los trabajadores.

Escenarios y consecuencias planteadas:

Los escenarios siguientes están basados en los que plantearon Korinek y Stiglitz, aunque las conclusiones han sido elaboradas personalmente para este trabajo. Es una perspectiva teórica donde no hay datos empíricos que lo contrasten, de hecho, los primeros escenarios no se dan, ni se darán en la realidad. A pesar de esto, resulta interesante intentar saber cómo avanzará el bienestar de los individuos a medida que lo haga la tecnología.

Escenario 1: Mercados perfectos

En economía es de gran utilidad comenzar analizando mercados de este tipo para comprender mejor la realidad. Por ello, los mercados de competencia perfecta libres de riesgo van a ser el punto de partida.

En este primer escenario consideran que todos los individuos tienen acceso a mercados libres de riesgo “detrás del velo de la ignorancia”, es decir, antes de saber si serán innovadores o trabajadores. Al ser un mercado sin riesgo donde los individuos están seguros ante la llegada de la innovación, cuando esta se produzca los “ganadores” compensarán a los “perdedores”, de forma que el riesgo se compartirá de forma óptima. Como resultado, la innovación tecnológica

² En este apartado se hablará de progreso técnico en general, para respetar la nomenclatura adoptada por Korinek y Stiglitz.

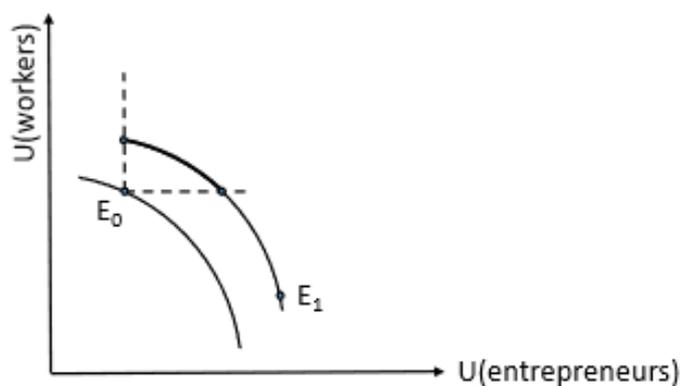
beneficiará a todo el mundo y por tanto, todos los individuos apoyarán el progreso técnico.

La inexistencia de desigualdad se puede deber a que aunque los trabajadores sean sustituidos por máquinas, perciban externalidades positivas (en forma de dinero o no) que iguale su situación con la de los innovadores, quienes se benefician directamente de la innovación. Además es importante destacar que en este primer supuesto los costes de redistribución son nulos, de forma que resulta más fácil e intuitivo llegar a esta conclusión.

Escenario 2: mercados perfectos ex-post y sin costes de redistribución

Suponiendo que la redistribución es gratuita y que las distribuciones necesarias son realizadas, el progreso tecnológico será objetivo de todos los individuos. En este caso, al igual que en el supuesto anterior, toda la población (trabajadores e innovadores) apoyarán la innovación.

Gráfico 4: Frontera de posibilidades de utilidad antes y después de la innovación en un mercado sin costes de redistribución



Fuente: Korinek & Stiglitz (2017)

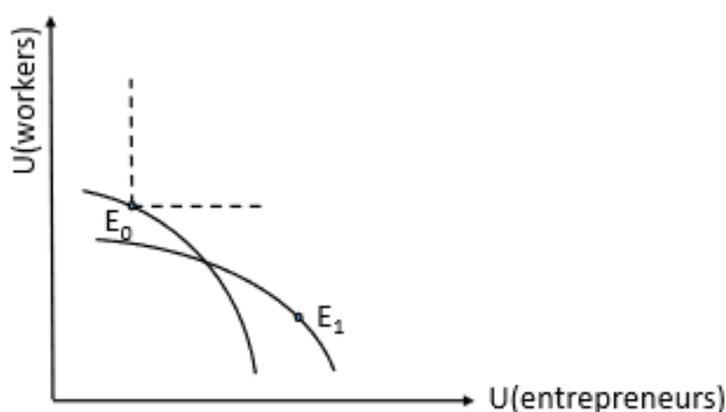
En el gráfico 4 se representa las fronteras de posibilidades de utilidad antes y después de la innovación. La situación inicial está representada por un punto de equilibrio (E_0) que se desplaza a un punto de equilibrio E_1 tras producirse la innovación. Este punto de equilibrio posterior es consecuencia de que la innovación aumenta las posibilidades de producción, lo que implica automáticamente un desplazamiento de la frontera de utilidad, generando el nuevo equilibrio. Equilibrio en el cual se produce una mejora en el sentido de Pareto, lo que supone que un cambio al menos mejora la situación de un individuo, en este caso grupo de individuos (innovadores), sin empeorar la del

resto (trabajadores).

Escenario 3: mercados perfectos con costes de redistribución

En este escenario nos encontramos con mercados perfectos, al igual que en el primer escenario, pero a diferencia de este, la redistribución es limitada o costosa. Esto provoca que no sea posible que se den mejoras en el sentido de Pareto, causando que algunos grupos de la sociedad pierdan y por tanto, se opongan al progreso técnico. El bienestar de la sociedad disminuirá.

Gráfico 5: Frontera de posibilidades de utilidad potencial en un mercado con costes de redistribución



Fuente: Korinek & Stiglitz (2017)

En el gráfico 5 se ilustra la situación descrita. La frontera de posibilidades de utilidad se desplaza como consecuencia de los costes de la innovación, pasando de un punto de equilibrio E_0 a un punto E_1 donde la utilidad de los innovadores (representada en abscisas) aumenta en gran medida, mientras que la de los trabajadores (ordenadas) disminuye.

Este escenario es el que más se aproxima a la realidad, teniendo en cuenta la evolución de la innovación hasta ahora. Los altos costes que esta supone provocan que la redistribución de los beneficios sea limitada y nos hallemos ante esta situación, en la que hay ganadores y perdedores, es decir, no hay un aumento de la utilidad, y por tanto, del bienestar en el sentido de Pareto. Esto puede suponer un problema si el grupo perdedor, en este caso los trabajadores, son mayoría. Al verse desfavorecidos, no apoyarán la innovación lo que hará que los innovadores se replanteen los costes de redistribución.

Bien es cierto que este supuesto tiene limitaciones, ya que adoptando una

perspectiva de largo plazo, la continua innovación provocará que la riqueza del grupo favorecido aumente en tal medida que beneficie también a los trabajadores regulares o grupo desfavorecido. Así, estaríamos ante un aumento de la utilidad en el sentido de Pareto, al igual que en el caso anterior. A pesar de este supuesto de largo plazo, a corto plazo la innovación acarrearía problemas sociales al no mejorar el bienestar de toda la sociedad.

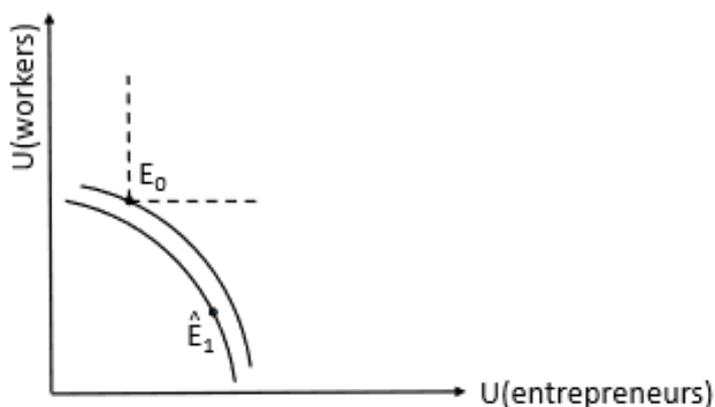
También es importante destacar que al modificarse el punto de equilibrio, no se tienen en cuenta los cambios en las leyes, instituciones, etc. que se pueden provocar al pasar de un punto al otro, pudiendo esto modificar el resultado final. Mediante la imposición de una renta básica para los trabajadores, la distribución de la renta puede ser más equitativa, como se verá en el epígrafe 3.3.

Escenario 4: mercados imperfectos

Si el mercado analizado no es perfecto, la frontera de posibilidades de utilidad se desplaza hacia fuera como consecuencia del aumento de la producción generado por la innovación.

Una economía se encuentra en esta situación cuando existen fallos de mercado, como información asimétrica, rigideces en los precios y en los salarios que pueden provocar situaciones como monopolios y monopsonios, que significa que el equilibrio de mercado no sea el óptimo para todos los individuos.

Gráfico 6: Frontera de posibilidades de utilidad potencial en mercados imperfectos



Fuente: Korinek & Stiglitz (2017)

Como en los anteriores, antes de la innovación estamos en un punto de equilibrio

E_0 , pero la innovación, junto con los mercados imperfectos, genera que la situación de los trabajadores empeore. No es posible que ambos grupos de individuos mejoren.

Este caso se puede comparar con un ejemplo extraído de un modelo elaborado por Gatti, et al. (2012) donde explicaban las consecuencias de los avances en la agricultura a finales del siglo XIX y comienzos del XX. Los precios de los productos agrícolas cayeron, provocando también una caída de los ingresos de los agricultores, situados principalmente en la zona rural. Al ocurrir esto, intentaron desplazarse hacia la zona urbana con la intención de trabajar en un empleo nuevo. Los costes que esto suponía (traslado de capital, por ejemplo) y la falta de nuevos ingresos provocó que muchos trabajadores del sector entraran en bancarrota, potenciado también por las imperfecciones del mercado. A su vez, los emprendedores de la zona urbana también perdieron al no poder incluir nuevos trabajadores. Como resultado, ningún “grupo” de individuos se benefició de los avances en la agricultura.

Tras analizar los diferentes escenarios ante los que nos podemos encontrar, con las peculiaridades de cada economía, resulta complicado identificar en qué escenario se sitúa cada país o grupos de países. Lo que está claro es que es improbable que a corto plazo todos los individuos ganen, ya que es necesario que el mercado y las políticas económicas se adapten al cambio hasta conseguir un equilibrio a largo plazo. Si se da el primer caso, en el que los costes de redistribución son nulos, ambos grupos mejorarán su bienestar. Sin embargo, si nos situamos en el tercer caso, en el que los costes no son nulos, el efecto se observará a largo plazo cuando los beneficios de la innovación sean tan amplios que los trabajadores puedan trabajar con las consecuencias de esta y producir más con menos (mejorar la productividad), como se ha visto en puntos anteriores. Además, la flexibilidad de las instituciones resulta crucial en los resultados sobre el bienestar.

Otros autores como Skidelsky, R. (2019) también han estudiado cómo cambiará la innovación tecnológica el estándar de vida de las personas. El aumento de la productividad³ como consecuencia de la mejora de las máquinas, provoca que se pueda producir más con menos, lo que disminuye los costes, dando margen

³ Véase epígrafe 2: Efectos de la digitalización sobre la productividad.

a las empresas para disminuir el precio. Por la ley de la oferta y la demanda, la gente comprará más productos, y habrá una mayor variedad, se podrán comprar productos que antes no existían. Se necesitará más empleo para satisfacer la demanda creciente, que reemplazará a los empleos originales. Otra consecuencia directa será el aumento de los salarios, como consecuencia de la disminución de los costes de las empresas. Por lo que bajo esta teoría, la innovación tecnológica aumentará el estándar de vida.

3.2. Efectos sobre la desigualdad

En este apartado, siguiendo con Korinek y Stiglitz, se analizará si la innovación⁴ implica un aumento de la desigualdad en la sociedad y bajo qué supuestos. Los mecanismos que provocan que la innovación cause desigualdad son dos. Primeramente, la desigualdad se generará como consecuencia del excedente ganado por los innovadores con respecto a los trabajadores regulares. Este excedente generado por los innovadores se denomina “rentas innovadoras”. En segundo lugar, la innovación genera cambios en la demanda de factores (trabajo y capital), afectando a sus precios y cantidades demandadas y ofertadas. Esta afirmación será contrastada en puntos posteriores de este trabajo, donde se ha demostrado que la digitalización va a modificar tanto la demanda de puestos de trabajo como la oferta, reduciendo los salarios de los trabajos menos demandados y aumentando los de los más demandados⁵.

Comparándolo con el epígrafe anterior, en el que se suponía, en un primer momento, una economía de competencia perfecta, estas rentas adicionales generadas por los innovadores y los cambios en los precios de los factores, serían externalidades pecuniarias que en un modelo con esas características no se tendrán en cuenta. En cambio, en un modelo con imperfecciones, como el considerado en el último supuesto del apartado anterior, sí que tendrían efecto.

Excedente generado por los innovadores:

La información sobre tecnología es un bien no rival, pero puede ser excluyente. Al ser un bien no rival, es posible que sea utilizado por varias personas al mismo

⁴ Al igual que en el epígrafe anterior (3.1) se hablará de innovación o progreso tecnológico de forma general, ya que estos conceptos engloban a la digitalización.

⁵ Véase epígrafe 4: Efectos de la digitalización sobre el empleo

tiempo sin que se agote. De modo que, la información acerca de innovación tecnológica puede estar al alcance de cualquier persona y generar excedentes para todos sus usuarios. Pero, su carácter excluyente supone que los innovadores pueden limitar el uso de esta información, y así evitar que los otros tengan acceso a esta información. Esta limitación se puede realizar, simplemente, no publicando la información o a través de mecanismos legales como las patentes. El carácter excluyente de la información dota a las empresas innovadoras de un poder de mercado suficiente para modificar los precios y generar excedentes.

Sin embargo, los agentes privados al investigar e innovar buscan una retribución por ello, tomando el excedente una importancia vital a causa de que es la retribución que los agentes privados esperan obtener por su trabajo.

Efectos en otros:

La innovación no tiene efectos solamente en las personas que están implicadas en ella directamente, también tiene efectos en otros grupos de personas indirectamente. Un ejemplo claro es el de los trabajadores que ven modificada su demanda de trabajo al introducirse las innovaciones. Estos efectos en grupos relacionados indirectamente con la innovación se denominan externalidades, y es una de las principales líneas de investigación abiertas en este campo. Estas externalidades pueden ser pecuniarias y no pecuniarias.

Externalidades pecuniarias: cambios en precios y salarios:

Como se ha mencionado anteriormente, una de las principales implicaciones del progreso tecnológico es el cambio de los precios de los factores (salario y tipo de interés) y de los productos finales. Hicks (1963) realiza una hipótesis macroeconómica sobre la introducción de la innovación. Propone que esto provocaría un cambio en los precios relativos de los factores, siendo un estímulo para la innovación particular del factor que se ha vuelto más caro y así tratar de rentabilizar este aumento del precio. Por lo que según la teoría de Hicks, cambiará tanto la demanda del factor como su precio.

Hablando de un tipo concreto de innovación como es la inteligencia artificial, si se cumplen las expectativas predichas y reemplaza directamente a la mano de obra, la demanda de esta disminuirá provocando que también lo haga su precio.

Según esta teoría, la demanda de determinados puestos de trabajo en los que se necesita capital humano específico disminuirá. Por ejemplo, si se normaliza el uso del vehículo autónomo, el salario de los conductores disminuirá; o en otro sector de actividad, como la sanidad, se puede introducir la inteligencia artificial en la realización de radiografías en los pacientes, debilitando el salario que perciben los radiólogos tradicionales.

Las conclusiones anteriores son hipótesis debido a que estos avances en inteligencia artificial no se han dado en la actualidad, son perspectivas de futuro que se podrán cumplir en mayor o menor medida. Por este motivo, existen otras corrientes que afirman que los avances en inteligencia artificial cambiarán la estructura de la economía, y por tanto, la del mercado laboral. Si las profesiones tradicionales se modifican, también lo hará la educación de las personas, generando que se especifiquen en trabajos que ahora no existen, como consecuencia de la desaparición de trabajos tradicionales.⁶

Tras analizar las externalidades pecuniarias que conlleva la innovación y en particular la inteligencia artificial, contemplamos que los supuestos del apartado anterior en los que la redistribución era gratuita, son poco probables en la realidad.

Externalidades no pecuniarias:

La innovación también genera externalidades no pecuniarias en otros agentes. Tendrá efectos, entre otras cosas, en los bienes y servicios públicos y en el medio ambiente, reduciendo o intensificando la polución, por ejemplo. Este tipo de consecuencias afectan a toda la población, estén o no relacionados con la innovación.

Algunos efectos pueden interpretarse tanto como una externalidad pecuniaria como no pecuniaria. Por ejemplo, la innovación de productos se puede interpretar, por una parte, como un cambio en los precios de estos productos o en los precios de los servicios proporcionados por el bien. Por otro lado, se puede interpretar como una externalidad no pecuniaria al ver que el producto proporciona una serie de servicios a los consumidores que antes de la innovación no tenían, teniendo efecto en otros productos y servicios.

⁶ Véase apartado 4: Efectos de la digitalización sobre el empleo

3.3. Modelo macroeconómico desde el punto de vista de los productores

El objetivo de esta sección y de las dos siguientes, es presentar varios modelos económicos básicos que expliquen el proceso de reemplazo de los trabajadores por máquinas, tanto a corto plazo como a largo. Para ello, han sido utilizados los modelos propuestos por Korinek y Stiglitz.

Korinek y Stiglitz (2017b) plantean un modelo simple, que sirve para analizar, desde una perspectiva estática y dinámica, los efectos que tienen las externalidades pecuniarias⁷ sobre el progreso, a través de una función de producción.

El punto de partida es una función de producción que combina trabajo y capital de forma constante, pero el trabajo es una suma del trabajo humano (H) y del trabajo de las máquinas (M). Esto implica que son perfectamente sustituibles entre ellos.

$$Y = F(K, H + M) \quad (1)$$

siendo H: trabajo humano y M: trabajo de máquinas

Es una función de corte neoclásico que presenta dos características:

- rendimientos constantes a escala:

$$F[\lambda K, \lambda(H + M)] = \lambda F(K, H + M)$$

- productividad marginal positiva y decreciente:

$$F_K(K, H + M) > 0; F_L(K, H + M) > 0$$

$$F_{KK} < 0; F_{LL} < 0$$

$$F_{LK} > 0; F_{KL} > 0$$

En el equilibrio competitivo el salario se determina como la productividad marginal del trabajo:

$$w = F_L$$

Primera perspectiva: corto plazo

La pregunta principal que se plantea con este modelo es: ¿qué ocurre con los precios de los factores al producirse la sustitución de trabajo humano por máquinas? Interesa, en especial, el efecto sobre el salario, tanto en el corto plazo como en el largo.

⁷ Véase epígrafe 3.2.

Lo primero que observan Korinek y Stiglitz es que añadiendo una unidad marginal de trabajo realizado por las máquinas, se reduce el salario de los trabajadores, pero se incrementan las ganancias del capital. Por lo que estamos ante un juego de suma cero: las pérdidas en el salario de los trabajadores son de la misma cuantía que las ganancias del capital.

Comprobación.

Se reescribe la función de producción utilizando la Regla de Euler, de la forma:

$$(H + M)F_L + KF_K = F(K, H + M)$$

para observar qué ocurre cuando aumenta M en una unidad⁸:

$$F_L + (H + M)F_{LL} + KF_{KL} = F_L$$

simplificando:

$$\underbrace{(H + M)F_{LL}} + \underbrace{KF_{KL}} = 0$$

Caída del salario Incremento de los ingresos de K

De modo que, añadiendo trabajo realizado por máquinas, se crea una redistribución desde el trabajo humano hacia los factores complementarios. En general, este resultado se sostiene sea cual sea el factor complementario, en este caso es el capital, pero podría ser la tierra, por ejemplo.

Segunda perspectiva: largo plazo

Korinek y Stiglitz intuyen que a largo plazo el cambio tecnológico que sustituye al trabajador, llevará a un cambio económico importante. La mayor restricción de la producción, la escasez de la mano de obra, trae como resultado una acumulación de factores complementarios.

Adicionalmente, si tanto el capital como el trabajo se puede reproducir a un coste bajo, estaremos ante una economía que crecerá como si tuviera una función de producción AK, conducida por la acumulación de los factores. Tener una función de producción AK implica que la productividad marginal de los factores es constante, provocando que haya un crecimiento constante, a diferencia de lo que ocurre con las funciones clásicas (como en este caso), en las cuales la

⁸ Diferenciando con respecto a M, teniendo en cuenta que $d_M = 1$

productividad marginal es decreciente, llegando a un estado estacionario sin crecimiento.

En conclusión, a largo plazo, la introducción de máquinas hace que el trabajo se vuelva un factor fácilmente reproducible. Así, a largo plazo el crecimiento de la economía será limitado, a no ser que haya un factor de producción irreproducible que lo limite.

3.4. Modelo macroeconómico desde el punto de vista de los consumidores

En segundo lugar, Korinek y Stiglitz (2017a) proponen otro modelo desde el punto de vista de los consumidores, es decir, a partir de una función de utilidad y de sus restricciones, en la que está incluida la función de producción del primer modelo diseñado por ellos. Este modelo se plantea con el mismo objetivo que el anterior: conocer los efectos de la introducción de máquinas que reemplazan el trabajo humano.

Empiezan estudiando el modelo con un único factor de producción: el trabajo (L). Para continuar, introducen un segundo factor: el capital (K), acabando el estudio con tres factores: tierra, trabajo y capital.

Primer modelo: economía con un solo factor

Se parte de un agente representativo cuyas preferencias están dadas por la siguiente función:

$$U = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \cdot \frac{c_t^{1-\theta}}{1-\theta} \quad (2)$$

Este agente representativo está dotado con una unidad de h (trabajo realizado por humanos) y puede invertir $\gamma \cdot m_t$ en $t-1$ para obtener m_t en t .

De modo que en este caso, al igual que en el anterior, el trabajo realizado por máquinas y humanos son usados como sustitutivos perfectos para producir Y_t , de acuerdo con la misma función de producción anterior (1), pero sin capital y per cápita (solo se está teniendo en cuenta a un agente):

$$y_t = f(m_t + h_t)$$

El problema de optimización es el siguiente:

$$\begin{cases} \max U & (2) \\ \text{s. a. } c_t + \gamma \cdot m_{t+1} = f(m_t + h_t) \end{cases}$$

La restricción presupuestaria del individuo representa, en el lado izquierdo los empleos y en el derecho, los recursos. La producción obtenida con m_t y h_t se utiliza para consumir en t (c_t) y para invertir y tener m_{t+1} en el periodo siguiente. La condición de óptimo es⁹:

$$\beta \cdot u'(c_{t+1}) \cdot f_m + \mu_t = \gamma \cdot u'(c_t) \quad (3)$$

Donde μ_t es el precio sombra de m (multiplicador de Lagrange). Esta es una condición de eficiencia intertemporal. La expresión requiere invertir, o lo que es lo mismo, dejar de consumir ahora, hasta que la última unidad invertida genere un aumento de producción igual a la utilidad marginal futura por la productividad marginal del trabajo de las máquinas (M) más el precio sombra. Cuando este aumento de producción se iguale a la utilidad marginal de consumir en t esa unidad, se habrá cumplido la condición de eficiencia.

Modelo 2: economía con trabajo y capital

La función de utilidad se mantiene constante con respecto al modelo anterior (2), ya que no depende de ningún factor de producción. En cambio, se modifica la función de producción, siendo la misma que la del modelo inicial (1), teniendo en cuenta que en este caso es per cápita:

$$y_t = f(h_t + m_t, k_t)$$

Lo que provoca que cambie la restricción presupuestaria del individuo:

$$\underbrace{c_t + \gamma \cdot m_{t+1} + k_{t+1}}_{\text{Empleos}} = \underbrace{f(h_t + m_t, k_t)}_{\text{Recursos}}$$

Para simplificar, se asume que el capital se deprecia totalmente. Adicionalmente a la ecuación (3) (condición intertemporal) el agente representativo tendrá otra condición:

$$\frac{\beta \cdot u'(c_{t+1})}{u'(c_t) \cdot f_k} = 1$$

⁹ Obtenida a partir de resolver el problema de maximización estándar (lagrangiana y condiciones de primer orden)

Obteniendo, al igual que en el modelo 2, una condición intertemporal. La interpretación de la condición es análoga a la de la ecuación (3), aunque en este caso depende de la productividad marginal del capital.

Modelo 3: economía con tres factores de producción

En la mayoría de los modelos macroeconómicos solo se suelen tener en cuenta dos factores de producción: el trabajo y el capital. Pero pueden existir otros factores influyentes en el crecimiento económico, que antes no se habían tenido en cuenta. Dos ejemplos de estos factores son la electricidad, utilizada para hacer funcionar las máquinas, y la tierra, utilizada con varios fines.

Por ello, Korinek y Stiglitz (2017a) introducen en su análisis un último modelo que incluye la tierra como un factor de producción limitado. Se supone que la tierra es comprada por el agente representativo a un precio q_t , denominando T_t a la cantidad de tierra que posee el agente.

La función de producción, añadiendo la tierra, es la siguiente:

$$f(h_t + m_t, k_t, t_t)$$

Es una función que presenta rendimientos constantes a escala.

También cambia la restricción del agente representativo:

$$c_t + \gamma \cdot m_{t+1} + k_{t+1} + q_t \cdot (t_{t+1} - t_t) = f(h_t + m_t, k_t, t_t)$$

Empleos
Recursos

En este punto, Korinek y Stiglitz llegan a una conclusión idéntica a la del epígrafe 5.1. El trabajo humano no está sujeto a ninguna restricción que lo limite, lo que genera que la economía crezca de una manera ilimitada, impulsada también por la acumulación del resto de los factores. Por otro lado, alertan que el trabajo realizado por las máquinas puede tener efectos adversos sobre otros factores que son sustitutivos, aunque estos efectos serán temporales.

Los resultados expuestos en este epígrafe son aplicables a cualquier economía con rendimientos constantes a escala y con factores de producción reproducibles.

3.5. Propiedad intelectual y redistribución

Tras analizar las vías por las que el progreso tecnológico va a generar cambios en la distribución de la renta, en este epígrafe se plantea una solución de política

económica con la que menguar estos efectos desiguales en los diferentes grupos de la economía. Se pretende mostrar que cambios en la vida de la patente y en el impuesto sobre el capital pueden actuar para redistribuir de una forma más justa las ganancias que genera la innovación tecnológica.

La vida de la patente (z) es de gran relevancia, porque cuanto más larga sea, más tardan las innovaciones en pasar a ser de dominio público, menos se reducen los precios al consumidor y aumentan los incentivos de los innovadores para producir máquinas que reemplazan a los trabajadores. Sin embargo, las pérdidas de los trabajadores se pueden compensar imponiendo un impuesto sobre el capital, creando una especie de renta básica.

Partimos de una economía que presenta los siguientes supuestos (Korinek y Stiglitz, 2017b):

- El stock de capital suministrado en cada periodo = $K(\tau)$
 - $\tau =$ impuesto sobre el capital. Las ganancias de este impuesto se distribuyen a los trabajadores
- El stock efectivo del trabajo realizado por máquinas es igual a $M(z)$
 - $z =$ vida de la patente \Rightarrow la función es creciente
- $\tau(M)$: impuesto sobre el capital que mantiene a los trabajadores tan bien como estaban antes de la introducción de las máquinas

La renta total de un trabajador consisten en su salario (w) y la renta procedente del impuesto sobre el capital:

$$w + \tau \cdot K(\tau)$$


Renta básica

La principal conclusión a la que llegan Korinek y Stiglitz, es que mientras la elasticidad de sustitución del capital no sea muy elevada, siempre se podrá incrementar z y compensar a los trabajadores aumentando τ , es decir, la renta básica proporcionada a los trabajadores.

4. EFECTOS DE LA DIGITALIZACIÓN SOBRE EL EMPLEO

Probablemente esta es la relación que más preocupa a los individuos y sobre la que más se debate, no solo por economistas, sino también por cualquier

trabajador, indiferentemente del sector al que pertenezca. ¿Desaparecerá el trabajo tal y como lo conocemos hoy en día? ¿Los robots sustituirán a los trabajadores? Lo cierto es que no hay una única respuesta para estas cuestiones. Los efectos del fenómeno digital, como se ha explicado en apartados anteriores de este trabajo, se producirán a largo plazo, por lo que a corto plazo es difícil dar una respuesta concisa.

La forma de trabajar antes de la industrialización era a pequeña escala, una misma persona realizaba varias tareas del proceso de producción, se encargaba tanto de producir el producto como de venderlo, siendo, probablemente, propietario de la tienda donde comercializaba. Con la llegada de la industrialización, esto cambió, se producía a gran escala, lo que provocó la desaparición de los artesanos y los gremios, tal y como se conocían anteriormente. Aunque el mayor cambio se dio cuando se introdujo la tecnología en la producción, aumentando en gran medida la escala de producción, y causando que los trabajadores se especializaran en una única fase del proceso productivo. De modo que se puede afirmar, tal y como lo hacen Levy y Murnane (2004), que existe una interdependencia entre el tamaño del mercado (demanda de productos) y la tecnología en la determinación de la naturaleza evolutiva del trabajo¹⁰.

Existen opiniones de todo tipo respecto a los efectos de la digitalización en el empleo, como ocurre con el resto de las variables, estas corrientes son más o menos pesimistas con la situación. En primer lugar, existe la creencia extremista de que se va a producir una importante sustitución de trabajadores por máquinas, generando un elevado nivel de desempleo estructural en todos los sectores de la economía y en todos los niveles de cualificación. Por el contrario, otras corrientes menos extremistas consideran que la digitalización sí que va a generar que algunos puestos de trabajo sean sustituidos, pero no en su totalidad, por la existencia de puestos de trabajo cuyas tareas no son automatizables. De modo que, aunque la digitalización sí que genere cambios en el contenido de los puestos de trabajo no conducirá a la desaparición de los mismos.

Lo que está claro es que hasta la actualidad los trabajadores no han sido reemplazados en gran medida por máquinas, pero sí se ha observado que afecta

¹⁰ Relacionado con la afirmación de Adam Smith: "The division of labor is determined by the extent of the market."

más a unas profesiones que a otras, de acuerdo con la cualificación de cada una. Levy y Murnane (2004) estudian este fenómeno, dividiendo a los trabajadores en dos categorías: trabajadores de oficina y trabajadores manuales. No es sorprendente que la introducción de la digitalización en la economía haya provocado que varios trabajadores del segundo tipo hayan sido sustituidos por máquinas. Lo que sí que resulta sorprendente es que hayan sido sustituidos algunos trabajadores del primer tipo, de oficina, lo que se debe a que estos trabajos incluyen tareas como la organización o el manejo de información, dominado hoy en día por los ordenadores.

Levy y Murnane citan ejemplos de trabajos que han sido reemplazados por ordenadores. Uno que resulta sorprendente es el de agentes de Bolsa en Londres, que fueron reemplazados masivamente en 1999. Es un trabajo más complicado que los que ellos califican como trabajos de oficina, pero aun así los ordenadores fueron capaces de realizar este trabajo de forma más eficiente, generando un importante cambio de estos trabajadores.

Existen personas que no ven límite en el trabajo que realizan los ordenadores, en cambio, estos autores señalan que los ordenadores no son mejores que los humanos realizando todo tipo de trabajos. Son mejores procesando la lógica basada en reglas, de hecho esta es la base de la programación, por lo que este tipo de razonamientos se pueden delegar en los ordenadores. Sin embargo, no todos los trabajos parten de la lógica basada en reglas, existen otros donde para la resolución de problemas que puedan surgir se necesitan cualidades humanas que no es posible encontrar en un ordenador, como es la comunicación. Un ejemplo claro de este tipo de trabajo es el de un funcionario de prisiones.

Continuando con esta corriente, existe la idea de que la digitalización va a generar nuevas demandas de puestos de trabajo por el desarrollo de nuevos sectores, no solo relacionados con la digitalización, también los relacionados con la salud, los cuidados y la protección del medio ambiente. Tomando una perspectiva histórica, se puede comprobar que los aumentos de productividad en algunos sectores no ha implicado un descenso del empleo, sino que el desempleo generado en los sectores que se modernizaron tecnológicamente eran absorbidos por el aumento de la demanda de empleo en sectores emergentes. La agricultura, que era el sector más importante antes de la industrialización, se mecanizó en gran medida provocando la pérdida de un gran

número de puestos de trabajo que fueron absorbidos por la industria. Lo mismo ocurrió cuando se introdujeron importantes avances tecnológicos en la industria, aumentando el empleo en el sector servicios. Aunque también hay que tener en cuenta que esto no solo fue consecuencia de la tecnificación de sectores y el nacimiento de otros, sino de la reducción de la jornada laboral de la época. En conclusión, bajo esta corriente, el desempleo de un sector digitalizado se compensa con el empleo de sectores emergentes.

Aunque parezca contradictorio, también está aumentando la demanda de empleo menos cualificado relacionado con el sector servicios, para desempeñar trabajos en la sanidad, hostelería, etc. Estos empleos necesitan personas con creatividad, improvisación y habilidades sociales, por lo que es complicado que sean sustituidos por máquinas.

Otro tema de discusión sobre los efectos de la digitalización en el empleo es si el sector TIC crea empleos en sí mismo o a través de otros sectores. Pues bien, el sector TIC crea empleos pero absorbe solo a una pequeña parte del mercado laboral, en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería o matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés)¹¹. Este tipo de cualificación se ha convertido en un rasgo competitivo al ser poco común, y cada vez más demandada por las empresas cualificadas, siendo compensadas con una retribución elevada (cobran un salario más de dos veces superior a la media).

La mayor parte del crecimiento del empleo en los últimos años, se debe a los sectores que utilizan TICs y a los tecnológicamente estancados como la sanidad, gobierno o servicios personales. Esta tendencia se ha intensificado después de la crisis económica vivida en la mayoría de los países de la OCDE, después de la cual se crearon un gran número de empleos en el sector servicios, tanto de alta cualificación como de baja. El aumento de la demanda de este tipo de puestos está relacionada también con la naturaleza de los servicios, son bienes superiores, aumenta su uso al aumentar la renta.

A pesar de que el sector digital en sí mismo no haya creado un gran número de empleos, el alcance cada vez mayor de la digitalización provoca que hayan cambiado los requisitos de habilidades en las ocupaciones e industrias

¹¹ El término STEM es el acrónimo de los términos en inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Fue acuñado por la National Science Foundation (NSF) en los años 90.

existentes, puesto que las empresas que introducen nuevas tecnologías han modificado la rutina de trabajo o los requisitos de habilidades. Existe evidencia que sugiere que a medida que las tecnologías digitales se han difundido en un rango más amplio de ocupaciones e industrias, la demanda de trabajadores con habilidades analíticas, interactivas y de resolución de problemas ha aumentado. Además, ha crecido la demanda de habilidades técnicas en sectores tecnológicamente avanzados o que pueden llegar a serlo.

Por otra parte, se está estudiando si existe causalidad entre el uso de tecnologías en el puesto de trabajo y un aumento del salario. Estudios como el de Spitz-Oener (2008) consideran que sí existe, y estiman el aumento salarial entre un 8-15 por ciento. Mientras que otros estudios consideran que la causalidad entre estas dos variables no existe. Los cambios salariales se pueden deber a que a pesar de que ha aumentado la demanda de ambos tipos de puestos (cualificados y no cualificados), el salario no ha respondido del mismo modo, aumentando para las profesiones más cualificadas y disminuyendo para las de menor cualificación. La explicación se halla en el aumento de la oferta de trabajo de las segundas. Los trabajadores con una cualificación media han sido en mayor o menor medida reemplazados por máquinas, lo que ha hecho que compitan con los trabajadores menos cualificados por los mismos puestos de trabajo. Este aumento de la oferta ha presionado los salarios a la baja, generando polarización ocupacional pero no salarial.

Este fenómeno se puede comprobar en la tabla 3, en la que se ha calculado la tasa de crecimiento entre 2009 y 2017 del ingreso mediano por nivel educativo en la Unión Europea, España y Luxemburgo. Se ha escogido la Unión Europea, en primer lugar, porque es una media representativa de la situación de todos los países que la componen, donde se compensan los extremos. Por otro lado, se ha escogido España y Luxemburgo por las diferencias económicas existentes entre ellos. Los datos se han extraído de Eurostat, manteniendo su clasificación por niveles educativos.

La tasa de crecimiento se ha realizado a partir del ingreso mediano en vez de a partir del ingreso medio porque la variable ingreso sigue una distribución asimétrica, por lo que la media no es un estadístico fiable en este caso.

Para la Unión Europea y Luxemburgo, el ingreso mediano ha crecido durante todo el periodo, en especial para los niveles educativos 3 y 4. Por el contrario, el

ingreso mediano ha disminuido en España en todo el periodo. El mayor crecimiento se da en los últimos niveles educativos, es decir, la educación terciaria. Se puede afirmar que existe una relación positiva entre la tasa de crecimiento del ingreso y el nivel educativo alcanzado.

Tabla 3: Tasa de crecimiento (en porcentaje) del ingreso mediano por nivel educativo en la Unión Europea, España y Luxemburgo entre 2009 y 2017

	<u>UNIÓN</u> <u>EUROPEA</u> (27 países)	<u>ESPAÑA</u>	<u>LUXEMBURGO</u>
<u>Niveles 0-2</u> : educación inferior a la primaria, primaria y secundaria inferior	0,51	-15,54	6,83
<u>Niveles 3-4</u> : educación secundaria superior y post-secundaria	10,14	-9,78	12,06
<u>Niveles 5-8</u> : educación terciaria	5,87	-7,88	-0,63
<i>Fuente: elaboración propia con datos de EUROSTAT</i>			

4.1. Relación entre la caída de la participación laboral en la renta nacional y digitalización

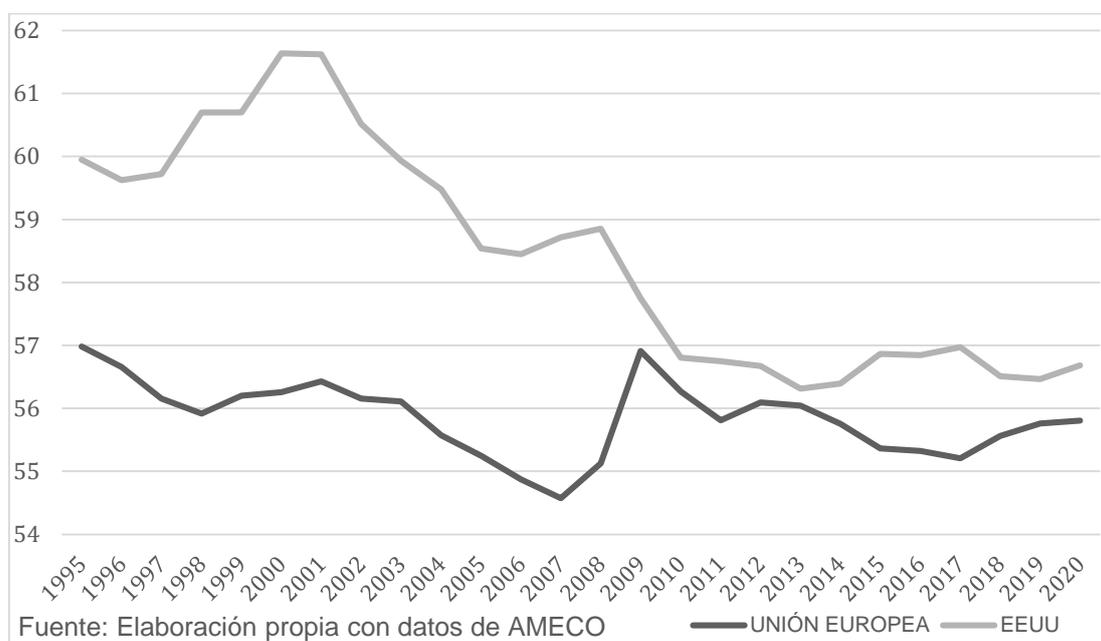
Por otra parte, la tendencia hacia el cambio tecnológico también está sesgada hacia el capital, lo cual se puede comprobar a partir de la caída de 5 puntos porcentuales de la participación laboral en los ingresos desde los 90. Los salarios medios están estancados y ha caído la participación laboral en la renta nacional, lo cual puede explicar que el capital humano se está sustituyendo por capital informático. Desde principios de los 80, en la mayoría de los países desarrollados se ha comprobado que la participación laboral en los ingresos ha caído, mientras que la del capital ha aumentado, como se observa en el gráfico 7. Este tema no es de gran relevancia en este trabajo, aunque la relación que se ha encontrado entre la tecnología y la caída de la participación laboral en la renta

nacional recientemente requiere conocer en qué dirección va esta relación.

En el gráfico 7 se representa la participación de la renta laboral en el total del PIB entre 1995 y 2019 para la UE y EEUU. Los datos han sido extraídos de la base de datos AMECO, para ambos países.

Se observa a primera vista que la participación de la renta laboral en la renta nacional ha caído para ambos países/ grupos de países. La caída ha sido mayor en EEUU que en la UE, porque tal y como se ha mencionado anteriormente, la UE representa una media de todos los países que la forman, compensándose los extremos.

Gráfico 7: Participación de la renta laboral (en % del PIB) en la Unión Europea y EEUU entre 1995 y 2019



Karabarbounis y Neiman (2013) explican este fenómeno por la caída de los precios relativos de los bienes de inversión, respecto a los bienes de consumo. De modo que las mayores caídas de la participación laboral en el ingreso ocurren en países/industrias con mayores bajadas de los precios relativos de inversión. Son las diferencias tecnológicas en la producción de estos bienes las que causan cambios en el precio de los bienes de inversión con respecto a los bienes de consumo. Por lo que, según el modelo desarrollado por estos autores, los cambios en la tecnología de la información son clave para entender cómo cambia la distribución de los factores a largo plazo.

Adicionalmente, ha aumentado la eficiencia en los sectores intensivos en capital, lo cual suele estar atribuido a avances en la tecnología de la información y la era de la digitalización en la que nos encontramos. Esto motiva a las empresas a alejarse de la mano de obra e invertir en gran medida en capital, llegando al punto en la que la participación del factor trabajo cae en la renta nacional.

Estos autores también realizan el estudio a nivel industria, no solo por países, en el cual comprueban que 6 de cada 10 grandes empresas han experimentado grandes caídas en la participación laboral. Atribuyen este fenómeno, en lugar de a cambios en la composición industrial, a cambios en la industria, relacionados como se ha indicado antes, con la mayor utilización de capital informático.

Asimismo, las nuevas tecnologías son cada vez más baratas y mejores. Igualmente, las ganancias están concentradas en el grupo de personas con mayores ingresos potenciado por el aumento del número de personas con educación baja y la disminución del salario de este grupo de personas. Otro motivo de esta caída ha sido la pérdida de peso de la negociación colectiva o la aparición de nuevos modelos de negocio como el comercio electrónico. Todo esto lleva a la sustitución y a la caída de la participación del factor trabajo.

4.2. Cambio tecnológico sesgado en habilidades

La cuestión a la que nos enfrentamos es si la tecnología creará más empleos de los que destruirá. El impacto de los cambios tecnológicos está sesgado en los mercados laborales de la OCDE en habilidades, rutina y capital. Esto provoca cambios significativos en la participación de los ingresos entre los trabajadores en diferentes niveles de habilidades. Igualmente, crea una brecha entre los trabajadores y los dueños del capital¹². El modelo de tareas introducido por Autor et al. (2003), sugiere que los ordenadores tienden a sustituir a los trabajadores en tareas rutinarias que siguen procedimientos bien definidos basados en reglas, mientras que complementan a los trabajadores que realizan tareas abstractas más complejas, como la resolución de problemas y actividades de comunicación complejas. Por lo que nos encontramos ante un cambio tecnológico sesgado en habilidades.

¿Cómo se explica el cambio tecnológico sesgado en habilidades? Este análisis

¹² Véase epígrafe 3.2. Efectos de la digitalización sobre la desigualdad

se sustenta sobre el modelo canónico de Acemoglu y Autor (2011) que consideran que la tecnología representa un aumento de factor, es decir, complementa a los trabajadores de alta o baja cualificación, provocando aumentos o disminuciones de los salarios de acuerdo con los incrementos de los rendimientos del trabajo como consecuencia de las habilidades adquiridas. Interpretando el modelo canónico de Acemoglu y Autor se entiende que los avances tecnológicos han beneficiado relativamente a trabajadores más cualificados, ya que estos trabajadores consiguen adaptar mejor las nuevas tecnologías a su modo de trabajar y están dispuestos a adquirir habilidades nuevas a medida que la adopción por parte de las empresas de nuevas tecnologías se acelera.

Es cierto que el modelo canónico resulta interesante y útil para estudiar cuál es la tendencia actual en el mercado laboral de los países de la OCDE y como está provocando cambios estructurales en la economía, pero no es útil para explicar el crecimiento desigual por nivel de habilidad experimentado en la mayoría de los países de la OCDE. Una forma de entender esto es a través de enfoques basados en tareas.

4.3. Enfoque basado en tareas

Para explicar el enfoque basado en tareas, utilizaré un trabajo de Arntz, et al. (2016), quienes consideran que existen sobreestimaciones sobre la cantidad de trabajos que se van a automatizar, debido a que hay varias tareas que no se pueden automatizar, como las que requieren intuición o juicio humano. Este estudio realiza la estimación en los 21 países de la OCDE desde un enfoque basado en las tareas en vez de en las ocupaciones en general como otros estudios. Concluyen que, de media, un 9% de los trabajos son automatizables en la OCDE teniendo en cuenta la heterogeneidad de las tareas de los trabajadores dentro de los puestos de trabajo. Este dato proporcionado por la OCDE es una media y no muestra las diferencias entre países, en los cuales existe heterogeneidad. Un 6% de los puestos de trabajo serán automatizables en Corea, mientras que un 12% lo serán en Austria. Esto se debe a diferencias como la organización empresarial, la investigación sobre la automatización o las diferencias educacionales de los trabajadores.

Continuando con el informe de Arntz, et al. (2016), la proporción de trabajos “en

riesgo” de los que hablan otros artículos no son ni comparables a las pérdidas de empleo reales por tres razones: la introducción de las nuevas tecnologías es lenta por razones legales, económicas y sociales, por lo que las nuevas tecnologías se van a introducir más lentamente de lo esperado. En segundo lugar, los trabajadores, si se introduce la tecnología, podrán evitar el desempleo tecnológico reciclando su formación, entre otras cosas. Por último, el cambio tecnológico generará nuevos puestos de trabajo que demandarán empleo y serán necesarias habilidades más competitivas.

La OCDE, como se ha explicado antes concluye que un 9% de los puestos serán automatizables frente a lo que indican Frey y Osborne (2013), quienes consideran que en EEUU un 47% de personas están realizando trabajos que podrían ser realizados por ordenadores. Esta gran diferencia se debe a la forma de realizar el estudio, la OCDE analiza tareas concretas en vez de los puestos en general. En cada puesto de trabajo se realizan una serie de tareas que no pueden ser automatizadas por completo, como las tareas que requieren interacción cara a cara con el cliente, en este tipo de tareas las máquinas no tienen ventaja competitiva. De hecho, algunas empresas cambian las estructuras de tareas dentro de las ocupaciones en lugar de cambiar la proporción de empleo entre ocupaciones. Desde este punto de vista, el potencial de pérdida es menor que el considerado por otros autores.

Se puede deducir que la utilización de tecnologías está por detrás de las posibilidades tecnológicas. Por ejemplo, una encuesta reciente entre empresas alemanas realizada por ZEW (2015) muestra que solo el 18% de todas las empresas están familiarizadas con el concepto "Industria 4.0", que es un proyecto presentado por el gobierno alemán para fomentar la digitalización y la interconexión de la industria alemana. Hasta ahora, solo el 4% de las empresas han comenzado o están a punto de comenzar este tipo de proyectos. Esta infrutilización de las nuevas tecnologías puede estar relacionada con la cualificación de los trabajadores, es posible que la industria no esté familiarizada al completo con la "Industria 4.0" por el déficit de trabajadores con las habilidades necesarias para desarrollar correctamente trabajos relacionados con las nuevas tecnologías, ya que para ello son esenciales habilidades específicas que no están normalizadas en la sociedad actual, siendo más comunes las profesiones "tradicionales" como la medicina, el derecho, la educación, etc.

Separadamente, existen obstáculos legales y éticos que impiden la sustitución o la ralentizan. Por ejemplo, en caso de accidente con un coche autónomo, ¿quién reacciona? ¿Quién se encarga de los trámites legales? No tener clara la responsabilidad legal en este caso supone un importante obstáculo legal y social. Un masivo reemplazo de trabajadores humanos por máquinas tampoco es razonable desde un punto de vista económico pues los trabajadores se adaptarán a su nuevo puesto de trabajo generando una nueva división del trabajo conviviendo máquinas y humanos, donde los humanos realizan tareas complementarias a las máquinas como el monitoreo de estas. De este modo, cambian los lugares de trabajo y las tareas involucradas en ciertas ocupaciones. Si los trabajadores consiguen adaptarse a la nueva demanda, no será necesario su reemplazo.

Es necesario realizar una distinción entre los trabajadores con mayor o menor cualificación, dentro de este escenario las perspectivas para los trabajadores con cualificaciones bajas no son positivas, ya que las tareas que realizan estos trabajadores son potencialmente automatizables. Además, las tareas que complementan a las realizadas por las máquinas pueden ser complejas, de modo que tendrán que ser realizadas por personas con cualificación alta o media.

Otro motivo que alega el informe es el hecho de que solo se están considerando los empleos actuales y puede ser que las nuevas tecnologías creen nuevos. Asimismo, las nuevas tecnologías pueden tener efectos positivos en la demanda laboral, aumentará la demanda de productos por la mayor competitividad de las empresas repercutiendo positivamente en los trabajadores y resultando en mejores efectos de los que se prevé actualmente.

Un aspecto a mayores a tener en cuenta es la definición de los puestos de trabajo, para que sean sustituidos por máquinas es necesario que estén bien definidos tal y como afirma Pratt (2005:52): “los robots especializados mejorarán al realizar tareas bien definidas, pero en el mundo real, hay muchos más problemas por resolver que las formas actualmente conocidas para resolverlos”. Al hablar de empleo es necesario hacerlo también sobre los precios relativos de los factores (trabajo y capital). El desarrollo de capital informático está generando que su producción sea cada vez más productiva, dando margen a las empresas productoras de capital informático a rebajar los precios, es decir, ha disminuido el precio del capital informático. Pero este precio no ha llegado a un equilibrio

con los salarios, o precio del factor trabajo, por lo que la sustitución de humanos por máquinas no es viable al 100%. A pesar de esto, el salario es una variable que se determina endógenamente, reacciona dependiendo de la demanda y la oferta de trabajo existente. De modo que si cae la oferta de trabajo, aumentará el salario, provocando que contratar trabajo en vez de capital sea más atractivo para las empresas.

Por último, es relevante señalar que existen mecanismos macroeconómicos que pueden hacer crecer la demanda de trabajo, provocando que el avance de la tecnología sea menor que la pérdida de la mano de obra. Como es el caso del aumento de competitividad y productividad que experimentan las empresas al introducir nuevas tecnologías. Esto implica una reducción de costes para la empresa y un aumento de la demanda de sus productos, lo que se traduce en un aumento de demanda de trabajo por parte de la empresa que ha introducido nueva tecnología, lo que compensa el ahorro de mano de obra potenciado por las nuevas tecnologías. Además, las nuevas tecnologías complementan a los trabajadores, provocando un aumento de la productividad, produciéndose el efecto anterior.

4.4. Brecha de género

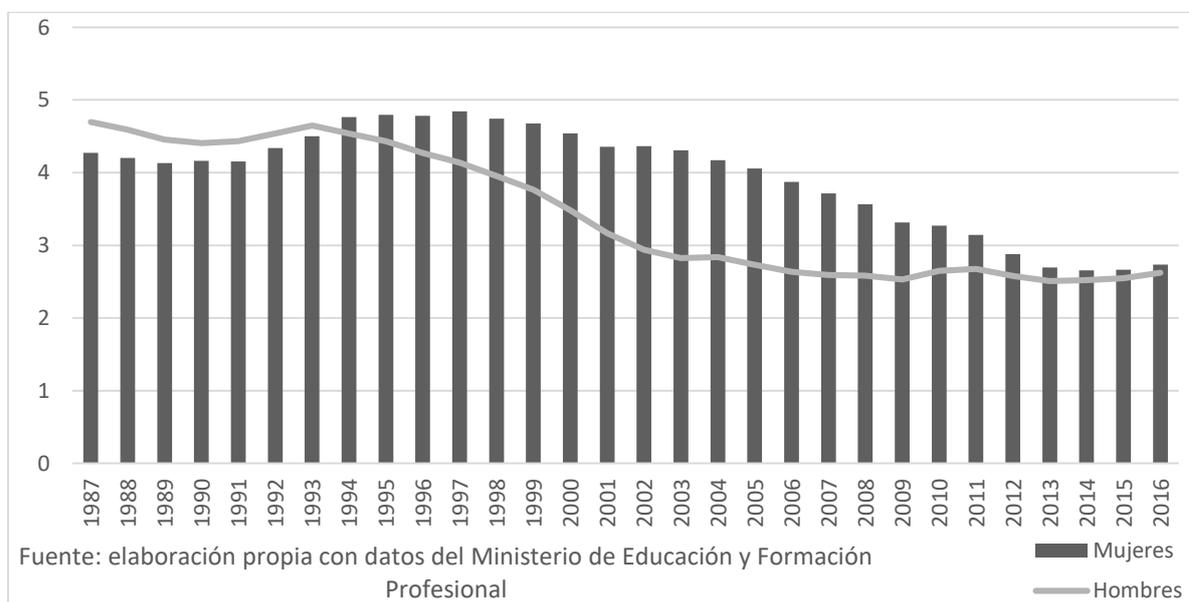
Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, estudiar los efectos de la digitalización en la economía es una tarea complicada por la poca exactitud de este fenómeno en las estadísticas. Cuando lo que se quiere analizar es cómo afecta al empleo pero distinguiendo entre géneros para comprobar si va a agravar la brecha ya existente, la labor se vuelve más compleja. Por estos motivos, en este apartado, a partir de varias referencias y estudios realizados sobre este tema se intentará dar una respuesta, que puede no corresponderse con la realidad de lo que va a ocurrir ya que los efectos de la digitalización pueden sorprender.

Como punto de partida tomamos un hecho cierto, los efectos que tiene cualquier fenómeno sobre el empleo afecta de manera diferente a hombres y a mujeres. Esto se debe básicamente a la segregación horizontal y ocupacional existente, lo cual implica que la distribución del empleo por sectores y ocupaciones no es equitativa por sexo, ambos sexos no tienen las mismas facilidades para acceder a unos sectores u otros.

Con el fin de conocer cuál es el porcentaje de alumnos matriculados en la rama de ciencias (STEM) sobre el total de matriculados universitarios, se ha elaborado el gráfico 8, a partir de datos del Ministerio de Educación y Formación Profesional. Se ha diferenciado por sexo por el fin del apartado que se está estudiando: conocer como la evolucionar la brecha de género a medida que avance la digitalización.

Observamos que en los últimos años el porcentaje de matriculados es muy semejante para hombres que para mujeres, mientras que para años anteriores sí que ha habido disparidades entre ambos sexos. Se puede afirmar que tanto para hombres como para mujeres, el porcentaje de matriculados en la rama de ciencias ha disminuido desde el año 1987, aunque la tendencia ha permanecido prácticamente constante.

Gráfico 8: Porcentaje de alumnos matriculados por sexo en ciencias sobre el total de matriculados universitarios de España entre 1985 y 2016



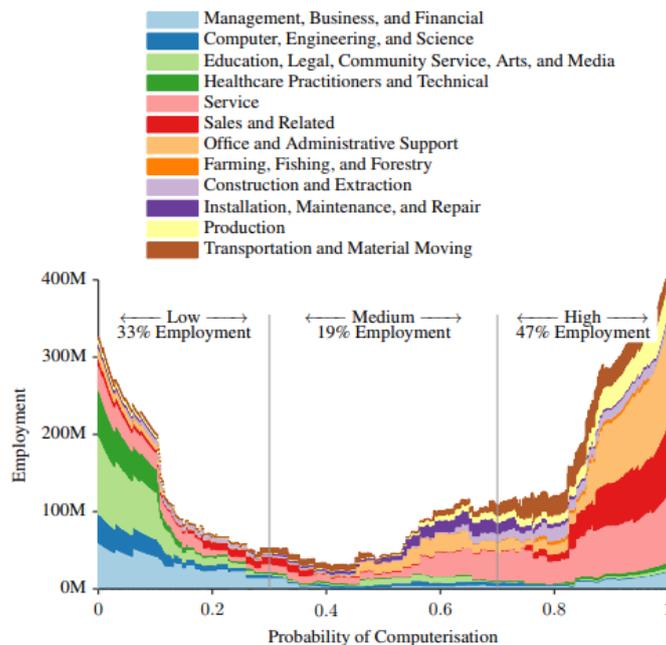
Osborne y Frey (2013), autores mencionados en diversas ocasiones a lo largo de este trabajo por sus importantes contribuciones al estudio de los efectos sobre el empleo de la digitalización, es, sin duda, una referencia imprescindible. En este estudio, Osborne y Frey clasifican la estructura del empleo de los Estados Unidos del año 2010 dependiendo del riesgo de automatización (alto, medio y bajo), para ello utilizaron tres variables a las que ellos denominaron “cuellos de

botella para la informatización” (página 31):

- percepción y manipulación en entornos desordenados
- creatividad, capacidad de generar ideas y artefactos nuevos que tienen valor
- inteligencia social, capacidad de reconocimiento en tiempo real de las emociones humanas, clave para la negociación y la persuasión, pero también para las tareas de cuidados

Estas tres variables forman el conocimiento tácito, el sentido común humano, el cual es complicado de introducir en un algoritmo para que lo realice un ordenador. Inciden en la importancia de “no hay que confundir el potencial de robotización de la economía con la desaparición de los empleos. La tecnología destruye profesiones, pero no la posibilidad de trabajar”. Recogen los resultados en esta ilustración (página 37).

Gráfico 9: Distribución del total de ocupados en EEUU sobre la probabilidad de automatización.



Fuente: Frey y Osborne (2013, p. 37)

Concluyen que la informatización primero afectará a ocupaciones que no

necesitan inteligencia social, como el transporte y la logística (de esta actividad se pueden comprobar casos de sustitución del capital humano en los almacenes de grandes empresas de la actualidad)¹³, el apoyo administrativo, legal y financiero (no los abogados y jueces, los cuales tienen un riesgo muy bajo, sino sus asistentes); la parte de producción material y ocupaciones de ventas también serán de las primeras afectadas por la ausencia de sentido común humano que es necesario para desempeñarlas. En cambio, las ocupaciones de instalación, mantenimiento y reparación, demandantes de un alto grado de precisión, no se verían afectadas. Gozan de un bajo riesgo de informatización, casi nulo, las ocupaciones en las que es necesario llevar a cabo acuerdos e implican la resolución de problemas, como puede ser la de un alto directivo. En esta misma línea se encuentran ocupaciones de la rama de ciencia y tecnología, por su alto grado de inteligencia creativa, y las ocupaciones de sanidad y educación, siendo según esta clasificación, las de menor riesgo. En los extremos se encuentra el telemarketing, como una de las profesiones con el riesgo más elevado de informatización, y en el otro extremo se encuentra la fisioterapia, presentando el riesgo mínimo de informatización.

Tabla 4: Porcentaje de empleo automatizable según riesgo

<u>RIESGO DE AUTOMATIZACIÓN</u>	<u>ESPAÑA</u>	<u>EEUU</u>	<u>UK</u>
<u>Bajo (<33%)</u>	29%	33%	37%
<u>Medio (33-66%)</u>	28%	10%	28%
<u>Alto (>66%)</u>	43%	47%	35%
<i>Fuente: Morron (2016, p. 37)</i>			

¹³ Véase caso de Mercadona: <https://www.economista.es/empresas-finanzas/noticias/4547920/01/13/Asi-funciona-el-corazon-logistico-de-Mercadona.html>

Tabla 5: Número de empleos potencialmente automatizables a partir del número de ocupados de 2018 por género y de las probabilidades de Frey y Osborne (2013)

<u>OCUPACIONES</u>	<u>GÉNERO</u>	<u>OCUPADOS</u> <u>(miles de</u> <u>personas)</u>	<u>PROBABILIDAD DE</u> <u>AUTOMATIZACIÓN</u> <u>(Frey y Osborne,</u> <u>2013)</u>	<u>Nº DE EMPLEOS</u> <u>POTENCIALMENTE</u> <u>AUTOMATIZABLES</u> <u>(miles de personas)</u>
Directores y gerentes	Hombres	542,6	14% (baja)	22,1
	Mujeres	256,9		10,4
Técnicos y profesionales científicos e intelectuales	Hombres	1.538,7	11% (baja)	49,1
	Mujeres	1.918,5		61,2
Técnicos; profesionales de apoyo	Hombres	1277,0	48% (media)	171,6
	Mujeres	788,7		106,1
Empleados contables, administrativos y otros empleados de oficina	Hombres	664,4	82% (alta)	234,2
	Mujeres	1.347,5		475,1
Trabajadores cualificados en el sector primario	Hombres	361,9	68% (alta)	105,8
	Mujeres	88,8		25,9
Artesanos	Hombres	1.997,3	63% (media)	352,3
	Mujeres	168,5		29,7
Operadores de instalaciones y maquinaria, y montadores	Hombres	1.265,2	65% (media)	230,2
	Mujeres	194,6		35,4
Ocupaciones elementales	Hombres	1.038,6	70% (alta)	312,6
	Mujeres	1.445,4		435,1
			TOTAL DE EMPLEOS	2.656,97

Fuente: elaboración propia con datos de la EPA a partir de Frey y Osborne (2013) y Morron (2016)

En la tabla 5, a partir de datos de la EPA, se expone el número total de ocupados en 2018, por género. A partir de este dato se ha realizado el siguiente estudio: según la probabilidad de automatización de cada sector, se ha calculado el porcentaje de empleos automatizables con los datos de la tabla 4 (ocupados*29% ó 28% ó 43%). El número resultante, es decir, el número total de empleos que se van a automatizar según el sector, se ha multiplicado por la probabilidad de la fila 4. Llegando, de este modo, al número de empleos potencialmente automatizables por género. Según este estudio, 2.656,97 empleos están en peligro de automatización.

La mayoría de las personas empleadas en ocupaciones como apoyo administrativo, legal y financiero o en el proceso de ventas, ocupaciones que, como se ha mencionado anteriormente, tienen un riesgo alto de informatización, son realizadas en mayor medida por mujeres que por hombres. Por el contrario, en el proceso de producción material (con alto riesgo de informatización) hay más hombres empleados que mujeres.

Respecto a las ocupaciones con bajo riesgo de digitalización, en primer lugar se encuentran las de instalación, operación, mantenimiento y reparación, las cuales están masculinizadas, siendo de un 86% la representación masculina. En el caso de los directivos y gerentes, la representación masculina también es mayor aunque la brecha entre hombres y mujeres es menor que en el caso anterior y está disminuyendo a medida que la sociedad avanza. Los empleos de ciencias e ingenierías estaban representados en su mayoría por hombres, mientras que en la actualidad las mujeres representan un porcentaje mayor, tal y como indican los datos del INE para el último año (2018), lo cual se puede atribuir a los cambios en la formación en ciencias recogidos en el gráfico 8.

Las ocupaciones de sanidad y educación, también consideradas de bajo riesgo, están representadas en su mayoría por mujeres. Al igual que los servicios, dentro de los cuales se incluyen los trabajos sociales y de cuidado en el estudio de Frey y Osborne. Esta categoría de ocupaciones es muy importante en este contexto, porque requieren inteligencia social, conocer los estados de las personas, empatía, gestionar las emociones, etc. A pesar de que los robots consigan transportar humanos o conocer qué medicación necesitan según los síntomas de los pacientes, la tarea de las trabajadoras sociales es esencial.

Tras realizar el estudio del empleo por géneros teniendo en cuenta los efectos de la digitalización, puedo concluir que este fenómeno puede llegar a agravar la brecha de género ya existente. Aunque el mercado de trabajo esté evolucionando hacia la igualdad, la presencia de la mujer en las profesiones más cualificadas (STEM) continúa siendo minoritaria, y mayoritaria en la de cualificación media o baja. Y como se ha explicado antes, los salarios están aumentando en las primeras y disminuyendo en las segundas, lo que generará un aumento de la brecha de género.

5. CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo se ha tratado de dar respuesta a los efectos de la digitalización en la economía, siendo esta la motivación principal. He tenido el propósito de organizar las ideas existentes sobre el tema para dar una respuesta concisa, tarea ardua como consecuencia de la amplia variedad de opiniones y puntos de vista encontrados. A pesar de esto se han extraído varias conclusiones que se expondrán a continuación.

En primer lugar, los efectos sobre la productividad son los que generan mayor discusión, creando dos corrientes: tecno-pesimismo y tecno-optimismo. Al analizar datos, tanto nacionales como internacionales, se observa que, hasta el momento, los tecno-pesimistas son los que están mejor posicionados, ya que el crecimiento de la productividad está estancado. Crece, pero a tasas bajas y menores que en épocas anteriores. Esto nos indica que la digitalización, hasta la actualidad, no ha tenido los efectos deseados en esta variable.

Por otra parte, los efectos sobre la distribución de la renta son más complejos de analizar. A través de fronteras de posibilidades de utilidad y de modelos económicos se ha tratado de predecir qué ocurrirá con el bienestar y la desigualdad. Se llega a la conclusión de que la digitalización/progreso técnico agrava la desigualdad ya existente. La desigualdad aumenta como consecuencia del excedente generado por los innovadores y por los cambios en la demanda de factores, que altera su precio relativo.

Este cambio en el precio relativo de los factores se puede observar en el modelo estudiado en la sección 3, en el cual se comprueba, matemáticamente, que una unidad adicional de trabajo realizado por máquinas disminuye el precio del

trabajo humano y aumenta la retribución del capital (juego de suma nula). Para paliar estos efectos se propone una renta básica para los trabajadores, de modo que puedan ser compensados por los excedentes generados por los innovadores mientras dura la patente del robot. En el futuro esta renta básica puede ser una de las posibles soluciones ante la desigualdad, aunque, bajo mi punto de vista, resulta complejo su cálculo e imposición, además, el modelo económico utilizado no es capaz de explicar todos los aspectos de la realidad.

Con respecto a los efectos sobre el empleo, son varios los estudios que se han realizado, llegando a diferentes conclusiones y cifras. Lo que está claro es que los efectos sobre esta variable están sesgados en habilidades, no afectan a todas las ocupaciones por igual.

Mediante un estudio elaborado para este trabajo, en el que se ha calculado el número de empleos potencialmente automatizables a partir de probabilidades propuestas por otros autores, se ha observado que las profesiones que requieren una cualificación STEM serán las menos afectadas en el futuro por la automatización de los procesos, además de ser necesarias para el continuo desarrollo de la digitalización. Sin embargo, se ha comprobado que, en los últimos años, el número de matriculados en esta rama no ha aumentado.

Por último se ha observado que la digitalización, además de tener efectos directos sobre las variables explicadas anteriormente, también tiene efectos indirectos sobre otros temas de interés actuales, como la caída de la participación laboral en la renta nacional.

En conclusión, la digitalización es un fenómeno que avanza rápidamente y está generando mayores cambios de los que apreciamos. Los efectos a largo plazo son difíciles de predecir, incluso con la amplia literatura existente. En un futuro, nos podremos encontrar con un crecimiento exponencial de la productividad como consecuencia de la automatización de los procesos, o por el contrario, cambios más moderados a los que se vaya adaptando el mercado, porque tal y como dicen Acemoglu y Restrepo (2019): “la revolución no tiene por qué ser automatizada”.

6. REFERENCIAS

Acemoglu, D. y Autor, D. (2010), "Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings", *National Bureau of Economics Research*, <https://doi.org/10.3386/w16082>

Acemoglu, D. y Restrepo, P. (2019), "La revolución no tiene por qué ser automatizada", *Project Syndicate*, disponible en <https://www.project-syndicate.org/commentary/ai-automation-labor-productivity-by-daron-acemoglu-and-pascual-restrepo-2019-03/spanish?barrier=accesspaylog>.

Ahmad, N. y Schreyer, P. (2016), "Measuring GDP in a Digitalised Economy", *OECD Statistics Working Papers*, No. 2016/07, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5j1wqd81d09r-en>.

Arntz, M., T. Gregory y Zierahn, U. (2016), "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5j1z9h56dvq7-en>.

Autor, D. Levy y Murnane, R. (2003), "The skill content of recent technological change: An empirical exploration", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 118, No. 4, pp. 1279-1333.

Baumol, W., De Ferrati, D., Malach, M., Pablos-Méndez, A., Tabish, H y Wu, L. (2012). "The cost disease: Why computers get cheaper and health care doesn't". *Yale University Press*.

BBVA (2015): ¿Qué es el fintech? Innovación en servicios financieros. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/que-es-el-fintech/>

Berger, T. y Frey, C. (2016), "Structural Transformation in the OECD: Digitalisation, Deindustrialisation and the Future of Work", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 193, OECD Publishing, Paris.

<http://dx.doi.org/10.1787/5jlr068802f7-en>

Brynjolfsson, E., y McAfee, A. (2016). "The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies". *W. W. Norton & Company*.

Byhovskaya, A., Boix, I., Collado, C., y Stefano, V. (2016). "¿Una nueva revolución industrial?: Economía digital y trabajo". CCOO.

Catalán, L., Doménech, R., y Neut, A. (2018, November 12). "Informatización de sectores y rutinización de ocupaciones en España". Disponible en <https://www.bbvaresearch.com/publicaciones/informatizacion-de-sectores-y-rutinizacion-de-ocupaciones-en-espana/>

CES (2017). "La digitalización de la economía".

Frey, C., y Osborne, M. (2017). "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?" *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280. doi:10.1016/j.techfore.2016.08.019

Gatti, D., Gallegati, M., Greenwald, B., Russo, A., y Stiglitz, J. (2012). "Mobility constraints, productivity trends, and extended crises". *Journal of Economic Behavior & Organization*. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2012.03.011>

Gordon, R. (2016). "The rise and fall of American growth: The U.S. standard of living since the Civil War". *Princeton University Press*.

Grimshaw, D., y Rubery, J. (2007). "Undervaluing women's work". *Equal Opportunities Commission*.

Hicks, J. R. (1963). "The theory of wages". *Maxmillan*.

Karabarbounis, L., y Neiman, B. (2013). "The Global Decline of the Labor Share". *National Bureau of Economic Research, WP No. 19136*. doi:10.3386/w19136

Korinek, A., y Stiglitz, J. (2017a). "Artificial Intelligence, Worker-Replacing Technological Progress and Income Distribution". *National Bureau of Economic Research*.

Korinek, A., y Stiglitz, J. (2017b). "Artificial intelligence and its implications for income distribution and unemployment". *National Bureau of Economic Research*. WP No. 24174.

Levy, F., & Murnane, R. J. (2004). "The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market". *Princeton University Press*.

Lorenzo, P., y Piga, L. (2008). "Economic Possibilities for our Grandchildren", en *Revisiting Keynes*, MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/7757.003.0004>

Morrón, A. (2016). "Las nuevas tecnologías y el mercado de trabajo". *CaixaBank Research*.

Rifkin, J. y Barberán, G. (2016). "La sociedad de coste marginal cero: El internet de las cosas, el procomún colaborativo y el eclipse del capitalismo". *Paidós*.

Skidelsky, R. (2019, Febrero 21). "¿El camino de IA hacia la servidumbre?" Disponible en <https://www.project-syndicate.org/commentary/automation-may-not-boost-worker-income-by-robert-skidelsky-2019-02/spanish>.

Spitz-Oener, A. (2008). "The returns to pencil use revisited". *Industrial and Labour Relations Review*. Vol. 61, No. 4, pp. 502-517

Pratt, G. (2015). "Is a Cambrian Explosion Coming for Robotics?" *The Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 51-60. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/43550120>

