

# Trabajo Fin de Grado

El proceso de automatización: Evolución y  
consecuencias económicas

The automatization process: Evolution and  
economic consequences

Autor

Luis Vellé Ruiz

Directora

Eva Pardos Martínez

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA  
Año 2016/2017

## INFORMACIÓN

*Autor del trabajo:* Luis Vellé Ruiz

*Directora del trabajo:* Eva Pardos Martínez

*Título del trabajo:* El proceso de automatización: Evolución y consecuencias económicas

*Titulación a la que está vinculado:* Grado en Economía

### RESUMEN:

El trabajo está compuesto por la observación de la evolución histórica del proceso de automatización de la producción de bienes y servicios, así como por el análisis de las distintas consideraciones, de diversos teóricos y expertos, sobre el alcance de sus efectos y las consecuencias que puede originar en la economía mundial, especialmente en los países desarrollados donde el proceso se encuentra más avanzado. El objetivo es dar una explicación de las razones del avance de este proceso por todos los sectores productivos, las consecuencias a corto plazo en el mercado laboral y los problemas derivados de ello y finalmente el papel de las administraciones públicas como agente responsable de dar respuesta a los fallos en el mercado que podrían darse por la circunstancia de la automatización.

**PALABRAS CLAVE:** Mecanización, automatización, productividad, desempleo tecnológico, remuneración de factores, obsolescencia capital humano, intervención del estado.

### ABSTRACT:

The aim of this project is the study of the historical evolution of the automatization process of goods and services production, and the analysis of consequences in world economy, especially in the developed countries from the point of view of several theoreticals and experts. The objective is to give an explanation of the reasons for progress in this process in all productive sectors, the short-run effects in the labor market and some potential problems as a result of these effects. Finally, the public administration role such as the agent who can answer the market failures which could be brought by the automatization circumstance is presented.

**KEY WORDS:** Meccanization, automatization, productivity, technological unemployment, remuneration factors, human capital obsolescence, state intervention.

# ÍNDICE

<b>1- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2- EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>6</b>
2.1.- El sector primario .....	6
2.2.- El sector industrial .....	11
2.3.- El sector servicios .....	19
<b>3- CONSECUENCIAS Y RETOS .....</b>	<b>21</b>
3.1.- La nueva economía .....	22
3.2.- Consecuencias de la automatización en el mercado laboral .....	25
3.2.1.- El desempleo tecnológico .....	25
3.2.2.- Consecuencias del desempleo tecnológico a corto plazo .....	26
3.2.2.1.- Movilidad intersectorial .....	27
3.2.2.2.- Obsolescencia capital humano .....	27
3.2.2.3.- La remuneración de factores .....	29
3.3.- El reto del Estado: El papel y la respuesta de las administraciones públicas a las consecuencias de la automatización. ....	33
3.3.1.- Áreas de intervención del Estado .....	34
3.3.1.1.- Legislación laboral.....	34
3.3.1.2.- El sistema educativo .....	35
3.3.1.3.- Legislación fiscal .....	36
3.3.2.- Los cambios demográficos .....	36
<b>4- CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>41</b>

## 1- INTRODUCCIÓN

Una interesante anécdota, muy a tener en cuenta durante este trabajo, tuvo lugar durante los años 50. Se dio entre el consejero delegado de Ford, Henry Ford II, y el presidente del sindicato de trabajadores de automoción, Walter Reuther, durante la visita a una nueva fábrica en Cleveland. Entonces Ford señaló una hilera de máquinas y preguntó:

*<< Walter, ¿cómo vas a arreglártelas para que estos robots paguen la cuota de tu sindicato?>>* a lo que Walter respondió *<< Henry, ¿y cómo te las vas a arreglar tú para que compren tus coches?>>*. (XL Semanal, Septiembre de 2015)

La mecanización y la automatización de las labores humanas no es una circunstancia del presente, ni siquiera de las últimas décadas, es un elemento que nos ha acompañado a lo largo de la historia, persiguiendo logros de aumentos de la producción, maximización del aprovechamiento de los recursos u optimizar el esfuerzo físico de una persona.

Nuestro objeto de estudio, hace referencia a una automatización mediante la mecanización masiva de la actividad productiva de la gran mayoría de los procesos productivos, llegando a un punto en el que el capital humano, comienza a significar, progresivamente, un factor productivo de menor relevancia, en la productividad de un bien determinado, hasta finalmente generar un coste superior respecto a un proceso automatizado, por tanto la mano de obra es un factor prescindible para el productor. De este modo se puede llegar a automatizar casi por completo el proceso de producción, donde la intervención humana es mínima.

Con el constante progreso tecnológico, las capacidades de las tecnologías de producción han ido evolucionando, mejorando sus prestaciones, su fiabilidad y su efectividad. Por ello las labores susceptibles de ser automatizadas o mecanizadas, cada vez son más cuantiosas y más complejas, desplazando a la mano de obra, que resulta menos productiva que dichas tecnologías, hacia otras actividades. Aunque los efectos en el mercado de trabajo no son estrictamente iguales para todas las economías, sí que podemos apreciar tendencias similares en economías con estructuras productivas muy parecidas, como es el caso de los países desarrollados.

Por ello como objetivo de este trabajo vamos a analizar la evolución de la automatización de los procesos productivos a lo largo de la historia y sus consecuencias económicas, tanto en el pasado como en el presente y los retos que se plantean para el futuro.

En el segundo apartado analizaremos el desarrollo histórico de la automatización y la mecanización en los distintos sectores productivos, desde las innovaciones en la actividad agraria junto a la modernización de los procesos industriales en la transformación y manufacturación de bienes, hasta llegar a la prestación de los servicios a distancia.

En el tercer apartado examinaremos las consecuencias económicas del proceso de automatización centrándonos en el efecto probablemente más directo, la sustitución de la mano de obra y la generación del denominado desempleo tecnológico, consideraremos algunas tecnologías concretas del presente explicando su potencial productivo y las ganancias que supone su implantación para las empresas, en perjuicio del empleo de mano de obra. Además consideraremos el debate existente sobre la magnitud y el alcance de los efectos de la mecanización en el mercado de trabajo y analizaremos algunas de las consecuencias más relevantes derivadas del desempleo tecnológico.

Para concluir el apartado, examinaremos el papel y la respuesta que el Estado podría proporcionar para conseguir equilibrar los efectos desestabilizadores que los avances tecnológicos podrían causar en la economía en el medio plazo.

Finalmente aportaremos unas conclusiones en donde valoraremos algunos de los aspectos más relevantes del trabajo y comentaremos ciertos detalles relacionados con la situación actual de la automatización y su proyección para los siguientes años.

La automatización derivada de los avances tecnológicos supone todo un reto para la economía por la implicación cada vez mayor de la tecnología en nuestras vidas y en el sistema de producción. Por ello se debe tratar este tema valorando todas las posiciones respecto a la posibilidad del alcance y las áreas afectadas, así como las respuestas y la responsabilidad de actuar para lograr solucionar los posibles fallos de mercado que se pueden originar, sin que ello suponga una afección al progreso tecnológico.

## **2- EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN**

En primera instancia al comenzar el análisis histórico, se observa que el primer sector en mostrar un elevado grado de mecanización y consecuente automatización fue el sector primario. Comenzaremos nuestro análisis histórico a principios del siglo XX, aunque más adelante lo concretaremos, donde en poco tiempo se pasó de más del 50% de la población ocupada de los países desarrollados a menos del 5% sin que esto supusiera una reducción en la oferta en el mercado y marcando un cambio tan transcendental en la historia como es el éxodo rural, el cual suponía un punto de inflexión hacia un modelo económico nunca antes contemplado.

Posteriormente hablaremos de la progresiva implantación de las nuevas tecnologías, en los sectores secundario y terciario. Además destacaremos las nuevas profesiones que están surgiendo alrededor de estas innovaciones tecnológicas, con nuevas especificaciones en la formación del capital humano, que se incorporan a estos nuevos empleos.

Además diferenciaremos los distintos escenarios observados en los países más desarrollados y en los países emergentes, dado que existen importantes diferencias en la evolución de sus economías con respecto al tema de la mecanización y automatización. Aunque dichas diferencias nos sugieren concentrarnos sobre los países más avanzados, donde los efectos de este proceso son más visibles.

### **2.1.- EL SECTOR PRIMARIO**

Como se ha mencionado anteriormente, en el grupo de países con rentas más altas, más del 50% de la población ocupada, mantenían su ocupación en actividades del sector primario a principios del siglo XX<sup>1</sup>. Hoy, solo supone una cifra inferior al 5% de la población ocupada en todos estos países. El sector primario, como sector dedicado a la

---

<sup>1</sup> Entre los países europeos los periodos son distintos, en Gran Bretaña la caída del empleo agrario comenzó en 1851 (aprox.), Alemania 1907, Francia 1921 España 1950 Fuente: Grigg 1982

obtención de recursos de la naturaleza, requería cada vez mayores herramientas para aumentar la producción y así satisfacer una demanda creciente.

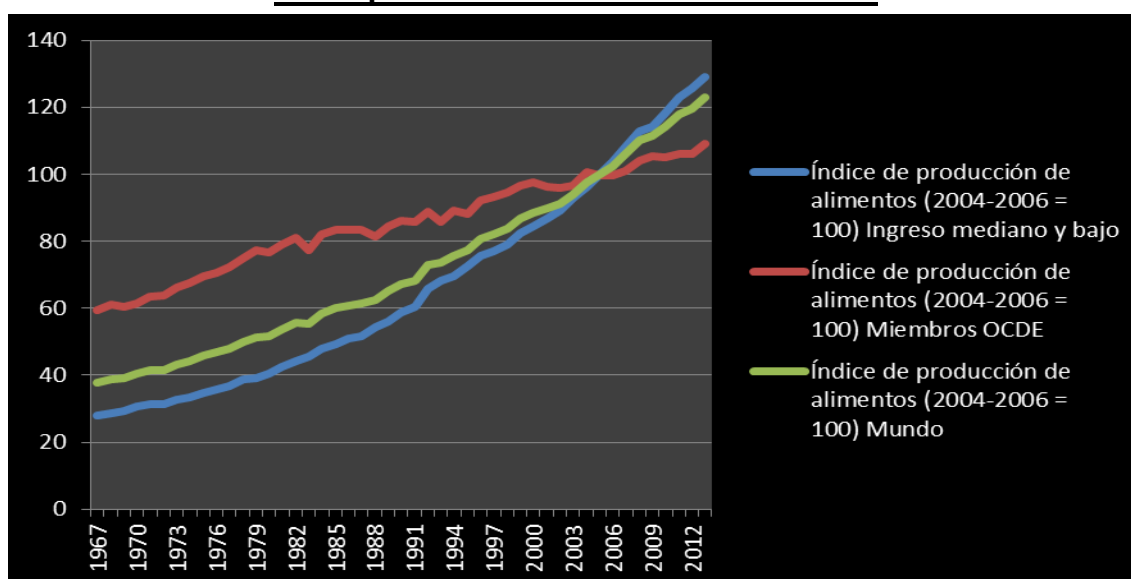
Estos aumentos de demanda se deben en parte a los aumentos de renta y población experimentados a partir de mediados del siglo XIX, los cuales han prolongado su crecimiento hasta nuestros días.

Considerando datos del Banco Mundial obtenidos del banco de datos sobre la población mundial, a partir de 1960 la población se ha multiplicado casi 2,5 veces, lo que sumado a una aumento de la media diaria de consumo de kilo calorías (proporcionada por la FAO) de 2450 a 2700 aproximadamente, supone un gran incremento en la demanda de alimentos.

Paralelamente, el sector agrario experimentó un profundo cambio en su estructura productiva. De hecho, por el lado de la oferta, la innovación tanto en la técnica como en las maquinarias amplió las posibilidades productivas del capital humano en el sector primario y dispararon la producción de alimentos a escala mundial (Gráfico 2.1). Se dio por comenzado un proceso de mecanización y automatización agraria que ha pasado por distintas fases (FAO 2000, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*). En este proceso no incluimos las innovaciones de los siglos XVIII y XIX, puesto que apenas significaron una reducción considerable de la población empleada en este sector, con la excepción de los primeros países industrializados como Gran Bretaña o Alemania.

**Gráfico 2.1**

**Índice producción alimentos base 2004-2006**

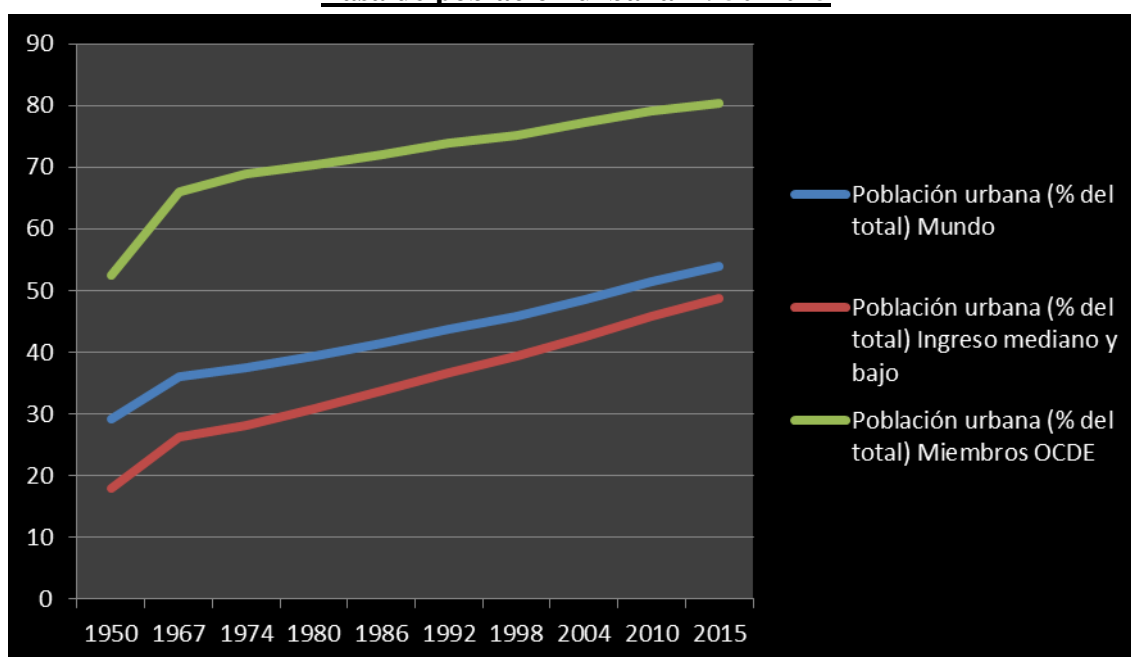


Fuente: Banco Mundial, banco de datos, indicadores mundiales del desarrollo

En primera instancia, hacia mediados del siglo XX, partimos de una situación donde la agrarización era todavía muy intensa en gran parte de las economías mundiales. No disponemos de datos demasiado fiables sobre la ocupación de la población en las tareas agrarias, no obstante, vamos a tomar como referencia indicadores que se vienen realizando desde periodos anteriores, los cuales son fiables y nos pueden aportar mucha información para esta cuestión, como lo es la tasa de urbanización de la población. La razón de que esta relación entre la tasa de urbanización y la población relacionada con la actividad agraria este asociada, son las actividades limitadas que se podían realizar en los entornos rurales, pues están muy ligadas a actividades del sector primario, Gráfico 2.2, Javier Gutiérrez Hurtado, 2011.

**Gráfico 2.2**

**Tasa de población urbana 1950-2015**



Fuente: Elaboración propia con base en Gutiérrez Hurtado, J. (2011) y Banco Mundial

Como podemos apreciar en el cuadro 2.2, la tendencia mundial ha avanzado hacia una progresiva urbanización. Por grado de desarrollo de los países la diferencia es notoria, puesto que la evolución del mercado agrario de los países desarrollados fue anterior, respecto a los otros países con menor grado de desarrollo. De hecho las tasas de



crecimiento de la urbanización son superiores en los países emergentes puesto que comienzan desde niveles muy inferiores, en comparación a los países desarrollados. El proceso de mecanización de los países emergentes ha sido más rápido en parte por el menor grado de desarrollo de los otros sectores dentro de sus economías, es decir, el proceso de crecimiento del sector agrario todavía no ha concluido, como se puede apreciar en el indicador de uso de maquinaria por 100 Km cuadrados, que comentaremos más adelante.

Una de las mejores formas de visualizar el avance tecnológico está en la observación de la productividad del sector, la cual ha aumentado exponencialmente con la implantación progresiva de la mecanización. Como se puede apreciar en los datos que ofrecemos a continuación, en el rendimiento de productos extendidos mundialmente como el trigo, el arroz o la cebada, todos ellos cultivos extensivos, la producción por trabajador ha aumentado, de tal forma que en 1950 la relación entre el sistema de agricultura manual, el cual suponía 1000 kg de cereales por trabajador, y el sistema de agricultura mecanizado de primera fase, 30000 kg por trabajador, era de 1 a 30, según los datos de la FAO. Actualmente las cifras de producción por trabajador utilizando los inputs de mayor progreso técnico se sitúan en 500000 kg, significa un aumento de 20 veces respecto a la producción mecanizada de las primeras etapas.

Las fases de mecanización se han ido sucediendo en los últimos 50 años, en los países más desarrollados. Estas fases reflejan la potencia, en caballos de vapor, de la maquinaria empleada para las labores agrícolas, desde la primera fase con una potencia entre 10 y 30 CV, hasta la quinta etapa, iniciada 10 años atrás, con una potencia superior a los 120CV. La mayor potencia de la maquinaria permitió una mejora en las capacidades de arado, siembra y mantenimiento de los campos, por tanto se ha asociado directamente a la ampliación de la superficie explotada por trabajador, ampliando de 10 hectáreas a más de 200 hectáreas, lo que se traduce en unos menores requerimientos de mano de obra y en un gran aumento de la productividad. No obstante, no todo el aumento de la productividad se puede atribuir únicamente al aumento de la cantidad y calidad de la maquinaria empleada, sino que también hay que considerar los avances de la industria química y las mejoras genéticas que han propiciado la producción de fertilizantes que aumentan los rendimientos por hectárea, la lucha contra las adversidades climáticas o la capacidad para minimizar los efectos de las plagas en los cultivos.

En otro tipo de actividades de carácter más intensivo como la obtención de leche de vaca, los datos arrojan un rendimiento medio de una vaca desde los 2000 litros por año en 1950 a 5600 litros en la actualidad. En capacidad por trabajador, los avances técnicos han aumentado su volumen de producción, pasando de 12 vacas diarias a 200, ya que pueden ser ordeñadas de forma prácticamente automatizada.

Como se puede apreciar en la tabla 2.1, con datos del Banco Mundial, la maquinaria agrícola experimentó un crecimiento dispar entre países desarrollados y en emergentes. Las diferencias son notorias ya que la maquinaria en los países emergentes ha aumentado 10 veces, mientras que en los países desarrollados solo se ha duplicado, aunque finalmente cae debido a la incorporación de las maquinarias agrícolas de la 5° etapa, con unas capacidades mayores respecto a la maquinaria de la 4° etapa, que permiten reducir el número de tractores en las zonas cultivables, incluso llegando a automatizar su labor por completo. En el caso de los países emergentes, la implantación de la mecanización ha seguido un camino distinto, incorporando maquinaria de las distintas etapas más tarde que los países desarrollados, hasta, pasar directamente a la 5° etapa con un grado de mecanización menor. No obstante los incrementos de los rendimientos del cereal por hectárea muestran un crecimiento superior en los países desarrollados, debido en parte a la disponibilidad de mejores sistemas de control y cuidados de las cosechas.

Curiosamente la superficie destinada a actividades agrarias apenas se ha visto modificada en este periodo de tiempo, tanto en países desarrollados como en países emergentes, con lo que se demuestra que las ganancias de producción del sector agrario vienen dadas por el factor capital tecnológico y el factor tierra no afecta a esta variación. Finalmente, con el estancamiento del crecimiento de las áreas cultivables, las hectáreas por habitante se han visto reducidas dejando la productividad por hectárea como el actual factor que por el momento puede solucionar los problemas en la oferta mundial de alimentos.

**Tabla 2.1**

**Tabla datos agrarios, comparación miembros OCDE, países ingreso mediano y mundo (1961-2014)**

	1961	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2014
<b>Maquinaria agrícola, tractores por cada 100 kilómetros cuadrados de tierra cultivable</b>												
Ingreso mediano	13,42	17,41	23,91	36,85	56,23	68,14	80,40	91,64	103,14	-	-	-
Miembros OCDE	219,43	250,24	286,32	350,02	388,38	424,11	440,65	445,43	463,37	371,94	-	-
Mundo	96,56	109,49	127,90	152,11	177,90	191,55	-	187,55	-	-	-	-
<b>Rendimiento de los cereales (kg por hectárea)</b>												
Ingreso mediano	1125,71	1282,20	1518,27	1731,37	1961,57	2285,89	2549,20	2505,51	2723,10	2983,09	3341,42	3653,28
Miembros OCDE	2026,90	2384,98	2574,02	2916,91	3159,19	3731,10	3891,16	3848,98	4413,55	4748,88	5018,40	5487,80
Mundo	1421,62	1625,02	1816,39	2080,39	2297,42	2695,37	2870,17	2759,20	3062,32	3278,95	3571,43	3886,19
<b>Tierras agrícolas (% del área de tierra)</b>												
Ingreso mediano	35,12	35,83	36,70	37,62	38,12	39,44	40,81	37,81	38,21	38,07	38,29	-
Miembros OCDE	39,47	39,44	39,53	39,45	39,20	39,01	38,71	38,28	37,83	37,23	35,44	-
Mundo	36,03	36,45	36,98	37,50	37,72	38,50	39,38	37,93	38,13	38,02	37,78	-
<b>Tierras cultivables (hectáreas por persona)</b>												
Ingreso mediano	0,30	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,19	0,21	0,20	0,19	0,18	-
Miembros OCDE	0,54	0,52	0,50	0,47	0,45	0,44	0,42	0,39	0,37	0,34	0,31	-
Mundo	0,37	0,35	0,32	0,29	0,27	0,26	0,24	0,25	0,23	0,22	0,20	-

Fuente: Banco Mundial, indicadores agrarios

## **2.2.- EL SECTOR INDUSTRIAL**

En primer lugar se debe matizar que el proceso de mecanizado siempre ha acompañado al sector industrial desde sus comienzos en los años de la Primera Revolución Industrial, puesto que nos referimos a las capacidades de una industria que, con unas herramientas determinadas, consigue producir cantidades superiores respecto a un proceso manual o artesano. En consecuencia, debemos distinguir procesos productivos o industrias concretas, que han experimentado el proceso de automatizado antes que otras.

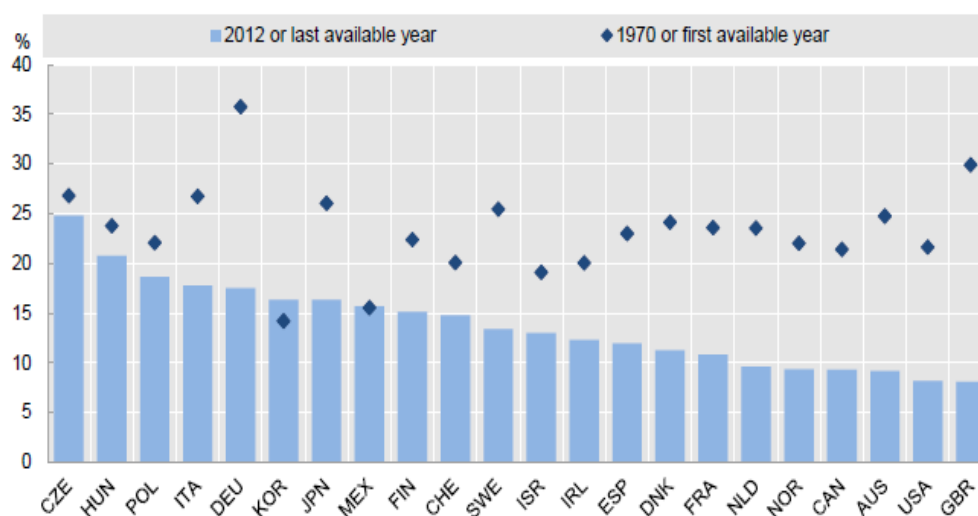
Es decir, aquellos procesos productivos de menor complejidad, por ejemplo procesos de transformación de materias primas, permiten un desarrollo y una implantación más temprana, de aquellas herramientas que permiten la automatización de su actividad, antes que otras industrias cuyos procesos son más laboriosos y requieren una mayor precisión, como lo serían los procesos de ensamblaje. Por tanto son las primeras industrias que obtienen considerables aumentos de su producción, reduciendo las necesidades de aumentar, de manera proporcional, su número de operarios. Con ello se

obtienen grandes ganancias de productividad que finalmente desembocan en menores requerimientos de mano de obra en términos absolutos.

El avance tecnológico en el campo de la industria, mediante la robótica y la informática, ha provocado una mayor sustitución de cada vez un mayor número de tareas de ensamblaje, lo que anteriormente describíamos como tareas de mayor precisión y complejidad. Los datos agregados de la industria muestran un descenso del empleo en el sector industrial respecto al total del empleo, aunque esto no va a suponer una reducción del valor añadido en el producto final, ya que en la mayoría de los países el valor añadido aumenta. Los datos de ocupación en el sector de las manufacturas (grafico 2.3), respecto al total del empleo, comparando los años 1970 y 2012 muestran una tendencia generalizada de reducción del empleo relativo en los países de la OCDE. Pese a ello, el valor añadido a precios constantes de las manufacturas (grafico 2.4) ha aumentado en muchos países de la OCDE aunque ello no quiere decir que su aportación al PIB total haya aumentado. Según datos del Banco Mundial, a nivel global el peso del sector industrial respecto al PIB ha pasado de un 33,5% en 1995 a un 27,7% en 2014, en favor del sector servicios. Encontramos excepciones de países como Corea del Sur, donde ha aumentado la población ocupada en el sector industrial, en parte por el gran desarrollo que ha experimentado, entre otros, la industrias electrónicas, la siderurgia o el sector de construcción naval en el cual se ha convertido en unos de los mayores productores a nivel mundial (Santandertrade, 2017), o México donde los niveles de empleo se mantienen sin variaciones, su proximidad a u mercado tan potente como EE.UU y sus menores costes, han facilitado un gran desarrollo de su industria, además del crecimiento de su industria energética de telecomunicaciones (Forbes México, 2017).

**Gráfico 2.3**

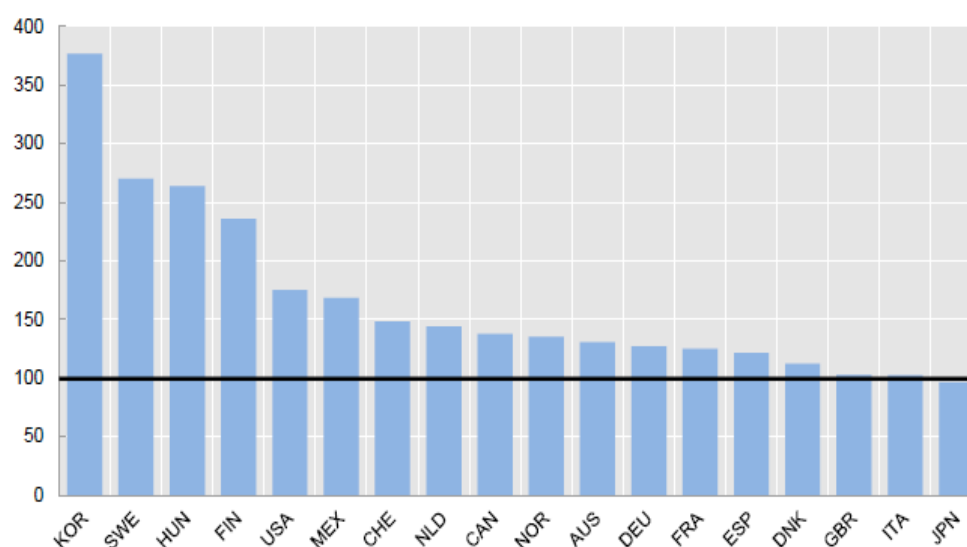
**Población empleada en las manufacturas respecto al empleo total, selección países OCDE 1970 y 2012**



Fuente: De Backer, K., Desnoyers-James, I. and Moussiegt, L. (2015)

**Grafico 2.4**

**Valor añadido en las manufacturas 2012, base 1970 = 100**



Fuente: De Backer, K., Desnoyers-James, I. and Moussiegt, L. (2015)

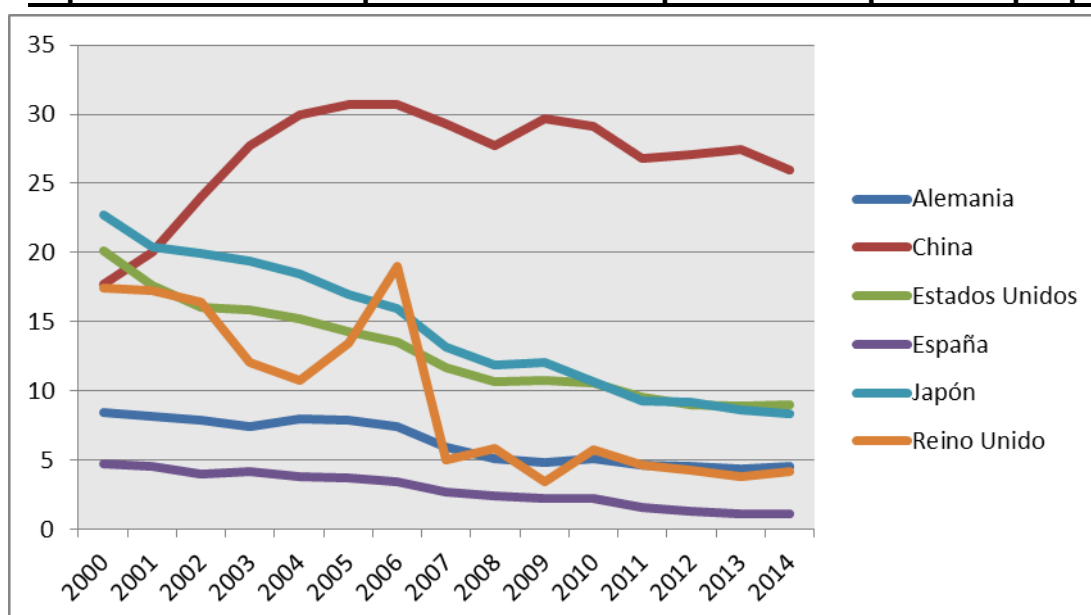
La automatización industrial provocó una separación entre las distintas industrias entorno a los años 80 y 90 (Robots and industrialization, UNTAD, 2016), en función del grado tecnológico y complejidad, en los distintos procesos de producción. Por ello se pueden distinguir sectores maduros con requerimientos tecnológicos y formación del capital humano menos exigentes, mientras que por el otro lado distinguimos los sectores

de tecnología punta con importantes requerimientos de tecnológicas avanzadas y capital humano altamente cualificado para desempeñar las labores de planificación, diseño y producción. El comportamiento de estos dos subsectores ha sido distinto. Por un lado los sectores industriales maduros, han buscado abaratar sus costes de producción concentrando sus actividades en países con menores costes laborales y cercanos a las materias primas que necesitan, fruto de esto son los procesos de desindustrialización de los países desarrollados que tuvieron lugar entre los años 80 y 90. Por el otro lado, los sectores tecnológicamente más avanzados se localizan en aquellas zonas donde la calidad del capital humano es superior respecto a otras zonas, además cuentan con importantes recursos financieros e infraestructura adecuada que optimice su actividad y desarrollo.

Por lo tanto, se puede apreciar una tendencia, en los últimos años, de una concentración de las industrias pesadas y maduras en países con bajos costes laborales y un capital tecnológico que hoy en día no se podría considerar como tecnología avanzada. No obstante, no debemos referirnos solo a las industrias maduras, pues industrias manufactureras de capital tecnológico medio como la industria automovilística, electrodomésticos o electrónica masiva, están experimentando en estos últimos años unas grandes variaciones, respecto a la localización de la producción en las distintas zonas mundiales. Se puede deducir que, en los últimos años, la combinación de capital tecnológico y costes laborales bajos es cada vez más posible y reportan mayores beneficios a los fabricantes, de ahí su interés por desplazar sus zonas de producción hacia países emergentes. La gran mejora de las tecnologías de comunicación y transporte han aupado este factor, favoreciendo la transición del proceso de fabricación de productos tecnológicos recientes, cuyo desarrollo se encuentra en fases avanzadas y cuya introducción en el mercado ya es muy elevada, hacia zonas que ofrezcan menores costes de producción, como el caso de las industrias automotriz, electrónica o química. Esto se observa en el gráfico 2.5 donde las exportaciones de TIC's, entendidas como instrumentos de comunicación y hardware, se han visto reducidas en la proporción total de productos exportados de los países avanzados, mientras en China se han visto incrementadas.

**Grafico 2.5**

**Exportaciones TIC's respecto al total de las exportaciones de productos por país**



Fuente: Banco Mundial, banco de datos, indicadores mundiales del desarrollo

Respeto a los países desarrollados, siguen a la vanguardia en actividades industriales de alto valor tecnológico, las cuales se encuentran en proceso de expansión, como la industria biotecnológica, la aeroespacial o la industria informática del software. Este tipo de industrias precisan de una importante formación del capital humano que emplean; aunque en países emergentes se comienza a emplear una gran cantidad de recursos en adecuar sus capacidades y permitir un mayor desarrollo de este tipo de actividades en sus economías. Un hecho que apoya esta convergencia es la capacidad de diseminación del conocimiento, a lo que diversas tecnologías de carácter multiuso, como lo es Internet, han contribuido enormemente.

Se podría considerar que tanto países desarrollados como países emergentes, poseen ventajas comparativas propias en las distintas fases del proceso de producción forzando a una especialización en un determinado tipo de actividades del que resultan beneficiadas las empresas multinacionales, con el objetivo de lograr importantes avances competitivos y una mejor estructura de costes. Esto permite una mayor estabilidad y capacidad de expansión de la empresa. Ejemplos de este modelo se pueden encontrar en los conglomerados empresariales mundiales, principalmente en los sectores de la energía, automóvil o informáticos, con una cadena de proveedores mundiales muy distribuida y especializada en la realización de labores del proceso

productivo. Por ejemplo, procesos de investigación, calidad del producto o comerciales, los cuales requieren una considerable preparación de la mano de obra, se realizan en países desarrollados, mientras que los procesos de ensamblaje y fabricación, que no requieren una importante formación de los operarios, se hacen en países emergentes. Aprovechando estas ventajas que ofrecen distintas zonas del mundo se puede ofertar un producto competitivo de calidad con menores costes.

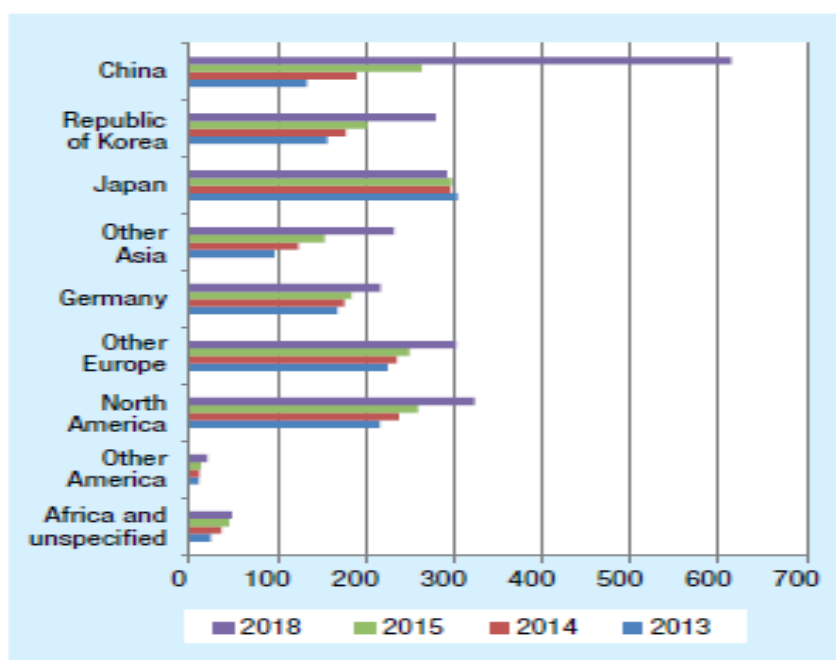
A nivel microeconómico en este sector, la automatización ha supuesto un cambio radical en su estructura productiva. El área de producción, como tal, ya no concentra a prácticamente la totalidad de la plantilla de la empresa, pues la automatización de procesos es cada vez mayor dejando paso a otras áreas que, consecuentemente, adquieren mayor protagonismo, como logística, mantenimiento, calidad o sistemas. También ha generado mayores posibilidades para el desarrollo y evolución de un nuevo tipo de industrias, como son las industrias del campo de las energías renovables, biotecnología, nanotecnología o genética, entre otros tipos. También la expansión de industrias menos recientes, como las comunicaciones o el transporte, entre otras, han ampliado sus posibilidades de negocio y sus aplicaciones a múltiples campos. Todo ello está provocando el paso a un segundo plano de industrias tradicionales o los ya considerados sectores maduros, que están muy automatizados y cuyo grado de innovación, está más acotado. Este hecho ha acrecentado lo que muchos han denominado como una 4º revolución industrial, la revolución digital (OIT 2016, *Future of work centenary initiative*).

Esta nueva industria presenta importantes variaciones respecto al concepto tradicional que ha acompañado a la industria a lo largo de sus comienzos. En la tercera parte, en la sección de nueva economía dentro del subapartado de formas organizacionales, analizaremos las nuevas tendencias que se han adquirido en la industria y su proyección hacia las siguientes décadas.



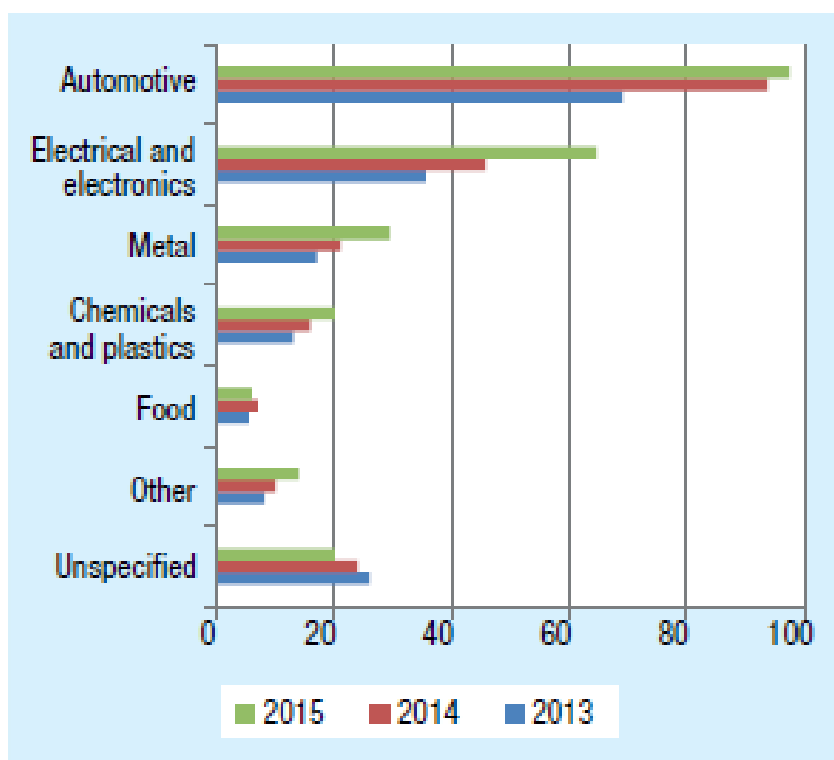
**Gráfico 2.6**

**Estimaciones del stock de robots industriales por regiones y países 2013-2018 (en cientos de unidades)**



**Gráfico 2.7**

**Estimaciones del stock de robots industriales por regiones y países 2013-2018 (en cientos de unidades)**



Fuente: UNCTAD, cálculos basados en la federación internacional de robótica, 2015

Los datos que expondremos a continuación, obtenidos de varios informes de UNCTAD (2016) sumados a los datos de la OCDE ya observados anteriormente, nos ayudaran a visualizar los efectos que la automatización está originando en el sector industrial, en base a estimaciones de expertos sobre el comportamiento de este sector en los últimos años.

Si anteriormente hemos visto la bajada de la proporción de empleo industrial respecto al empleo total, durante el periodo 1970-2012, aquí se observa las estimaciones del stock de robots industriales operativos a final de año entre 2013 y 2015 tanto por países y zonas geográficas (gráfico 2.6) como por sectores industriales (gráfico 2.7). A pesar de que el periodo de tiempo de las mediciones con respecto a los datos de empleo de la OCDE no es el mismo, ya que no disponemos de estimaciones de stock de robots antes del 2013, podemos asociar la reducción generalizada del empleo en el sector industrial de países de la OCDE al stock de maquinaria robótica, que poseen capacidad de realizar labores automáticas, sustituyendo así a la mano de obra humana. Según las estimaciones, el stock de robots industriales ha seguido aumentando durante el periodo 2013-2015 y las proyecciones de este estudio para 2018 por zonas geográficas prolongan dicha tendencia. Por países, observamos el peculiar ascenso de China donde este stock se ha doblado en tan solo 2 años, en este caso el gobierno chino se está implicando en la implantación de robots en los procesos de sus empresas como respuesta a sus proyecciones del envejecimiento de su población laboral y el aumento de sus costes laborales, la estrategia ha sido denominada como “Made in China 2025”. En otros países y zonas geográficas, el aumento no es tan pronunciado pero también aumenta el stock de robots industriales, confirmando la tendencia a escala mundial de la progresiva implantación de la automatización en los procesos de producción.

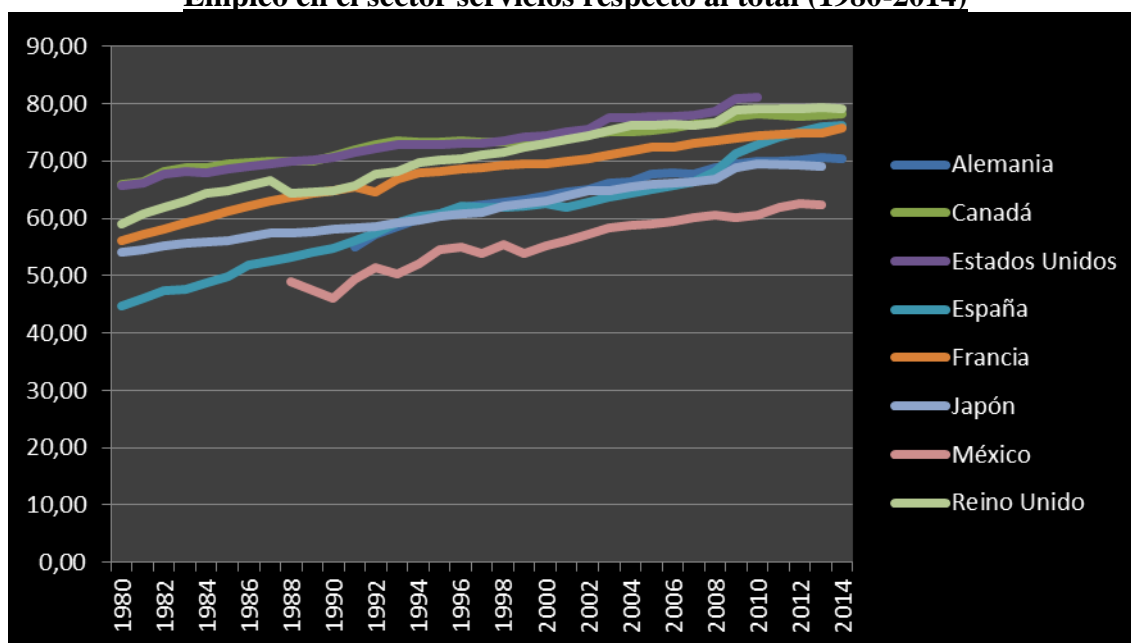
Por sectores industriales las estimaciones muestran una clara tendencia a la robotización de actividades que poseen una considerable complejidad en sus procesos de ensamblaje, como son el sector automovilístico o el sector de la electrónica, pero el rápido desarrollo de las capacidades de la robótica permite realizar estas tareas mejorando la eficiencia del proceso aumentando la rentabilidad de sus actividades, por ello encontramos valores superiores a otros sectores y su expansión del stock es mayor dentro del periodo 2013-2015.

### 2.3.- EL SECTOR SERVICIOS

Con el análisis realizado en los anteriores sectores, sector primario y sector secundario, sobre el cambio en su estructura productiva, se puede explicar parte del incremento continuado que ha experimentado el sector terciario, en términos de empleo, para todos los tipos de países, pero en especial para los países más desarrollados (gráfico 2.8). A pesar de ello, la mecanización y automatización que han experimentado los sectores primario y secundario, no es la única razón de esta terciarización de las economías, existen otros motivos como la implantación y desarrollo del estado del bienestar, el incremento de la demanda de ocio o la mayor envergadura del sector público, entre otros motivos.

**Gráfico 2.8**

**Empleo en el sector servicios respecto al total (1980-2014)**



Fuente: Banco Mundial, banco de datos

El sector terciario engloba a los servicios y muchos de ellos cuentan con un importante factor humano, cuyo automatizado o mecanizado es difícil de realizar. Este diferencial respecto a los otros sectores ha favorecido la absorción de empleo total sobre la población ocupada y por tanto su expansión.

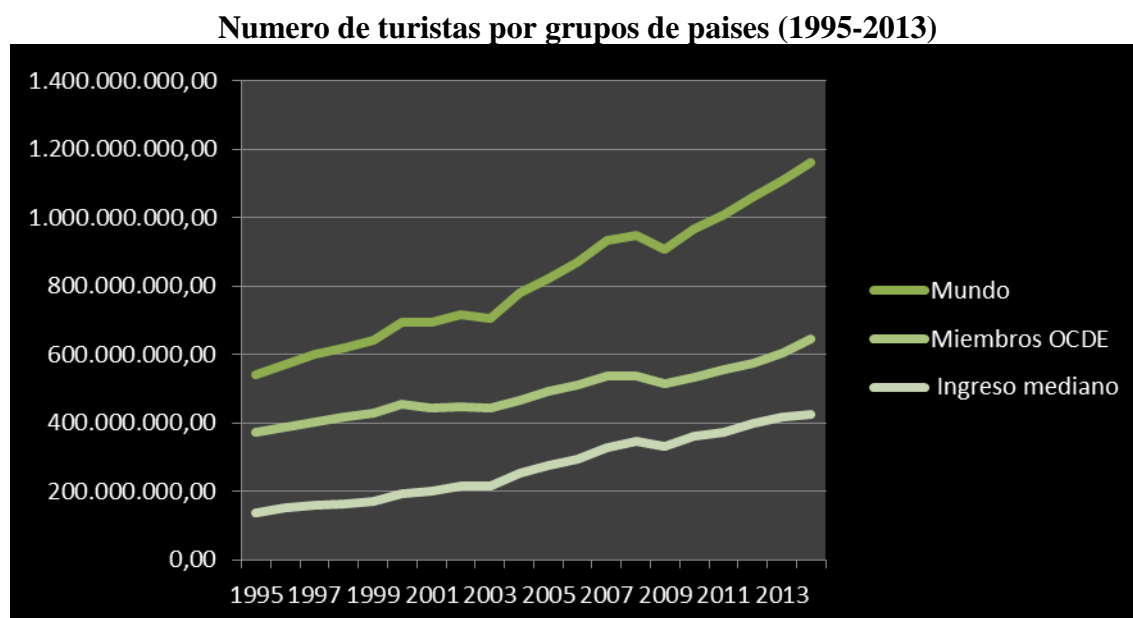
Sin embargo, esto no quiere decir que sea un sector que se comporte al margen del progreso tecnológico, en este caso las tecnologías de la comunicación están incrementando, a gran velocidad, las capacidades de los servicios a distancia o servicios online, generando ganancias en la productividad y en la eficiencia de dichas actividades

al reducir el número de trámites e intermediarios necesarios para prestar un servicio. Por ejemplo, en el sector comercial o en el sector bancario, internet facilita al consumidor la obtención de dicho servicio mediante páginas web donde el consumidor puede consultar y elegir entre la gran variedad de la oferta de productos, sin necesidad de un establecimiento comercial, o la realización de operaciones bancarias, sin necesidad de acudir a una sucursal bancaria. Más recientemente es el caso de plataformas web, como Alibaba, donde consumidores y proveedores, de múltiples tipos de bienes y servicios, se ponen en contacto, sin que la distancia que los separa suponga un inconveniente.

Por tanto, las modificaciones que se están produciendo en la composición laboral del sector servicios, también deben ser consideradas.

Un ejemplo de cómo el sector servicios posee un gran potencial para generar empleo lo observamos en unos datos muy relevantes que podríamos localizar en una actividad concreta, dada su expansión y vinculación con otras actividades, nos referimos al turismo y hostelería (gráfico 2.9) donde en menos de 20 años el número de turistas se ha duplicado de 600 millones a 1.200 millones, este crecimiento se da tanto en países desarrollados como en países emergentes.

**Gráfico 2.9**



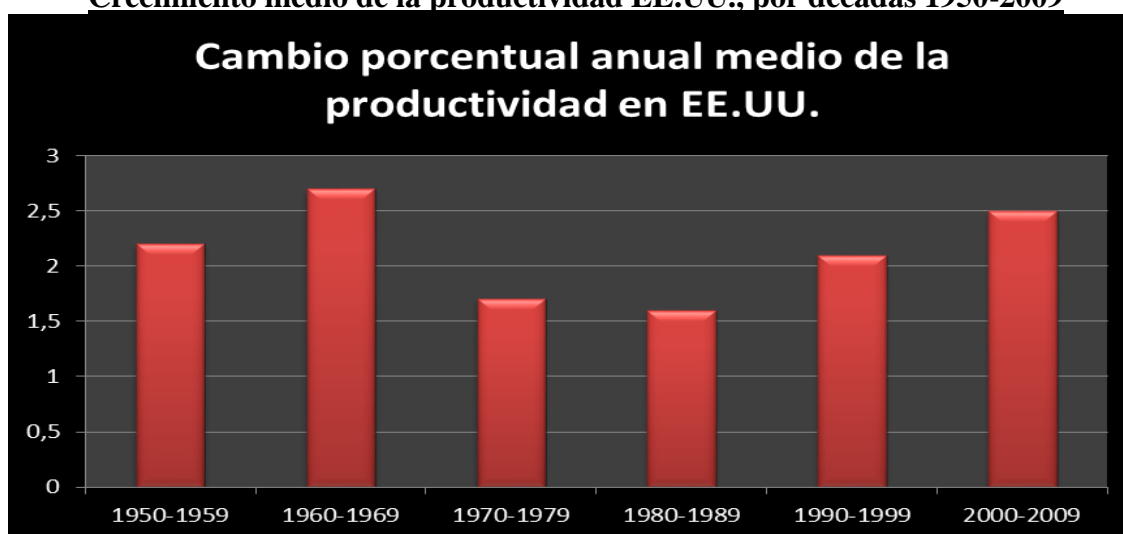
Fuente: Banco Mundial, basado en datos de la Organización Mundial del Turismo, anuario de estadísticas del turismo

### 3- CONSECUENCIAS Y RETOS

Como hemos podido apreciar anteriormente, el impacto de los avances tecnológicos en la economía afecta a todos los sectores económicos y que además los cambios en el modelo productivo, que se vienen efectuando desde tiempo atrás, son cada vez más intensos y rápidos. Una tecnología en constante evolución sobrepasa cada vez un mayor número de capacidades humanas en las tareas productivas, obligando por ello a la recomposición de las funciones del capital humano. Se da lugar a ganancias de productividad que permiten una menor cantidad de mano de obra y más producción.

El ganador del premio Nobel de economía Robert Solow demostró el impacto tecnológico en el crecimiento de la productividad. Es el principal factor que aumenta los niveles de vida, pues permite un aumento de la producción sin necesidad de modificar el factor de producción trabajo. Los datos que nos proporciona la Oficina de Estadísticas Laborales de EE.UU. (grafico 3.1) nos hacen ver cómo el incremento de la productividad desde los años 80 se sucede década tras década, incluso sin considerar bienes y servicios que difícilmente puede ser cuantificada su aportación al cómputo global de productividad. La creación de estos bienes y servicios está muy asociada a las nuevas innovaciones tecnológicas como los servicios web que pueden proporcionar Facebook, Wikipedia o YouTube, entre muchos ejemplos, los cuales si pudieran ser cuantificados se traducirían en una mayor productividad dado que su influencia y utilidad se extiende sobre muchos ámbitos.

**Gráfico 3.1**  
**Crecimiento medio de la productividad EE.UU., por décadas 1950-2009**



Fuente: Brynjolfsson y McAfee basandose en datos de Bureau of labour statistics

En la primera parte se ha observado que este fenómeno no es una circunstancia relacionada exclusivamente con los tiempos presentes. Viene sucediéndose desde el comienzo de la aplicación de las innovaciones, en los distintos sectores económicos, algo que algunos de los más celebres economistas de la historia ya sostuvieron en sus días, como John Maynard Keynes, en su mención del desempleo tecnológico, o Joseph Schumpeter y el concepto de destrucción creativa. Ambos ya mostraron interés por los cambios que se venían sucediendo progresivamente respecto a las innovaciones tecnológicas y sus efectos en la oferta. Schumpeter, de hecho, afirmó que la innovación era “el hecho esencial del capitalismo”, un factor clave para el progreso económico, a través de la figura del empresario innovador, el cual ofrece un producto diferenciado generando un periodo de expansión económica y fomentando la competitividad entre empresas de un mismo sector. Actualmente la automatización podríamos considerarla como un importante hecho diferencial, en aspectos cualitativos y de costes de producción.

Según Jeremy Rifkin en su obra “El fin del trabajo” (1995), esta desconexión distingue a una parte beneficiaria y otra perdedora a corto plazo por el desarrollo tecnológico. La parte beneficiaria sería la propiedad del capital tecnológico, cuya remuneración es ahora mayor, y por el otro lado estaría la caída de la remuneración de las rentas del trabajo, generando, por tanto, problemas de desigualdad en ambos sentidos y concentrando, a corto plazo, la riqueza en las rentas del capital tecnológico. Un proceso que en su día anticipó el filósofo Karl Marx en su obra “El capital” (1867) sobre la progresiva sustitución de la fuerza del trabajo por maquinaria autónoma.

### **3.1.- LA NUEVA ECONOMIA**

Actualmente, innovaciones como la industria 4.0 (OIT 2016) están dando pie a una nueva era de automatización, coordinación y comunicación de múltiples tareas mecanizadas. Se habla, por ejemplo, del desarrollo de la IA o inteligencia artificial, una faceta donde la maquinaria desarrolla las destrezas de recolectar, analizar e interpretar información, y finalmente con las tecnologías de la información y comunicación se logra transmitir dicha información. Destrezas que hasta hace poco tiempo eran principalmente realizadas por personas. La peculiaridad de estos avances tecnológicos actuales, respecto a otros avances tecnológicos del pasado, los cuales ya marcaron un

punto de inflexión en el terreno económico, es el carácter multifuncional de su aplicación, tanto para todas las actividades económicas como para actividades no vinculadas a la economía, como el ámbito doméstico, nos estamos refiriendo al ordenador. El característico crecimiento exponencial de la capacidad tecnológica, de las herramientas informáticas y robóticas, y su ritmo de implantación, amenazan con una mayor capacidad de sustitución de la fuerza del trabajo.

Poniendo la vista en los avances tecnológicos más recientes, destacaremos tres, entre otros muchos, cuyo impacto podría afectar a todos los niveles de producción al tratarse de tecnologías multifuncionales (Informe OCDE, *Habilitar la siguiente revolución de la producción*, 2015). Algunos ya están en uso como el caso del Bigdata, mientras los otros se encuentran en fase experimental, como la impresión 3D o el internet de las cosas<sup>2</sup>.

La innovación más extendida actualmente sería el Bigdata, cuyos beneficios están determinando muchas tomas de decisiones en las empresas (Bankinter 2015), como se ha comentado anteriormente. El Bigdata ofrece a la empresa una base de datos obtenida de observaciones a nivel individual, es decir, sobre el comportamiento de cada uno de los consumidores, el rendimiento de un producto determinado en el mercado (satisfacción, fiabilidad, ventas) o el comportamiento de todos los elementos que conforman la empresa. A todo esto se suma la capacidad de proporcionar una transmisión, gestión, análisis y correlación de esta gran cantidad de datos, ofreciendo unos resultados de gran fiabilidad a la empresa beneficiada de esta tecnología. Esto garantiza a la empresa un conocimiento certero sobre el comportamiento de su demanda, permitiendo anticiparse y por tanto aplicar las medidas óptimas que debe llevar a cabo para adecuar su oferta y obtener unos buenos resultados asegurando una mayor estabilidad a la empresa y un mejor control de sus debilidades internas y amenazas externas que podrían dificultar su actividad.

Por otro lado, nos encontraríamos las innovaciones tecnológicas que se encuentran en una fase experimental y por tanto menos extendida, aunque según las expectativas, las aplicaciones de estas nuevas innovaciones serían a escala multifuncional, es decir que su utilización se extendería sobre varios campos. La impresión 3D es un concepto en el cual un conjunto de máquinas coordinadas y automatizadas crean totalmente un producto desde las fases de introducción de los prototipos virtuales. La impresión 3D

---

<sup>2</sup> Otras innovaciones en desarrollo de los últimos años encontramos el vehículo de conducción autónoma, la computación cuántica o la traducción instantánea.

ofrece la posibilidad de integrar todas las fases de producción de un bien determinado en un mismo espacio, minimizando los materiales empleados y el transporte de recursos o bienes intermedios. De hecho análisis recientes como el realizado por la petrolera Británica BP estudian el impacto que la impresión 3D podría generar en las grandes cadenas de suministro mundiales (Expansion.com, 2017). Actualmente las aplicaciones en el campo de la biomedicina han resultado efectivas con el desarrollo de prótesis o en la industria aeronáutica con la fabricación de determinados componentes de motores de avión. No obstante se espera su extensión hacia el desarrollo de productos de mayor complejidad y tamaño, como la construcción.

La otra tecnología en fase de expansión es el internet de las cosas. Según la definición de Microsoft la expectativa en esta innovación es la interconexión absoluta entre todos los dispositivos electrónicos a través de Internet y poder controlarlos sin importar su ubicación. Sus aplicaciones no solo se limitan al campo de la producción, también tendrían aplicaciones en el ámbito doméstico, transporte o médico. En el aspecto productivo, aquí reside la base del control de la producción a distancia, o la interconexión máquina-máquina, ofreciendo una plena coordinación y la posibilidad de mantener conexión con los programas de cálculos de la demanda, la tecnología del Bigdata descrita anteriormente. En este sentido el ahorro de procesos y de personas sería significativo y detrás de este tipo de tecnologías reside el concepto de la industria 4.0 o el Taylorismo Digital, donde la actividad industrial se encuentra altamente automatizada y no debe coincidir necesariamente en un mismo lugar físico con las actividades referentes a la gestión y decisión de la empresa.

La mejora de la productividad, fruto de la innovación tecnológica y la automatización, no solo se da en labores de producción o ensamblaje, sino también en labores creativas e investigadoras, multiplicando las posibilidades de una persona o grupo de personas en desarrollar un objetivo o una idea con éxito también ha remodelado por completo las estructuras organizativas de aquellos entes, ya sean empresas u otro tipo de organizaciones, que emplean dichas tecnologías. Según Brynjolfsson y McAfee en su obra “La carrera contra la maquina” del año 2011, las innovaciones más recientes como el Bigdata o el internet de las cosas han trastocado los procesos de toma de decisiones, los canales de información y finalmente la fiabilidad de los mismos datos obtenidos a la hora de aplicarlos en la elección de una determinada estrategia empresarial, persiguiendo una finalidad muy concreta como es optimizar el aprovechamiento de estas nuevas tecnologías. El resultado son organizaciones más reducidas y con labores



especializadas, donde el modelo estructural y organizativo se caracteriza por una gran vinculación a las nuevas tecnologías, generando empresas que no se basan en las economías de producción en masa sino que son flexibles, muy productivas y su difusión e interacción con el entorno está muy facilitado, gracias a las TIC's,. Este hecho ha facilitado, en gran medida, los procesos de deslocalización y contribuido a la globalización de la economía.

## **3.2.- CONSECUENCIAS DE LA AUTOMATIZACIÓN EN EL MERCADO LABORAL**

### **3.2.1.- El desempleo tecnológico**

Este gran avance en las capacidades individuales que nos proporciona la tecnología, plantea un interrogante sobre la composición actual del mercado laboral y la tendencia a largo plazo, o incluso a medio plazo, que puede originarse debido al desempleo tecnológico y que vamos a analizar.

Basándonos en el informe de la Organización Internacional del Trabajo “The future of work, centenary initiative”, existen varios puntos de vista sobre los beneficios y consecuencias del proceso de automatización. Para algunos autores la creación de nuevos puestos de trabajo, fruto de las nuevas tecnologías, jugará un papel primordial porque consideran que estos nuevos empleos serán más numerosos que aquellos puestos de trabajo sustituibles por la automatización. Para otros autores su concepción sobre la automatización abarca un mayor número de áreas, afirmando que se podría llegar a una economía prácticamente digitalizada con un escaso número de empleos, donde el alcance de las consecuencias serán determinantes los comportamientos políticos y sociales.

El motivo de la existencia de varias concepciones sobre los efectos de la automatización en la demanda de empleo, se debe a las expectativas en torno a la capacidad de las innovaciones para sustituir mayor o menor cantidad de aquellas labores que desempeña la mano de obra humana y a la capacidad de reasignación de los empleos ya existentes hacia otro tipo de labores dentro de la misma organización. Esto se materializa en varios estudios realizados por diversas instituciones, las cuales arrojan datos muy distintos sobre el porcentaje de empleos potencialmente automatizables.

Por ejemplo, en el caso de un estudio realizado por la universidad de Oxford por Carl Benedict Frey y Michael A. Osborne en el año 2013<sup>3</sup> en el cual se estima que un 47% de los empleos de Estados Unidos están considerados en la categoría de alto riesgo para ser automatizados en un periodo aproximado de dos décadas, y para países como Reino Unido o Alemania el porcentaje baja a un 35% del total de empleos.

Además, un reciente estudio llevado a cabo por la Organización Internacional del Trabajo, confirma una tendencia similar al estudio de Frey y Osborne (2013), en este caso para los países del ASEAN (Sur-este asiático), estimando que 3 de cada 5 empleos son considerados en alto riesgo de automatización.

Por otro lado encontramos estudios que matizan la magnitud del atribuido riesgo de automatización de los anteriores estudios, hablando de reconversión del trabajo, sin llegar a su sustitución. Es el caso de Arntz, Gregory y Zierahn (2016)<sup>4</sup>, quienes establecen que la media de sustitución potencial de empleos en la OECD sería del 9%.

Las distintas predicciones se establecen entorno al problema del desempleo tecnológico y su magnitud, pero debemos ampliar el análisis de las consecuencias a la vista de varios problemas que podrían surgir entorno al desempleo tecnológico, de los cuales analizaremos los que consideramos más trascendentales.

### **3.2.2.- Consecuencias del desempleo tecnológico a corto plazo**

Los problemas derivados del desempleo tecnológico se podrían materializar en las próximas décadas. El más inmediato podríamos establecerlo en los problemas referentes a la movilidad intersectorial que como hemos podido comprobar ya se dio en el pasado, con el éxodo rural a consecuencia de la revolución agraria. En segundo lugar también consideramos la problemática de la obsolescencia del capital humano, y el decisivo papel del modelo educativo para la adecuación del capital humano al nuevo modelo económico. Finalmente y el más trascendental sería el cambio en el flujo de rentas provenientes de la remuneración de los factores productivos, donde una peor distribución entre los factores de producción crearía una mayor desigualdad y posibles problemas en la demanda de bienes y servicios.

---

<sup>3</sup> En este estudio Frey y Osborne analizaron 702 ocupaciones detalladas y aplicaron un proceso de clasificación gaussiana determinando los trabajos en riesgo de automatización, evaluando la posibilidad de aprendizaje y la movilidad necesaria de una máquina para realizar esa labor.

<sup>4</sup> Obtenido en el informe de la OIT, Future of work centenary initiative, 2016

### *3.2.2.1.- Movilidad intersectorial*

En primera instancia, hablamos sobre la movilidad intersectorial provocada por el veloz ritmo de imposición de los avances tecnológicos. El hecho a destacar es que la generación de empleos relacionados con las nuevas tecnologías se asocia a empleos de mayor productividad respecto a los empleos que reemplazan, por lo tanto la tasa de reemplazo de empleos nuevos por empleos automatizados no es plena y significa el aumento del desempleo. Esta población desempleada se reorientaría hacia otros sectores que requieran mayor cantidad de mano de obra en sus procesos, en este caso el sector servicios, generando un aumento en la oferta de empleo y por tanto unos menores salarios. Los movimientos de mano de obra hacia otros sectores más intensos en trabajo, donde la automatización no está muy introducida actualmente, son un fenómeno que ya llevan experimentando los países más desarrollados y que se conoce como terciarización, la cual hemos visto en el apartado dedicado al sector servicios. A pesar de como se ha comentado anteriormente, cada vez son más los servicios que posibilitan disfrutar de ellos a distancia o minimizando el número de intermediarios necesarios, es el sector terciario el que mayor oferta de empleos podría proporcionar a largo plazo, debido al factor humano en la valoración de un servicio.

### *3.2.2.2.- Obsolescencia capital humano*

En segunda instancia analizamos la obsolescencia del capital humano. La formación de capital humano que se requiere para el funcionamiento de la economía digital y los nuevos empleos dista mucho de la formación que posee gran parte de la mano de obra en la actualidad, pudiendo hablar de obsolescencia del capital humano. Por tanto la adaptación del sistema educativo a las nuevas estructuras constituye un aspecto vital para contrarrestar los efectos del desempleo tecnológico a corto plazo, la cual la analizaremos más adelante.

Son las labores más asociadas al manejo de las nuevas tecnologías, su gestión su mantenimiento y su desarrollo, los empleos que mayor crecimiento están experimentando en los últimos años. A los que debemos sumar las promociones de nuevas tipologías de puestos de trabajo derivados de las nuevas tecnologías. También serán relevantes para el mercado laboral las formas de organización de la actividad productiva, entendida como la reasignación de las labores concretas del proceso productivo, así como el espacio donde se realizarían. Estas dos tendencias son analizadas por el informe para la OIT, Futuro del trabajo, la iniciativa del siglo.

Entre las nuevas actividades que se encuentran en auge destacaríamos las tareas relacionadas con la gestión y el mantenimiento del capital tecnológico, por ejemplo los arquitectos y analistas del Bigdata, una de las tecnologías descritas anteriormente, precisan de especialistas que puedan gestionar dichos sistemas. Por otro lado, las labores de creatividad y diseño adquirirán una mayor dimensión apoyándose en las tecnologías de la computación y sistemas de diseño digital avanzados que aumentan las prestaciones y posibilidades de su actividad o los servicios prestados online. Como se mencionó en la segunda parte, en el apartado del sector servicios, los servicios adquieren cada día una mayor utilidad gracias a las tecnologías de la comunicación, ya que permiten una prestación más cómoda, integra, cercana y rápida de un servicio. En este sentido destacaríamos actividades bancarias, asesoramiento legal y fiscal, comerciales o de ocio, entre otras muchas actividades, como un ejemplo de servicios que en los últimos años han desarrollado una importante plataforma online para su prestación a distancia, es decir sin la necesidad de un lugar físico donde se preste el servicio.

En cuanto a las formas organizacionales, nos estamos refiriendo a las nuevas cualidades que las últimas innovaciones dotan a las estructuras empresariales y sobre las cuales deben reorganizar sus recursos empleados. Entre estas nuevas cualidades destacaríamos la flexibilidad en sus procesos productivos, debido a una disposición más rápida y con datos más fiables de información importante para la empresa, esta podría adaptarse de una forma más eficiente al mercado donde opera. Por otro lado destacamos la diversificación de la economía a niveles macroeconómicos, la cual es necesaria para integrar la mayor cantidad de actividades económicas posibles y así generar amplias posibilidades de trabajos. En un plano microeconómico la especialización en una actividad más concretada, por parte de una empresa, para permitir una mayor ganancia de productividad al centrarse en pocas operaciones en las que se puedan concentrar mayor cantidad de recursos, por ello están surgiendo un nuevo concepto de empresa denominada micromultinacional, una empresa especializada en una labor muy específica, con una plantilla muy reducida y que las tecnologías de la comunicación le permiten servir a cualquier cliente en cualquier parte del mundo.

En cierta medida es la formación del capital humano para los distintos tipos de labores, la que genera un peligroso margen de desigualdad entre los trabajadores, la cual se incrementaría con el paso de los años a mayor ritmo. Contrastamos aquellos empleos cuyo grado de susceptibilidad de ser automatizados es cada vez mayor conforme las

tecnologías lo suficientemente avanzadas tienen capacidad para suplir el trabajo manual obteniendo importantes ganancias en la productividad, calidad y coste del proceso productivo, con respecto a aquellas nuevas labores muy vinculadas a las nuevas tecnologías, que requieren una distinta formación. La brecha se constituye con las diferencias de formación del capital humano entre las dos clases de trabajos. A esto deberíamos añadir lo que Brynjolfsson y McAfee llaman el problema de las “superestrellas”, el cual ellos definen como la mayor capacidad de abarcar cuotas del mercado por parte de aquellas personas o productos más destacados en sus respectivos campos o mercados, desplazando a sus competidores, con menor éxito, fuera del mercado o con una cuota insuficiente para que el desarrollo de su actividad sea posible.

### *3.2.2.3.- La remuneración de factores*

En tercera instancia, analizamos el problema de la remuneración de factores. La tecnología aumenta la productividad de una forma que el factor productivo trabajo no puede hacerlo ya que está limitado por razones físicas, y dicho límite solo se puede ampliar mediante la utilización de herramientas cada vez más sofisticadas. Entonces la tendencia es que las herramientas o maquinas cobran cada vez mayor protagonismo como factor productivo, por tanto reciben mayor remuneración por su participación en el proceso de producción.

Son varios los autores que han observado cierta causalidad de la automatización hacia las variaciones del crecimiento de las rentas de los trabajadores, tal y como podemos observar en la gráfica de la Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos, (gráfico 3.2) donde se compara el crecimiento desde mediados de los años 90 del PIB per cápita de EE.UU. y la renta mediana de las familias estadounidenses. Aquí se compara el crecimiento del total de la producción nacional por persona con el crecimiento de los ingresos obtenidos por la familia en la mediana. No seleccionamos la renta media por la elevada desigualdad existente en EE.UU.<sup>5</sup>. La renta media no permite ver las diferencias entre las distintas rentas obtenidas por la población, por lo que los efectos de la desaceleración del crecimiento de las rentas serían menos evidentes. Los datos demuestran una clara desconexión en los crecimientos de ambas variables puesto que la producción nacional que correspondería por persona si se distribuyera de forma exactamente equitativa, continúa creciendo a un ritmo constante, mientras que la renta mediana que obtiene una familia ha desacelerado su crecimiento a partir del año 2000.

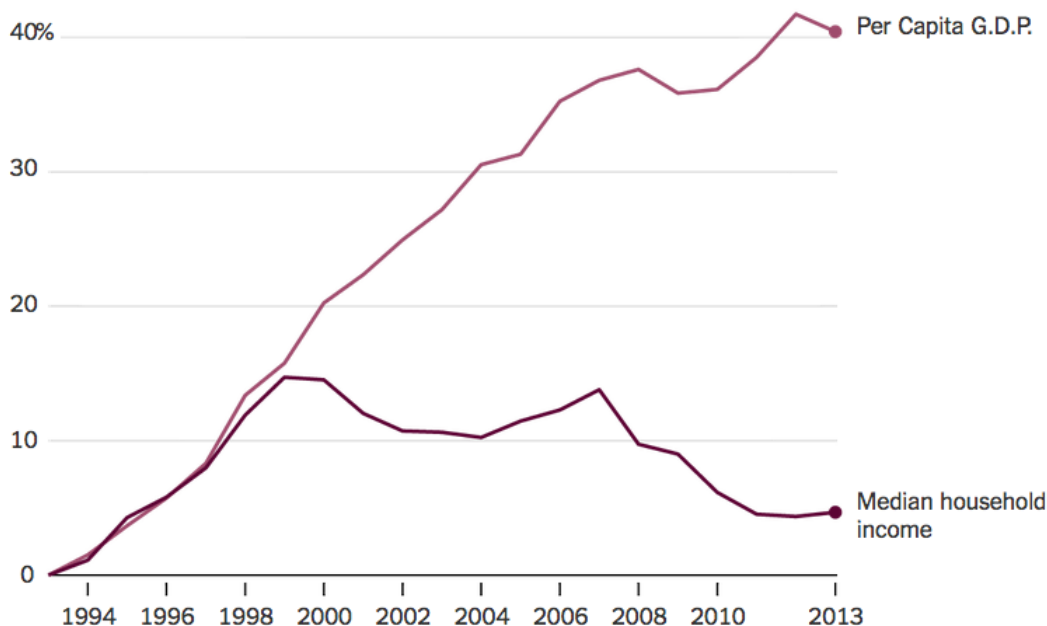
---

<sup>5</sup> Índice Gini para EE.UU. 0,41 Fuente: Banco Mundial (2013)

Autores como Brynjolffson y McAfee (La carrera contra la maquina) (2011) o Martin Ford (El auge de los robots) (2015) asocian esta desconexión a una menor remuneración del factor trabajo en favor de una mayor remuneración hacia la propiedad del capital tecnológico, acorde con el mayor protagonismo que ha adquirido el capital tecnológico, con respecto al trabajo.

**Gráfico 3.2**

**Crecimiento PIB per capita, ingreso mediano, base 1993 EE.UU.**

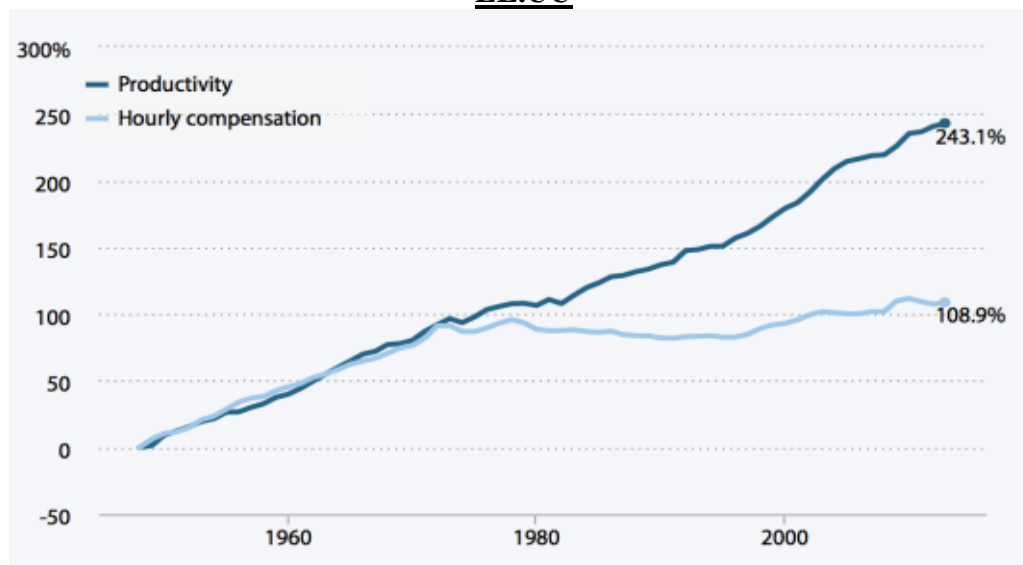


Fuente: Economy policy institute, Recopilado por David Cooper and Lawrence Mishel basados en datos del Bureau of Labor Statistics (BLS), Oficina estadísticas laborales.

También se puede observar en el gráfico 3.3, donde se comparan los crecimientos en EE.UU. de la productividad total de los factores y la compensación media por hora trabajada desde 1948, una desconexión que se aprecia hacia mediados de los años 70, los años de la implantación de las primeras tecnologías autónomas de producción. Esto significa que las ganancias contempladas en la productividad total de los factores ya no se traducen en una ganancia igual en el salario medio de un trabajador (factor trabajo) como ocurría hasta los años 70, puesto que son otros factores los que adquieren mayor relevancia en la producción. Esta variación en la remuneración de factores genera un aumento de las desigualdades en el reparto de la renta, lo que podría desembocar en graves problemas en el comportamiento de demanda a corto plazo.

### Gráfico 3.3

#### **Productividad total de los factores y compensación por hora trabajada, base 1948** **EE.UU**

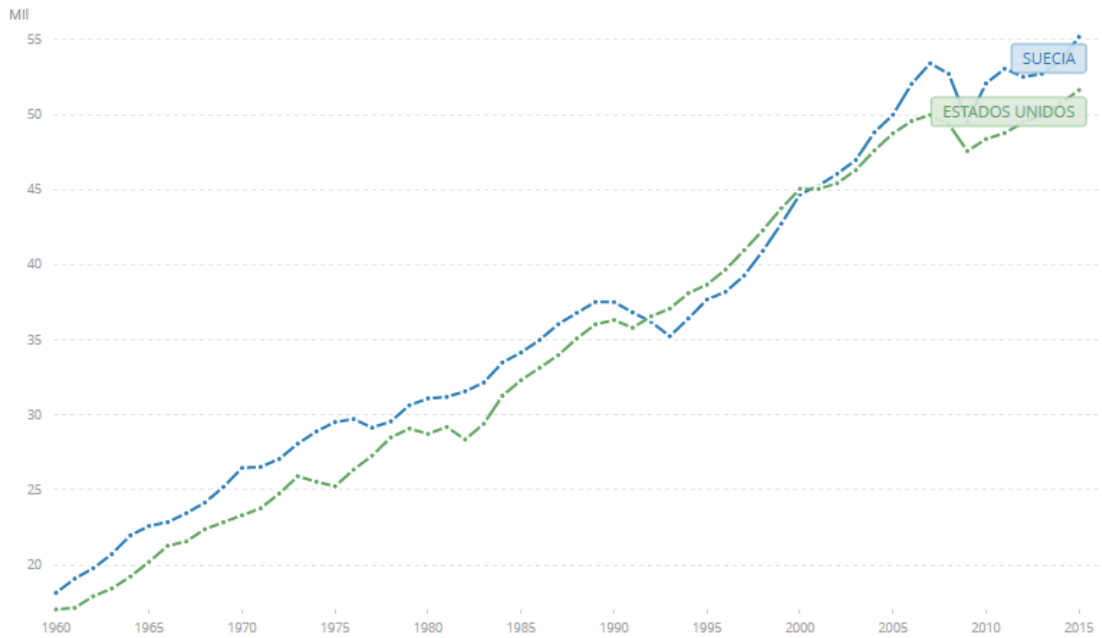


Fuente: *World economic forum, Are we heading towards a jobless future?* Darshan Yadunath Summer Intern, World Bank, basándose en datos de Bureau of Labor Statistics (BLS)

Observando los casos de otros países como Suecia, donde el PIB per cápita ha evolucionado a un ritmo similar al de EE.UU (gráfico 3.4), la renta de las familias ha continuado creciendo a ritmos constantes para el mismo periodo a diferencia de EE.UU., que como hemos visto anteriormente, hay una desaceleración en el crecimiento de los ingresos medianos de los hogares. En el caso de Suecia se considera el crecimiento del salario medio (gráfico 3.5), (no hemos podido obtener salario mediano, pero el índice de Gini en Suecia es 0,27, menor que EE.UU., por tanto la desigualdad existente es menor (Banco Mundial (2012)). Las diferencias de las estructuras económicas de ambos países se observan en el grado de intervención del Sector Público en la economía, entre otros indicadores. Por parte de Suecia, según los datos obtenidos por el Banco Mundial (2015), el gasto público en tanto por ciento del PIB supone un 50,3% en comparación al 35,04% de EE.UU. , esto nos indica que la administración pública y los servicios que provee Suecia están influyendo más en sus resultados económicos respecto a la aportación de la administración norteamericana a los resultados económicos de EE.UU., Aquí se observa la intervención del sector público, un tema del cual hablaremos más adelante como un elemento importante en la corrección de los desajustes originados por la automatización.

**Gráfico 3.4**

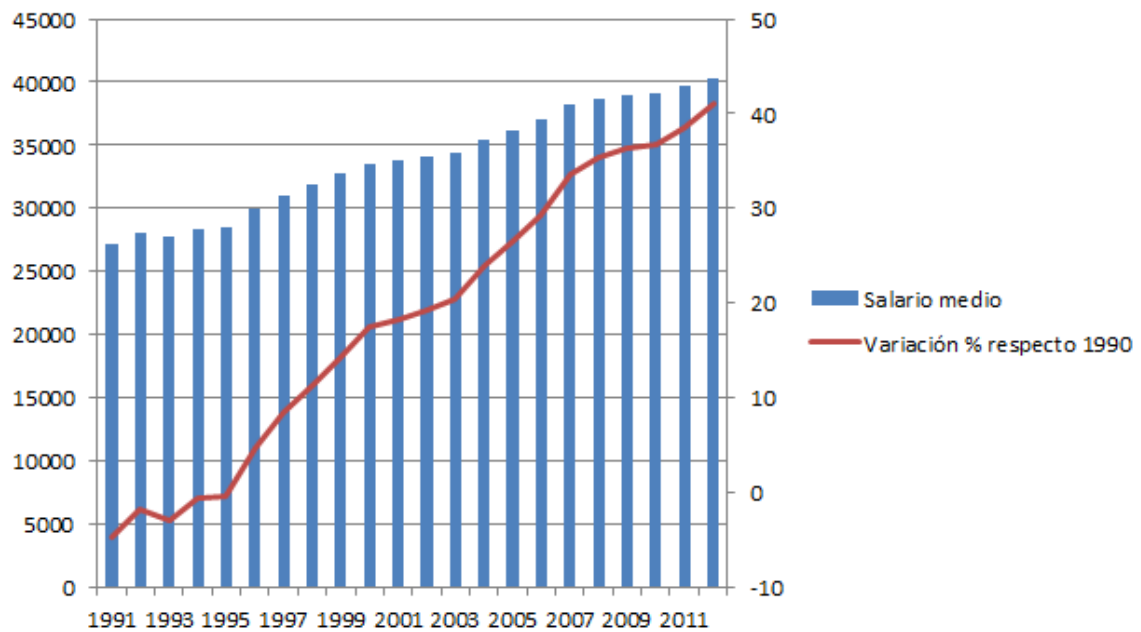
**Crecimiento PIB per cápita Suecia/ EE.UU miles \$ (1960-2015)**



Fuente Banco Mundial, 2015

**Gráfico 3.5**

**Salario medio Suecia 1990-2012**



Fuente: The economic blackboard, 2014



Por otro lado, en el informe de la OIT “El futuro del trabajo la iniciativa centenaria”, se hace referencia a un estudio llevado a cabo por Irmgard Nübler en el año 2016, un caso donde se compara Alemania con Estados Unidos en el cual se enfatiza el mayor crecimiento del stock de robots en Alemania pero las pérdidas de empleo netas en el sector de las manufacturas es mucho menor, comparado con Estados Unidos. En este caso no se especifica los motivos, pero la diferenciación de los productos alemanes en lo referente al sector industrial más importante de ese país como es la automoción y sus componentes, podría ser parte de esta explicación.

En consecuencia, una de las principales cuestiones que plantea el desempleo tecnológico en el medio plazo es hasta qué punto puede llegar este proceso y de como mantener el “statu quo” del flujo de rentas, que permite el funcionamiento del sistema económico capitalista, sin que este desajuste suponga paralizar o actuar contra la creciente tendencia hacia la automatización del sistema productivo.

### **3.3.- EL RETO DEL ESTADO: EL PAPEL Y LA RESPUESTA DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS A LAS CONSECUENCIAS DE LA AUTOMATIZACIÓN.**

Los efectos de la automatización, no solo se limitan a los cambios en estructuras productivas o en la composición y características del mercado laboral, sino que también se extienden a ámbitos de otra índole, planteando incógnitas que podrían darse en el largo plazo, derivadas de los problemas anteriormente analizados.

Uno de los papeles más puestos a debate y muy importante, en este reto de la automatización, es la intervención del Estado en la nueva situación económica, ya que se trata del agente económico encargado de intervenir en aquellos problemas cuya importancia se ha destacado anteriormente, como es la educación y la desigualdad. Por tanto las reformas en su política fiscal y presupuestaria, deberá considerar este hecho, dado que la composición de ingresos y gastos, podría verse seriamente alterada. También la aplicación de políticas laborales, que encuentren el equilibrio adecuado entre innovación económica y generación de empleo mediante la creación de incentivos oportunos. Finalmente, mantener el flujo de rentas del trabajo, que constituye el elemento central de nuestro sistema económico, en el caso de que su reducción llegara a ser muy considerable, habría que explorar otras opciones que mantuvieran el flujo de la renta en funcionamiento, porque una situación, como la analizada anteriormente en la remuneración de los factores, no predominarían las rentas del trabajo. Esto causaría un

problema importante dado que las rentas del trabajo suponen la principal fuente de ingresos para casi toda la población, un hecho que se da en todos los países del mundo y la garantía o adecuada sustitución por otro tipo de rentas debe ser considerada.

### **3.3.1.- Áreas de intervención del Estado**

Como se ha mencionado al principio de este apartado, un problema directo de la incorporación de las innovaciones al proceso productivo, es la remuneración de los factores productivos. Ante la situación de una menor remuneración del factor trabajo, podríamos asistir a una precarización del mercado de trabajo, o una situación de una considerable parte de la población desempleada, ambas situaciones no serían nada deseables para la estabilidad y el desarrollo económico. Por tanto, a continuación ofrecemos un marco sobre las áreas donde el sector público tendrá que legislar y adecuar a los problemas que plantearían el reto de la automatización.

#### *3.3.1.1.- Legislación laboral*

En primer lugar adecuar la legislación laboral a un plano donde la automatización sería el factor productivo dominante, debe ser un punto a tratar por las administraciones públicas. La variedad de opiniones en esta materia es evidente, desde posiciones más favorables a la estabilidad del trabajador, hasta posiciones más acordes con la liberalización del mercado de trabajo.

Sobre este aspecto Brynjolfsson y McAfee (La carrera contra la máquina, 2011) plantean que se ha de tener en cuenta que una baja flexibilidad del mercado de trabajo y unos altos costes de despido, obstaculizan la contratación de nuevos trabajadores. Esto se debe a que la amortización de las inversiones realizadas en la adquisición de más capital tecnológico, resultaría más rentable que la contratación de nueva mano de obra. Por ello proponen un fomento de la contratación de trabajadores a través de un sistema de incentivos fiscales como la reducción de las cargas de la seguridad social o la exención de impuestos por contratación de desempleados de larga duración, además ante lo que supondría una pérdida de ingresos para el Estado por la aplicación de estos incentivos, proponen compensarlas con la aplicación de impuestos medioambientales. Esto según ellos significaría apostar por la combinación entre capital humano y capital

tecnológico para obtener un mayor rendimiento y además de mayor empleo sería una posibilidad.

La reducción de la jornada laboral por motivos estructurales (aumentos de la productividad) es un factor del cual se está hablando también como posible solución, economistas como J. Stiglitz, P. Krugman o David Anisi, entre otros, han sido más partidarios hacia esta opción. Históricamente la reducción de la jornada laboral ya se ha venido realizando desde finales del siglo XVIII. Por ejemplo en el caso de Reino Unido se pasó de una jornada laboral por trabajador media de 11 horas diarias en 1785 a una jornada media de 6 horas diarias en el año 2000 (A. Maddison, *The World Economy: A millennial perspective*, OCDE, 2011), ello no significó una caída de los niveles de producción porque fueron compensadas por aumentos en la productividad fruto de los avances tecnológicos como se ha comentado anteriormente. El mismo estudio revela el dato del PIB per cápita, en dólares de 1990, y se observa el paso de 1500 dólares en 1795 a casi 20000 dólares en el año 2000

### *3.3.1.2.- El sistema educativo*

En segundo lugar, se contempla la adaptación del sistema educativo. El Estado debe reorganizar sus recursos destinados a la educación enfocándola hacia un objetivo de generar capital humano útil y capaz de integrarse con facilidad en el mercado laboral. Como se ha comentado en el apartado anterior sobre los problemas a corto plazo, uno de ellos era las desigualdades que podrían existir en el capital humano por el aspecto de la formación, la reorientación de aquel capital humano con capacidades obsoletas o sustituidas por la automatización y la formación del nuevo capital humano, debe basarse en la asociación con las nuevas tecnologías, una enseñanza de su correcto uso y de las capacidades instructivas que pueden contener además de fomentar el uso de distintas plataformas existentes creadas con el objetivo de la diseminación del conocimiento y el autoconocimiento. Las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, en el campo de la formación y la investigación, las cuales disponen de una cantidad de información y de recursos nunca antes vista, deben de ser aprovechadas en la mayor medida posible, pues gran parte del diferencial entre una mayor y una menor calidad del capital humano se corresponde con el manejo de las nuevas tecnologías.

### *3.3.1.3.- Legislación fiscal*

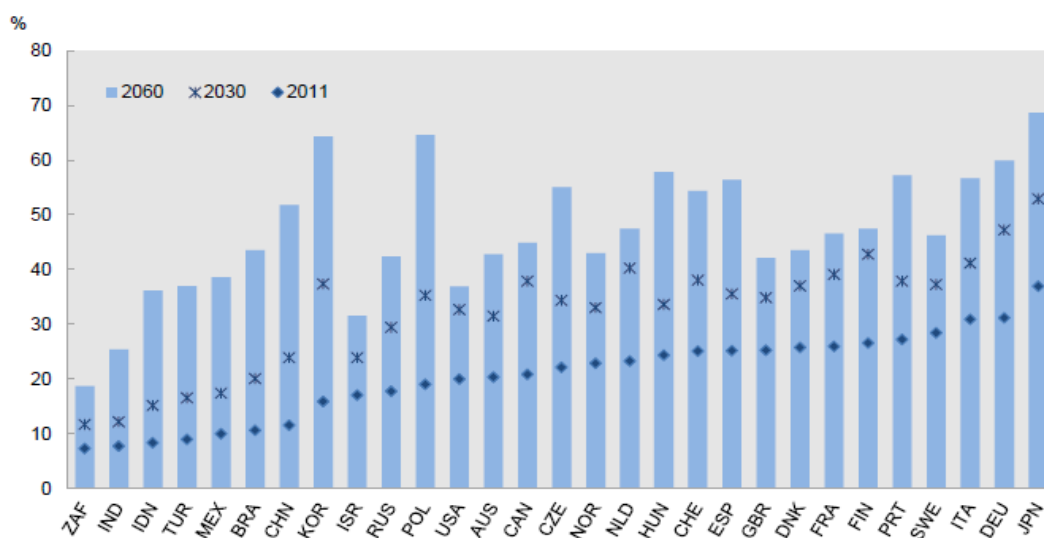
En tercer lugar y siguiendo la cuestión de las remuneraciones de los factores productivos, anteriormente comentada, la tendencia de estos últimos años a la concentración de las rentas en la propiedad o capital, en detrimento del empleo, se daría pie a la realización de reformas en las políticas fiscales con el objetivo de optimizar la recaudación y dotar a la administración pública de suficientes recursos para la implantación de políticas de respuesta al reto de la automatización. También con el objetivo de evitar lo que podría generar graves problemas de un aumento de la evasión fiscal ya existente, dado que las bases sobre las que recaería la imposición, tendrían una elevada movilidad, debido a la acumulación en la propiedad del capital tecnológico, que privarían de unos recursos, muy necesarios, para el sustento del sector público, de los distintos Estados. Las políticas fiscales conjuntas, también denominadas armonización fiscal, serían una posible solución, aunque el proceso de implantación sería costoso dado que una coordinación a nivel supraestatal de la política fiscal limitaría la capacidad de los Estados de gestionar sus propias políticas fiscales, un aspecto que restaría poder a los gobiernos centrales y por la cual podrían rehusar de esta armonización fiscal. En el caso de que resultara, sería una medida muy eficiente puesto que reduciría considerablemente la competencia fiscal interestatal y las prácticas de atracción desleal de empresas con actividades en otros países (Europa.eu, Temas. Impuestos). Un caso famoso es la tributación de la empresa de equipos electrónicos y software, norteamericana, Apple Inc., la cual tributa en Irlanda obteniendo importantes ahorros fiscales y por los cuales ha recibido cuantiosas sanciones impuestas por la comisión europea.

### **3.3.2.- Los cambios demográficos**

Además del papel del Estado, también debemos tener en cuenta el comportamiento de las estructuras demográficas de los países desarrollados, según el informe de la OECD “Enabling the next production revolution”, tanto las tendencias como las expectativas (gráfico 3.6), muestran unos altos niveles de envejecimiento de la población y ello supone un hecho nunca antes presenciado, por tanto también marcará un punto determinante en la evolución económica, en los países desarrollados por el momento.

**Gráfico 3.6**

**Porcentaje de población mayor de 65 años, respecto al total de la población comprendida entre 15 y 64 años**



Fuente: OECD (2012), Mirando a 2060: Una visión global del crecimiento a largo plazo

El cambio se va a ver reflejado tanto en la oferta de factores de producción, con una reducción de la población activa, como en la demanda de bienes y servicios.

Esto afectaría seriamente al sistema de jubilaciones y por ende al papel del Estado como garante del sistema de pensiones, el cual recaudaría menos ingresos provenientes de cotizantes y aumentarían los gastos de pensiones. Sin embargo este hecho se complementa con los aumentos de la productividad, obtenidos por la implantación progresiva de las nuevas innovaciones y tecnologías en todos los sectores, que venimos comentando durante todo el trabajo, las cuales permitirán el aumento del producto por trabajador y por tanto una mejora de la capacidad por trabajador de sostener el sistema actual de pensiones.

Por otro lado las variaciones en los tipos de bienes y servicios demandados por la población (aumento de la demanda de servicios sanitarios, aumento de la demanda de ocio, reducción de los servicios educativos), serian compensadas por la mejora de la flexibilidad de la producción otorgada por las mejoras tecnológicas.

## 4- CONCLUSIONES

Como hemos podido apreciar, el progreso tecnológico ha causado importantes cambios en la estructura económica, a lo largo de la historia y el avance y la profundidad de estos cambios son cada vez mayores a causa de la mayor capacidad de las tecnologías para suplir al ser humano en las labores de producción, de forma autónoma en cada vez más casos. Se ha analizado la principal consecuencia directa de la automatización, el desempleo tecnológico, así como otras consecuencias derivadas, aportando varios informes de importantes organizaciones como la OIT o la OCDE que resaltan el alcance y la importancia que podría suponer el desempleo tecnológico para el sistema económico. Por otro lado, también destacamos cómo la obsolescencia del capital humano y el consecuente cambio en la remuneración de los factores podrían dar lugar a un aumento de la desigualdad, tanto por el aspecto de la formación, como por las posibles divergencias entre rentas de capital y del trabajo. Finalmente se ha concluido con un análisis del papel del Estado, de los posibles campos sobre los que debe actuar.

La orientación de gran parte de los informes económicos de importantes instituciones mencionadas anteriormente, la OCDE o la OIT, entre otros, hace hincapié en el aspecto de la creación de nuevos empleos que reemplacen a los empleos en riesgo de ser automatizados y mantener una gran parte de la población activa empleada. Una idea un tanto contradictoria puesto que la creación de los nuevos tipos de empleos, fruto de las nuevas tecnologías que están aumentando la productividad por trabajador, son empleos de elevada productividad consecuentemente, por tanto la capacidad de reemplazo de los empleos automatizados sería limitada en este sentido. Por ello mi opinión es más favorable a pensar que será el sector servicios, y de hecho es el que lo está siendo, el sector que absorba los excedentes de la mano de obra procedente de actividades automatizadas. Me baso en dos conceptos, el primero de ellos el carácter de la utilidad de un servicio, en el cual el factor humano, la calidad de prestación del servicio por parte de una persona hacia un cliente, se considera más determinante que en otros tipos de sectores, puesto que una parte considerable de los servicios prestados son de forma “in situ”, es decir de forma presencial entre oferta y demanda, por tanto la valoración de

una mayor o menor calidad de un servicio lo puede decidir el factor humano. El segundo concepto es la creciente tendencia mundial hacia el consumo de actividades relacionadas con el ocio, las artes y la cultura, como pudimos observar en el ejemplo del gráfico de la evolución del turismo mundial en el apartado dedicado al sector servicios, en la primera parte, lo que nos indica la capacidad de expansión del sector terciario en el corto plazo.

En este aspecto, la propuesta de la reducción de la jornada laboral, planteada por varios expertos del campo de la economía, iría encaminada hacia el mayor consumo de ocio y la promoción de los empleos relacionados con este sector. Esto aumentaría la cantidad de empleos donde el factor humano, como comentamos anteriormente, juega un papel muy importante en la elección del consumo de un bien o servicio, de esta categoría.

Posiblemente el efecto de la automatización de las labores de producción no se está imponiendo al ritmo potencial al que podría imponerse, en este caso el ritmo real es menor. La explicación podríamos localizarla en el coste de la inversión inicial en la que debe incurrir una empresa para automatizar su proceso, puesto que las empresas pueden enfocar su criterio en que la capacidad de amortización del capital tecnológico, es decir la capacidad de recuperación de la inversión con la actividad de los activos tecnológicos adquiridos, no es lo suficiente alta como para realizar esa importante inversión por el momento. Las ganancias de competitividad, que proporciona la automatización son certeras, pero esa productividad supone realizar una elevada inversión inicial, por ello la reducción de costes que han facilitado los procesos de globalización y deslocalización de la actividad productiva ofrecen una solución menos arriesgada y menos costosa para la empresa, pero ello no quiere decir que llegue un momento en el que la productividad que proporcione la automatización del proceso productivo, reporte mayor utilidad respecto a la reducción de costes por la deslocalización.

Además, debe tenerse en cuenta que las reacciones en los mercados de trabajo, incluso entre países desarrollados, son distintas (véase comparación entre Suecia y EE.UU. apartado 3). En los empleos en riesgo de automatización puede existir un factor que retrase o ralentice ese proceso de automatización y es la diferenciación del producto, un producto de una calidad superior por el cual el consumidor está dispuesto a pagar un precio más elevado, cubriendo unos costes de producción más elevados.

otro lado, un punto muy importante a considerar serían las medidas a tomar para evitar las consecuencias derivadas de la obsolescencia del capital humano y el cambio en la remuneración de factores, en los cuales el Estado debe plantear una serie de respuestas efectivas tanto en su política educativa como en sus planteamientos fiscales.

Una de las principales impresiones que extraigo de la elaboración de este trabajo es la poca repercusión mediática que se le está dando a este tema y lo poco considerado que está en la toma de ciertas decisiones de carácter económico. Los efectos se están empezando a notar y la velocidad de estos sugiere la necesidad de reaccionar de forma rápida, con la finalidad de beneficiarse del proceso de automatización y no generar problemas económicos, laborales y sociales.

Por ello la mayor implicación tanto de las administraciones públicas como de la sociedad es fundamental para ver que la automatización cada día es más factible y que la reorientación en el plano laboral y formativo, así como el aprendizaje del uso de las nuevas tecnologías, es vital para conseguir una sociedad capaz de obtener más beneficios que consecuencias negativas del progreso tecnológico.



## BIBLIOGRAFIA

- . Banco Mundial, World Development Indicators database.  
<http://databank.bancomundial.org/data/home.aspx>
- . Brynjolfsson, E. McAfee, A. (2011): La carrera contra la máquina, Antoni Bosch editor
- . De Backer, K., Desnoyers-James I. and Moussié L. (2015) “Manufacturing or Services – That is (not) the Question: The Role of Manufacturing and Services in OECD Economies” OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, N° 19, OECD
- . Expansion.com (febrero 2017): BP estudia el impacto del 3D en el crudo  
<http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2017>
- . FAO, estadísticas/base de datos,  
<http://www.fao.org/statistics/databases>
- . FAO (2000), El estado mundial de la agricultura y la alimentación.
- . Forbes México (2017): Cuatro industrias que son el futuro laboral para México  
<http://www.forbes.com.mx/los-5-sectores-que-impulsaran-mexico-en-2015/>
- . Ford, M. (2015): El auge de los robots, ediciones Paidós
- . Frey, C.B. Osborne, M.A. (2013): The future of employment: How susceptible are jobs to computerization.  
[http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment)
- . Fundación para la innovación Bankinter (2015): Bigdata el poder de los datos,  
<https://www.fundacionbankinter.org/es>
- . Grigg, D. (1982): The Dynamics of Agricultural Change, the Historical Experience, London, Hutchinson.
- . Gutiérrez Hurtado, J. (2011): La urbanización del mundo.  
<http://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Analisis/2011>
- . ILO (2016), Future of work centenary initiative, issue paper
- . Maddison, A. (2011): The World Economy: A millennial perspective, OCDE,
- . Marx, K. (1867): El capital, editorial Akal
- . OCDE (2015): Enabling the next production revolution: issues paper

- . Rifkin, J. (1995): The End of Work. The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era, G.P. Putnam's Sons
- . Santandertrade: Corea del Sur: política y economía (2017).  
<https://es.portal.santandertrade.com/analizar-mercados/corea-del-sur/politica-y-economia>
- . Unión Europea, Europa.eu/Temas/Impuestos (2015)  
[https://europa.eu/european-union/topics/taxation\\_es](https://europa.eu/european-union/topics/taxation_es)
- . UNTAD (2016): Robots and industrialization in developing countries, N° 50 policy brief