



Universidad de Valladolid

**Facultad de Ciencias Económicas y
Empresariales**

Trabajo Fin de Grado

Grado en Economía

**“Inteligencia artificial y crecimiento
económico”**

Presentado por:

Saúl Fernández González

Tutelado por:

Julio López Díaz

Valladolid, 1 de julio de 2025

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado estudia el impacto de la Inteligencia Artificial sobre el crecimiento económico, así como sus implicaciones sobre el empleo y las disparidades en la adopción tecnológica entre países, entre otras. Para ello, se abordan tanto fundamentos teóricos como evidencia empírica. En primer lugar, se contextualiza el concepto de Inteligencia desde una perspectiva filosófica y se repasa la evolución histórica de la IA hasta su estado actual. A continuación, se analizan distintos enfoques económicos, desde los modelos clásicos de producción de bienes hasta modelos basados en tareas, como los propuestos por Trammell y Korinek, que ayudan a entender cómo la IA modifica las funciones de producción. En la parte empírica se examinan los efectos reales y esperados de la IA sobre el crecimiento económico y otras variables relevantes, a partir del informe de la OCDE (2024). El trabajo concluye que, aunque la IA presenta retos significativos, puede convertirse en un motor del desarrollo económico siempre que se acompañe de un marco de políticas públicas que favorezca una transición sostenible e inclusiva.

PALABRAS CLAVE: IA, crecimiento económico, productividad, disparidades.

ABSTRACT

This Final Degree Project studies the impact of Artificial Intelligence on economic growth, as well as its implications for employment and disparities in technological adoption across countries, among other aspects. To this end, both theoretical foundations and empirical evidence are addressed. First, the concept of Intelligence is contextualized from a philosophical perspective and the historical evolution of AI up to its current state is reviewed. Then, various economic approaches are analyzed, ranging from classical models of goods production to task-based models, such as those proposed by Trammell and Korinek, which help to understand how AI modifies production functions. The empirical section explores the current and anticipated effects of AI on economic growth and other relevant variables, based on the OECD report (2024). The project concludes that, although AI presents significant challenges, it can become an engine of economic development provided it is accompanied by a public policy framework that favors a sustainable and inclusive transition.

KEY WORDS: AI, economic growth, productivity, disparities.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.	5
1.1. Importancia del tema objeto de estudio.	5
1.2. Interés personal en la materia.	5
1.3. Objetivos y estructura del trabajo.	6
2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.	7
2.1. Orígenes.	7
2.1.1. Inteligencia.	7
2.1.2. Desarrollo IA.	7
2.2. Estado actual.	10
3. MODELOS DE CRECIMIENTO ECONÓMICO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.	14
3.1. Modelo de referencia.	14
3.1.1. Producción y participaciones de factores.	14
3.1.2. Crecimiento exógeno.	15
3.2. La IA en modelos básicos de producción de bienes.	16
3.2.1. La IA y la productividad del capital.	16
3.2.2. Sustitución imperfecta.	16
3.2.3. Sustitución perfecta.	18
3.2.4. Impactos en el crecimiento a través de impactos en el ahorro.	20
3.3. IA en modelos basados en tareas de producción de bienes.	22
3.3.1. Introducción del marco basado en tareas.	22
3.3.2. Automatización de tareas.	24
3.3.3. Creación de tareas.	27
3.3.4. Reemplazo de tareas.	28
4. EFECTOS DE LA IA SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO.	32
5. CONCLUSIONES.	37

BIBLIOGRAFÍA.....	39
--------------------------	-----------

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y CUADROS

Figura 1. Curva J de Productividad.....	33
Figura 2. Ventaja de las economías avanzadas en preparación ante la IA.	35
Figura 3. Porcentaje de trabajadores que reportan mejoras gracias a la IA en desempeño, disfrute laboral y salud.....	36

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Importancia del tema objeto de estudio.

La Inteligencia Artificial (IA) constituye uno de los avances tecnológicos más determinantes de nuestra era. Su relevancia actual no solo se explica por sus capacidades técnicas, sino por su potencial para transformar profundamente la estructura productiva, la organización del mercado laboral y las dinámicas del crecimiento económico. Lejos de ser una simple herramienta de automatización, la IA redefine el papel del trabajo humano al sustituir, complementar o reconfigurar tareas que tradicionalmente eran desempeñadas por personas. Este fenómeno plantea importantes desafíos y oportunidades en términos de eficiencia, distribución de la renta, generación de valor y convergencia económica entre países, además de provocar efectos sustanciales sobre variables sociales clave como el empleo y la desigualdad.

La magnitud de estos impactos exige que el análisis de la IA trascienda el plano meramente tecnológico y se aborde desde una perspectiva económica rigurosa, que contemple tanto sus efectos inmediatos como sus implicaciones estructurales a largo plazo. En este sentido, el presente trabajo parte de la premisa de que la IA debe ser comprendida no solo como una innovación técnica, sino como un auténtico factor de transformación estructural en la economía contemporánea.

1.2. Interés personal en la materia.

El principal motivo que me llevó a elegir este trabajo fue el interés por analizar en profundidad cómo los avances tecnológicos, y en particular la Inteligencia Artificial, están transformando y redefiniendo los sistemas económicos actuales. La IA está provocando cambios significativos en áreas clave como las estructuras productivas, el mercado laboral y la distribución del conocimiento y la tecnología entre países, con implicaciones directas sobre la dinámica económica global. Esta investigación parte, por tanto, de la inquietud por comprender los efectos reales y potenciales de la IA sobre el crecimiento económico, tanto desde una perspectiva nacional como internacional. Además, el estudio de esta temática representa una síntesis entre mi interés por la

macroeconomía y la curiosidad por los continuos desarrollos tecnológicos que caracterizan nuestra época.

1.3. Objetivos y estructura del trabajo.

El propósito principal de este trabajo es examinar, desde diversas perspectivas, el impacto decisivo que la Inteligencia Artificial y su constante evolución ejercen sobre el crecimiento económico, tanto a nivel microeconómico como macroeconómico. Para abordar este análisis de manera integral, el trabajo se organizará de la siguiente manera: En el apartado 2 se presenta de manera breve y concisa el concepto de Inteligencia, analizando su sentido filosófico y su interpretación moderna, para luego profundizar en sus orígenes y analizar su evolución hasta alcanzar la configuración que presenta en la actualidad. El apartado 3 estudia el impacto económico de la IA desde una perspectiva teórica. Para ello, se analizan dos marcos analíticos distintos: por un lado, los modelos tradicionales de producción de bienes; por otro, los modelos de producción basados en tareas, los cuales ofrecen una comprensión más precisa de cómo la Inteligencia Artificial puede reemplazar o complementar las tareas desempeñadas por el trabajo humano. Ambos enfoques se desarrollan a partir de los planteamientos de Trammell y Korinek. El cuarto apartado trata de analizar estos impactos desde una perspectiva más empírica, basándonos en el informe de la OCDE *The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth* (2024). En el último apartado se presentan las conclusiones.

2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

2.1. Orígenes.

2.1.1. Inteligencia.

Considero que antes de abordar la cuestión que atañe al nacimiento de la Inteligencia Artificial (IA) y su consiguiente desarrollo es preciso entender previamente qué es la inteligencia y para ello es preciso hablar de la aportación aristotélica sobre la misma.

Hoy en día entendemos la inteligencia como la capacidad de los seres humanos para entender o comprender y resolver problemas (Gardner, 1983; Sternberg, 1985), pero el cultivado filósofo del siglo IV a.C no se limitaba a esas cuestiones, sino que iba más allá, postulando que la inteligencia nos permite discernir lo verdadero de lo falso, es decir, comprender la realidad y además también nos habilita para actuar de acuerdo con la razón (Aristóteles, citado en Copleston, 1993). El acto de pensar en la filosofía aristotélica está determinado por la razón y esta es una característica exclusiva de los seres humanos y la que a su vez nos convierte en tales.

Partiendo de la base aristotélica, hablar de la IA no tendría sentido porque la inteligencia no puede ser artificial, sino que es algo propio del individuo, que nace del mismo, y no algo que se genere de forma extrínseca a él. Por tanto, llegaríamos a la conclusión de que es el hombre el que controla y sienta las bases de conocimiento de la IA ejerciendo un dominio sobre la misma y esta no podría surgir motu proprio. Sin embargo, el gran desarrollo tecnológico de los últimos años parece ser lo suficientemente potente como para hacer pensar que en un futuro no muy lejano las máquinas serán capaces de pensar por sí mismas, quedando en entredicho la noción aristotélica que aborda este asunto.

2.1.2. Desarrollo IA.

Una vez hecha esta valoración inicial, nos centraremos en los orígenes de la IA, sus desencadenantes y cómo ha evolucionado hasta nuestros días.

Para entender el nacimiento de la IA debemos remontarnos a la década de los treinta del siglo pasado, dada la estrecha relación que presenta con las ciencias de la computación, siendo la Máquina de Turing la que sentaría la base teórica de las mismas

y que consistía en una máquina calculadora de capacidad infinita (Turing, 1936; Russell & Norvig, 2020). No obstante, el desarrollo durante esta década y la de los cuarenta fue escaso, hasta que en la década de los cincuenta se dio el pistoletazo de salida gracias al artículo “Computing, Machinery and Intelligence” de Alan Turing (1950), considerado uno de los padres de la IA. Este artículo incluye el denominado Test de Turing, que planteaba la cuestión de hasta qué punto una máquina puede emular la inteligencia humana, es decir, trata de determinar si una máquina es inteligente o no.

El siguiente acontecimiento de gran calado acerca de la IA tuvo lugar también en la década de los cincuenta, la Conferencia de Dartmouth, celebrada en 1956 en la Universidad Dartmouth College de Nuevo Hampshire. En ella se definieron las directrices y líneas de acción futuras en el ámbito de la IA, siendo en este mismo año cuando por fin a esta ciencia se la bautizó como tal. Esta reunión científica en Dartmouth acabaría sentando las bases para lo que vendría décadas después (Crevier, 1993; Russell & Norvig, 2020).

Desde la consagración de la IA en 1956, se genera un gran optimismo y se llevan a cabo proyectos muy ambiciosos a muy rápida escala, donde cabe destacar que los primeros trabajos relacionados con esta disciplina son eminentemente matemáticos, muy asociados con el razonamiento formal, la teoría de la información y la cibernética. Son años de auge de la IA, en la que se produce una elevada inversión dadas las elevadas expectativas depositadas en esta disciplina tan innovadora. Entre los principales proyectos destacan: 1- Red Neuronal Perceptrón; 2- sistema conversacional Eliza; 3- lenguaje de programación LISP; ...

Se fue avanzando progresivamente hasta mediados de los setenta aproximadamente, desarrollando cada vez sistemas más complejos, programas especializados concebidos para imitar la experiencia humana en campos específicos. Sin embargo, a pesar del rápido avance de la IA y los grandes flujos financieros para maximizar su crecimiento, a finales de los setenta-principios de los ochenta se produjo el denominado “invierno de la IA” que recibe su nombre de la congelación de los flujos dirigidos a su financiación, caída muy fuerte de las inversiones debido a que el interés fundamentado en las altas

expectativas fue disminuyendo a raíz de varias causas entre las que destacan (Hendler, 2008; Crevier, 1993):

- Promesas poco realistas, en cuanto se garantizaba un mayor progreso en los sistemas y procesos del que realmente se podía lograr para aquel entonces. Relacionado también con la falta de realismo en la resolución de los problemas o cuestiones planteadas, en tanto que era más complejo de lo que se concebía inicialmente.

- Los sistemas existentes no eran tan buenos como se decía y tenían aún muchas limitaciones, como por ejemplo en el sentido de que se quedaban cortos en el manejo de tareas más allá de su ámbito predefinido.

A pesar de estos periodos de dificultades, ya más entrada la década de los noventa se siguió investigando y avanzando en el campo de la IA, se recuperó el interés por la misma, aunque a un ritmo quizá no tan acelerado como en etapas previas y sobre todo primeros años de auge.

Podríamos pensar que esta sería una etapa más centrada en la recuperación del estancamiento previo, sin prácticamente avances notorios, pero lo cierto es que estamos hablando de la edad de oro de la IA, donde se produjo su mayor desarrollo y una clara explosión de sus capacidades. Se fue recuperando la inversión y la gran expansión vino provocada por dos razones: por un lado, la digitalización produjo grandes cantidades de datos que podían ser procesados para obtener valor de ellos; y por otro y más importante, se produjo un elevado incremento de la capacidad computacional de los ordenadores (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Hablamos, por tanto, de la disponibilidad de grandes cantidades de datos y los avances en la potencia informática, que permitieron a los investigadores evolucionar los algoritmos de aprendizaje y consolidar las bases de la IA del presente.

Un avance de gran calado fue el surgimiento del superordenador Deep Blue en 1997, que venció al por entonces campeón del mundo Garry Kasparov en una partida de ajedrez, la IA definitivamente se había consagrado y sentaba el precedente para los grandes avances tecnológicos que se verán a lo largo del siglo XXI (Campbell, Hoane & Hsu, 2002).

2.2. Estado actual.

El estado actual de la inteligencia artificial se caracteriza por la búsqueda de soluciones cada vez más cercanas a la inteligencia humana. Hoy en día, la IA se compone de un conjunto de conocimientos que, aunado a un entrenamiento previo, permite arrojar un resultado. Si bien esto es un logro bastante impresionante, el objetivo actual es mucho más ambicioso.

Los profesionales de la inteligencia artificial trabajan en aprendizaje profundo para crear algoritmos capaces de reconocer datos y aprender a través de ejemplos. Con esto se busca que la IA sea capaz de integrar habilidades propias del comportamiento humano para generar respuestas más personalizadas.

Con el cambio de siglo se siguieron sucediendo numerosos avances en el campo de la Inteligencia Artificial que afectaron a diversas áreas y disciplinas, pero es importante centrarse en el ámbito que es materia de estudio de este trabajo y es aquel que versa sobre la relación existente entre la Economía y la IA, en cómo la evolución de esta última ha generado un impacto determinante en la configuración económica y su desarrollo, así como las posibles previsiones que se pueden barajar.

Es innegable que los nuevos avances en materia tecnológica han supuesto una elevada reducción de tiempos en tareas rutinarias empresariales como pueden ser la elaboración de facturas, elaboración de informes, manejo de datos de diversa índole y multitud de tareas contables, entre otras. Esto ha permitido a los empresarios reducir costes. Se ha producido un fenómeno de automatización. Cada vez más, tareas relacionadas con la disciplina económica son menos susceptibles de trabajo humano, lo que ha llevado consigo un aumento de la destrucción de puestos de trabajo, que ahora son desempeñados por estos nuevos “entes pensantes”, lo que nos lleva a plantearnos: “¿Hasta qué punto la IA puede sustituir la labor humana? ¿Acaso todos acabaremos siendo sustituidos por ‘máquinas’ en unos años?”.

Lo cierto es que la sustitución ya ha empezado y esto es algo que venimos apreciando los últimos años y no ha sido más que el inicio y es que según Pérez (2024) se prevé que la IA destruirá 400.000 empleos en la próxima década en territorio español, siendo el

comercio, las actividades administrativas y la hostelería los principales afectados. Pero no todo es negativo, puesto que el avance de la IA también trae consigo la creación de nuevos puestos de trabajo y complementará, a su vez, trabajos ya existentes, mejorándolos y aumentando su productividad, lo que permitiría el incremento salarial percibido por aquellos trabajadores que se ven beneficiados por estos efectos positivos de la IA en su actividad laboral.

En términos de la relación IA-mercado laboral, podemos concluir, inspirándonos en Georgieva (2024), que no hay un único efecto unidireccional sino que depende: en puestos laborales que no cuenten con presencia de IA, su implementación contribuirá a la mejora del desempeño laboral de los trabajadores aumentando su productividad y por ende sus salarios, hasta llegar a cierto punto en el que esa relación se maximizaría y el empleo de más IA a partir de ese punto sería contraproducente, pues implicaría una sustitución de trabajadores/capital humano por las nuevas tecnologías, destruyéndose gran cantidad de puestos de trabajo y se llegaría a un punto de desaparición total de actividad humana.

Visto el impacto de la IA en el mercado laboral, otro ámbito económico importante que concierne a las mismas es algo tan clave y básico como su contribución al propio crecimiento del PIB, esto es, su contribución al crecimiento económico. Sería interesante aprovechar para enlazar este tema con un concepto más amplio que el simple desarrollo económico intrínseco al propio país, con algo global como es la convergencia entre distintas economías a nivel mundial.

Como ya se vio anteriormente, la IA permite el aumento de la productividad laboral y esto lleva aparejado consigo un aumento de la eficiencia de la fuerza laboral, que posibilitará el incremento salarial de aquellos trabajadores. Pero esos salarios son más altos porque el incremento de la productividad genera un aumento de los beneficios empresariales y además de la subida salarial también se produciría una disminución de los precios. Sumando todos estos efectos tenemos un resultado global de auge económico, si bien es cierto que no todos se benefician por igual del mismo, puesto que no todos los trabajos son susceptibles de la misma capacidad de adaptación a los nuevos avances, siendo más difícil su implementación, como ocurre en muchos empleos del

sector terciario. Tampoco todos los trabajadores pertenecientes a puestos de idéntica actividad (para poder hacer la comparación de manera adecuada) tienen la misma capacidad de adaptarse a las nuevas tecnologías, ya que a los trabajadores jóvenes quizá les resultaría más fácil explotar las nuevas oportunidades debido a que la formación académica recibida con los años cada vez es mayor y están más familiarizados con los nuevos conocimientos técnicos, mientras que a los trabajadores de mayor edad les resultaría más difícil, quedando obsoletos y por tanto rezagados en materia salarial y siendo más susceptibles de ser reemplazados. La IA es por tanto generadora de desigualdad y se debería poner más atención en este asunto, ya que en la mayoría de los casos es posible que esta situación empeore y aumente las tensiones sociales, siendo la alternativa más sencilla a este problema la continua formación de los trabajadores y renovación de sus conocimientos en esta materia para no quedar obsoletos.

El hecho de que la IA sea generadora de crecimiento económico está ampliamente vinculado con la teoría de los modelos económicos que afirman que una tecnología que crece a un ritmo positivo sería la encargada de posibilitar crecimiento económico a largo plazo en Estado Estacionario, evitando las limitaciones de aquellas situaciones de equilibrio en las que a largo plazo hay estancamiento económico. Y ciertamente relacionada con esta, hay otra cuestión que los autores cuyos escritos versan sobre la existencia de crecimiento a largo plazo —o no— también abordan y es la posibilidad de convergencia entre los países. Las economías más ricas y avanzadas tienden a estar más capacitadas para adoptar la IA que aquellas con menor nivel de desarrollo y por tanto las nuevas tecnologías amenazan con ampliar la brecha entre países más prósperos y aquellos que experimentan mayores dificultades al desviar los flujos de inversión hacia las economías avanzadas, donde, entre otras cosas, los procesos de automatización ya están ampliamente consolidados.

No obstante, cabe destacar que las mejoras en la IA en los países más desarrollados cada vez irán aportando un beneficio más pequeño hasta llegar a un punto máximo a partir del cual el uso de más IA no implicaría precisamente un avance sino un retroceso debido a la pérdida masiva de puestos de trabajo, mientras que en los países en desarrollo o menos desarrollados los posibles beneficios del uso de la IA aún son muy grandes, porque todavía no se ha hecho lo suficiente, no se ha invertido lo necesario y si se

destinan recursos a la IA en estas economías veremos cómo experimentan ritmos de crecimiento más acelerados, que junto a los cada vez menores ritmos de crecimiento de los países desarrollados posibilitarían una convergencia a largo plazo en un hipotético Estado Estacionario.

Si bien es cierto que aún no se conocen los límites de la IA, por lo que otro posible escenario futuro también sería que esa misma tecnología fuera capaz de hacer aumentar la economía indefinidamente a largo plazo, aunque esto pudiera parecer más irreal, ya que si vemos datos del día a día las nuevas tecnologías destruyen y se prevé que sigan destruyendo más puestos de trabajo, por lo que el escenario de crecimiento constante positivo a largo plazo sería más, al menos hoy día, una utopía que una realidad.

3. MODELOS DE CRECIMIENTO ECONÓMICO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

En el presente apartado seguiremos a Trammell y Korinek (2021), a fin de conocer los efectos potenciales de la inteligencia artificial transformadora sobre el crecimiento económico. A lo largo de esta sección, se resumen y comentan los principales argumentos y proyecciones presentados por los autores.

3.1. Modelo de referencia.

3.1.1. Producción y participaciones de factores.

Nuestro punto de partida será una función de producción genérica: $Y = F(K, L)$ que presenta rendimientos constantes de escala. En este caso, el Teorema de la función homogénea de Euler nos permite resolver la problemática sobre la cobertura del coste de los factores, así como también la relativa al posible uso al que destinar el montante de producto que puede quedar vacante. El Teorema implica que la suma de los *pagos de factores* (cantidad del factor empleada multiplicada por su producto marginal) es igual al total de la producción:

$$KF_K(K, L) + LF_L(K, L) = F(K, L). \quad (1)$$

De esta última fórmula podemos deducir la participación del factor trabajo como el peso que el pago del trabajo refleja sobre la producción, que no es otra cosa que los salarios (2); del mismo modo que la participación del capital, que se identifica con el pago del capital respecto la producción (3), es la parte del output que va destinada a los propietarios del capital.

$$s^L = LF_L(K, L)/F(K, L) \quad (2)$$

$$s^K = KF_K(K, L)/F(K, L) \quad (3)$$

Una vez tenemos en cuenta estos aspectos iniciales, es importante concretar la función de producción que se va a tener en cuenta durante este análisis, la cual incorpora los parámetros A y B, reflejando ambas tecnologías (siendo la primera relativa al aumento del capital y la segunda al aumento del trabajo), así como también introducimos un nuevo parámetro ρ que toma valores menores o iguales que 1:

$$Y = [(AK)^\rho + (BL)^\rho]^{1/\rho} \quad (4)$$

Esta función presenta elasticidad constante de sustitución entre factores, siendo dicha elasticidad: $\sigma = 1/(1 - \rho)$

3.1.2. Crecimiento exógeno.

En una función de producción de dos factores sin crecimiento de la tecnología, la única explicación posible para el crecimiento de la producción per cápita sería que el stock de capital crezca más rápido que la población. Sin embargo, la acumulación de capital no puede ser la fuerza principal que conduzca el crecimiento de la producción a largo plazo. Todo esto se ve claramente en el contexto de la elasticidad de sustitución constante:

-Si el capital y el trabajo son complementarios brutos, con $\rho \leq 0$, entonces el crecimiento en el stock de capital por unidad de trabajo reduce la productividad marginal del capital hasta el punto en que el crecimiento de la producción per cápita se reduce hasta llegar a cero.

Como vemos en la ecuación: $Y = [(AK)^\rho + (BL)^\rho]^{1/\rho}$ el capital tiende a cero a medida que la cantidad de capital se incrementa para $\rho < 0$. En el límite, si el capital es mucho más abundante que el trabajo, la producción tiende a BL.

-Si el capital y el trabajo son sustitutivos brutos, con $\rho > 0$, la acumulación de capital puede, en principio, sostener una tasa de crecimiento positiva. Pero la participación de la producción conseguida por el capital convergería a uno, lo que implicaría una participación del trabajo tendente a cero. Esto contradiría uno de los hechos estilizados del crecimiento observados por Kaldor (1957), conocido como el “Factor de Kaldor”, según el cual la proporción del ingreso nacional atribuida al trabajo se mantiene aproximadamente constante en economías en crecimiento

Según Uzawa (1961), el crecimiento a largo plazo en la producción per cápita y los salarios requiere un crecimiento de la tecnología de aumento del trabajo (B). Para ilustrar esto supone por simplicidad que la tecnología de aumento del capital A y el trabajo L son fijos, que B crece a una tasa exponencial constante g_B y que una proporción constante de producción es ahorrada como capital cada periodo ($s > 0$). Si la tasa de ahorro es lo suficientemente alta para que la acumulación de capital pueda mantenerse con la creciente fuerza laboral efectiva, el resultado es una senda de crecimiento donde la producción Y_t , el capital K_t y el trabajo efectivo $B_t L$ todos crecen

en la tasa g_B . Según los rendimientos constantes de escala, incrementos igualmente proporcionales en K_t y $B_t L$ producen un incremento igualmente proporcional en Y .

3.2. La IA en modelos básicos de producción de bienes.

3.2.1. La IA y la productividad del capital.

La IA promete hacer que el capital sea más productivo, lo que en el marco estándar de trabajo se reflejaría con aumentos en el parámetro tecnológico A . Según señalan Acemoglu y Restrepo (2018a) esto no tendría por sí solo efectos económicos significativos. Incrementaría los salarios y la producción de alguna forma. Pero dado $\rho < 0$ y un lento crecimiento en la oferta de trabajo, el trabajo es el principal cuello de botella para la producción y cualquier incremento en los salarios vendría más de un incremento en la participación de la mano de obra que de un incremento de la producción.

El único efecto de la tecnología de aumento del capital es que, si A tiende a infinito y todo lo demás permanece igual, la participación laboral debería incrementarse hasta uno. Esto es lo contrario a la tendencia intuitiva, que es la que se ha observado en las últimas décadas, especialmente en las industrias que han sufrido la mayor automatización.

A continuación, veremos una serie de modelos que permitirán ver con claridad las consecuencias del aumento de la productividad del capital en combinación con diversos cambios estructurales en la función de producción que la IA podría precipitar.

3.2.2. Sustitución imperfecta.

De acuerdo con Nordhaus (2021), economista estadounidense, la IA provoca un cambio exógeno en los parámetros que puede ser explicado a través de un proceso con dos etapas.

En la primera etapa, suponemos que la IA eleva la sustituibilidad del trabajo y el capital de forma que se convierten en sustitutivos brutos. En este caso, la acumulación del capital es suficiente para el crecimiento exponencial de la producción.

Considerando la función $Y = [(AK)^\rho + (BL)^\rho]^{1/\rho}$, siendo el parámetro tecnológico A y la tasa de ahorro constantes, si la oferta de capital crece más rápido que la del trabajo, la producción Y_t se aproximará a AK_t y el capital y la producción se acumularán exponencialmente a una tasa sA .

En la segunda etapa, suponemos que el parámetro tecnológico A_t crece sin límites. La tasa de crecimiento de la producción tenderá a sA_t , que, con A_t , crecerá indefinidamente y sin límite, generando un crecimiento hiperexponencial.

En ambas etapas el capital por trabajador crecerá hasta el infinito.

Nordhaus (2021) también analiza una posibilidad análoga: que la IA pueda transformar el crecimiento del consumo al aumentar la sustituibilidad de los bienes en el lado de la demanda de la economía, en lugar de la sustituibilidad de los factores en el lado de la oferta.

Partimos de la expresión:

$$Y_t + \frac{Z_t}{D_t} = K_t \quad (5)$$

donde Z es el consumo producido por computadora y D son las unidades de consumo informático por unidad de tiempo.

Consideramos que el capital crece exógenamente a una tasa gK .

La ecuación refleja que cada unidad de capital puede producir 1 unidad de consumo estándar Y o Z unidades de consumo informático por unidad de tiempo.

$1/D_t$ es el precio relativo de Z en t : es la cantidad de unidades de Y que deben abandonarse en t por unidad de Z .

En respuesta a la demanda de los consumidores, la producción se asigna entre Y y Z para maximizar la utilidad.

Supongamos que D_t crece exponencialmente a una tasa gD . El precio relativo de Z cae entonces exponencialmente a una tasa gD . Con cada caída proporcional de este precio

relativo, la cantidad relativa de Z demandada por los consumidores aumentará en $\sigma_t g_D$, donde σ_t denota la elasticidad de sustitución entre los bienes en la función de utilidad del consumidor en t .

Ahora, sea S_t la proporción de capital asignada a la informática. La cantidad relativa del bien informático producido es igual a

$$Z_t/Y_t = D_t S_t / (1 - S_t) \quad (6)$$

Considerando la tasa de crecimiento de este término, por el razonamiento anterior, tenemos:

$$g_D + g_{S_t} - g_{1-S_t} = \sigma_t g_D \rightarrow g_{S_t} - g_{1-S_t} = (\sigma_t - 1) g_D \quad (7)$$

A largo plazo: $g_S \leq (\bar{\sigma} - 1) g_D < 0$ y la fracción de capital empleada para producir bienes informáticos es cada vez menor. Finalmente, como $Z = DSK$, tenemos: $g_Z \leq \bar{\sigma} g_D + g_K$

En resumen, se producen cada vez más bienes informáticos con una fracción cada vez menor del capital de la economía.

Las implicaciones relevantes para la IA son sencillas. Si el consumo generado por ordenador no es actualmente muy sustituible por otro tipo de consumo, pero los avances en IA lo hacen más sustituible, entonces la tasa de crecimiento del consumo podría aumentar desde algo quizás no mucho mayor que g_K hasta $g_D + g_K$.

3.2.3. Sustitución perfecta.

Las perspectivas salariales son peores en casos de sustituibilidad perfecta.

Un modelo del inicio de la sustitución perfecta entre trabajo y capital puede presentarse de forma más directa como uno en el que los robots sustitutos de humanos son simplemente caros al principio y luego baratos. Esto se debe a que, cuando los bienes son sustitutos perfectos para un fin, solo se compran en cantidades positivas cuando sus precios son iguales.

Podríamos plantearnos, por tanto, que quizás la sustituibilidad no necesite aumentar; quizás sea perfecta, y lo único que deba cambiar sea un precio relativo.

Para explicar esta dinámica tomaremos el modelo inspirado por Hanson (2001), que parte de la siguiente función de producción Cobb-Douglas

$$Y = F(Q, L, W) = Q^a L^b W^{1-a-b} \quad (8)$$

donde Q es el equipo, L el trabajo y W la tierra.

Dado que la cantidad de tierra es fija, podemos normalizarla a 1 y eliminarla de la expresión. La producción puede consumirse o invertirse como capital y, a su vez, el capital puede servir como equipo Q o como robótica, que funciona como mano de obra L. La fuerza de trabajo humana H es fija y solo puede servir como mano de obra. Consideramos también el parámetro tecnológico A. Finalmente, S denota la fracción de capital empleada como robótica. Teniendo todo esto en cuenta la función de producción es

$$Y = ((1 - S)AK)^a (H + SAK)^b \quad (9)$$

A_t aumenta exógenamente sin límite. Para simplificar, asumiremos que una fracción constante y suficiente s de la producción se ahorra como capital. Dado que el parámetro de sustitución entre equipo y mano de obra no es menor que 0, la acumulación de equipo efectivo es suficiente para sostener el crecimiento de la producción. Al principio, cuando el capital efectivo es escaso, todo el capital se utiliza como equipo, por lo que $S = 0$.

El capital crece de modo que:

$$K_{t+1} = K_t + s(A_t K_t)^a H^b \Rightarrow g_K = (K_{t+1} - K_t)/K_t = s A_t^a K_t^{a-1} H^b \quad (10)$$

Como podemos ver en el lado derecho, el crecimiento del capital se acercará a un estado estable tal que

$$a g_A + (a - 1) g_K = 0 \Rightarrow g_K = \frac{a}{1 - a} g_A \quad (11)$$

El crecimiento de la producción será

$$g_Y = a(g_A + g_K) = g_A a / (1 - a) \quad (12)$$

A medida que crece el stock de equipos, suben los salarios. Sin embargo, a medida que la tecnología que aumenta el capital y el equipo eficaz se vuelve más abundante, llega un momento en el que resulta óptimo dividir aún más el capital entre equipos y robótica. La tasa de crecimiento de la mano de obra se dispara entonces a la tasa que mantiene su productividad marginal igual a la del equipo, y la tasa de crecimiento de la producción se dispara en consecuencia.

3.2.4. Impactos en el crecimiento a través de impactos en el ahorro.

Para explicar este enfoque podemos hacerlo a través de dos modelizaciones, la de Sachs y Kotlikoff (2012) y por otra parte la de Korinek y Stiglitz (2019), que será la que veremos primero.

Korinek y Stiglitz (2019) establecieron los siguientes supuestos de partida: el trabajo y el capital son perfectamente sustituibles y el trabajo solo puede ser suministrado por humanos; la actividad se desarrolla en tiempo discreto y el capital se deprecia completamente cada periodo, de modo que no se puede acumular.

Tenemos:

$$Y_t = AK_t + BL_t \quad (13)$$

donde el output es igual a la suma del capital efectivo más el trabajo efectivo; y también:

$$K_{t+1} = s_t Y_t \quad (14)$$

donde el capital que habrá en el siguiente periodo de tiempo es equivalente a la tasa de ahorro por la producción.

Hay tres escenarios posibles:

- 1- Si $K=0$ la producción será igual al trabajo efectivo. Si no hay capital no hay ahorro y por tanto tampoco habrá crecimiento.
- 2- Si $A < 1$ no hay incentivo para ahorrar y de esta forma tampoco habrá crecimiento. Cada unidad que renuncie a consumir en el presente solo le reportaría $A < 1$ unidades adicionales de consumo en $t+1$.
- 3- Si $A > 1$ los individuos más pacientes querrán ahorrar alguna parte de sus ingresos ($s > 0$), que sería lo más sensato, puesto que de no hacerlo estarían renunciando a un mayor consumo futuro.

A largo plazo, como BL_t crece de forma insignificante tendremos $Y_t \approx AK_t$. Si sustituimos esta expresión en la fórmula del capital en $t+1$ tendremos $K_{t+1} = sAK_t$ y si ahora restamos a ambos lados por el capital y a su vez dividimos también por este obtenemos la tasa de crecimiento del capital y por ende la de la producción:

$$(K_{t+1} - K_t)/K_t \approx sA - 1 \quad (15)$$

Vemos cómo un aumento de A puede generar ahorro y, por lo tanto, aumentar la tasa de crecimiento de la producción y la producción per cápita. Además del aumento directo de la tasa de crecimiento vía aumento de A , ésta también puede aumentar indirectamente mediante aumentos en la tasa de ahorro provocados por ese aumento de A .

Sachs y Kotlikoff (2012) ahondan en la contraintuitiva posibilidad de que la IA retrasa e incluso invierte el crecimiento al transferir riqueza de quienes tienen baja propensión al consumo a quienes tienen alta propensión al consumo.

Considerando una economía de generaciones solapadas con tamaño constante de la población; cada persona vive dos periodos; los jóvenes invierten algo de sus ingresos y los mayores viven de sus inversiones. La función de producción es una Cobb-Douglas de trabajo y capital. La producción puede ser consumida o invertida como capital. El capital puede ser usado o como equipamiento Q o como robótica, que sería equivalente a la mano de obra. El capital se divide entre ambos usos hasta que sus productos marginales

son iguales. La fuerza de trabajo humana H está fijada y solo puede servir como trabajo. A denota el parámetro tecnológico de aumento de la robótica y S es la parte del capital usada en la robótica.

$$Y_t = F(Q_t L_t) = ((1 - S_t)K_t)^{\frac{1}{2}}(H + S_t A_t K_t)^{1/2} \quad (16)$$

El capital en t está financiado por aquellos que fueron jóvenes en $t-1$, mientras que los mayores en t consumen toda su riqueza. La economía está en un estadio estacionario de crecimiento cero cuando la inversión simplemente se repone cada período.

Ahora suponemos que el crecimiento de la robótica es ligeramente más productivo de modo que $A_{t+1} > A_t$. Durante un solo periodo, el output y los ingresos de los mayores crecen, mientras que los jóvenes ven una caída en los salarios y las inversiones en consecuencia. Esta caída en las inversiones compensa el hecho de que una parte de la inversión, concretamente la de robótica es ahora más productiva. Por tanto, la producción caerá y en el nuevo equilibrio el consumo también será menor tanto para jóvenes como para mayores.

3.3. IA en modelos basados en tareas de producción de bienes.

3.3.1. Introducción del marco basado en tareas.

En este apartado veremos el modelo CES de Zeira (1998), desarrollado por Aghion et al. (2019), que explica cómo afecta la automatización a la producción y al empleo, admitiendo la heterogeneidad entre capital y mano de obra. La heterogeneidad puede influir decisivamente en los impactos económicos de los avances en IA.

Distinguimos dos casos:

1) $\rho = 0$: perfecta sustitución entre tareas $\rightarrow$ Función Cobb-Douglas:

Supongamos que la producción se obtiene mediante una combinación Cobb-Douglas de un gran número n de factores X_i , para $i = 1, \dots, n$, que identificaremos como tareas individuales (basándonos en Acemoglu y Autor, 2011):

$$Y = X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \dots X_n^{1-a_1-\dots-a_{n-1}} \quad (17)$$

donde podemos descomponer esta fórmula en: las tareas que son automatizables (aquellas que pueden utilizar capital o trabajo) y que identificaremos con el parámetro a ; y las tareas que no son automatizables (solo pueden realizarse mediante trabajo) que identificaremos con la fracción $1 - a$.

Si todas las tareas automatizables están automatizadas, es decir, si las realizamos empleando capital, podemos reescribir la función de producción como una función Cobb-Douglas típica:

$$Y = AK^a L^{1-a} \quad (18)$$

2) $\rho \neq 0$: sustitución no perfecta entre tareas $\rightarrow$ Función CES:

Ahora la función de producción será:

$$Y = \left(\int_0^1 Y_i^\rho di \right)^{1/\rho} \quad (19)$$

donde Y_i son los factores de producción (es un continuo de factores), las tareas individuales que previamente definimos.

La diferencia fundamental respecto al modelo anterior es que aquí las tareas automatizables, esto es, las que se pueden realizar empleando trabajo o capital (al igual que establecimos en el apartado anterior), son las que están por debajo del umbral β y las no automatizables (solo realizadas por trabajo) serán el resto. Si suponemos que las automatizables pasarán ahora a ser automatizadas, es decir, realizadas empleando solo capital, tenemos:

$$\int_0^\beta K_i di = K \quad (20)$$

que refleja las tareas automatizadas;

$$\int_{\beta}^1 L_i di = L \quad (21)$$

que refleja las tareas no automatizadas.

La nueva función de producción que obtenemos en este caso sería la siguiente función CES de dos factores (AK y BL):

$$Y = \left[\beta \left(\frac{K}{\beta} \right)^{\rho} + (1 - \beta) \left(\frac{L}{(1 - \beta)} \right)^{\rho} \right]^{\frac{1}{\rho}} \quad (22)$$

$$= [\beta^{1-\rho} K^{\rho} + (1 - \beta)^{1-\rho} L^{\rho}]^{1/\rho}$$

$$= F(AK, BL) = [(AK)^{\rho} + (BL)^{\rho}]^{1/\rho} \quad (23)$$

donde $A = \beta^{(1-\rho)/\rho}$ y $B = (1 - \beta)^{(1-\rho)/\rho}$.

Por último, es importante tener en cuenta la condición de automatización, la cual expone que solo se automatizará si hay más capital disponible por tarea automatizable que trabajo por tarea no automatizable, de modo que:

$$\frac{K}{\beta} > \frac{L}{1 - \beta} \quad (24)$$

Para cualquier β fijo, si el stock de capital crece más rápido que la oferta de mano de obra, la condición se cumplirá eventualmente.

3.3.2. Automatización de tareas.

En esta sección abordaremos los casos de $\rho = 0$ y $\rho < 0$, dentro del marco de las funciones de producción CES (elasticidad de sustitución constante). Ambos enfoques nos permitirán realizar un análisis más detallado de los impactos de la automatización

sobre la producción y, por tanto, sobre el crecimiento económico. El caso $\rho > 0$ se tratará en la sección 4.3.

En el supuesto donde $\rho = 0$ o lo que es lo mismo, en el supuesto con función de producción Cobb-Douglas, la automatización de tareas hace que el parámetro α aumente, dentro del rango 0 a 1, lo que significa que el capital puede desempeñar más tareas que antes, aumenta su participación. Nuestra función de producción será:

$$Y = [(AK)^a (BL)^{1-a}] \quad (25)$$

y asumiendo que una tasa de ahorro constante impone $g_Y = g_K$ a largo plazo, la tasa de crecimiento de la producción a largo plazo satisface:

$$g_Y = a(g_A + g_K) + (1 - a)(g_B + g_L) \Rightarrow g_Y = \frac{a}{1 - a} g_A + g_B + g_L \quad (26)$$

De esta última expresión podemos deducir dos implicaciones clave de la automatización: por un lado, si $g_A > 0$ (el capital cada vez es más productivo), la tasa de crecimiento aumenta (debido al aumentar el peso del capital en la producción, a raíz de mayor automatización, al mismo tiempo que también aumenta su productividad), lo que induce a incrementos salariales; por otra parte, si $g_A = 0$ la tasa de crecimiento no varía (dependiendo ahora exclusivamente del crecimiento del trabajo y del crecimiento de la productividad del trabajo), y el impacto en el salario es ambiguo.

En el límite de automatización (cuando la automatización es máxima, de modo que $\alpha = 1$) $1 - \alpha \rightarrow 0$, el modelo se aproxima a un modelo AK (donde $Y = AK$, dependiendo todo el crecimiento del capital exclusivamente). Aquí podemos diferenciar dos casos:

1) Si $g_A = 0$, la tasa de crecimiento aumenta en αA (sabiendo que $g_Y = g_A + g_K$). Para llegar a esta conclusión seguimos una serie de pasos:

$$Y = AK \quad (27)$$

$$Y = C + I \text{ y } Y = C + S \quad (28)$$

$$S = I \rightarrow sY = \dot{K} + \delta K \rightarrow \dot{K} = sAK - \delta K \quad (29)$$

Si ignoramos la depreciación para simplificar, llegamos a:

$$\dot{K} = sAK \quad (30)$$

y si pasamos el capital al otro lado tenemos la tasa de crecimiento del capital:

$$\frac{\dot{K}}{K} = sA \quad (31)$$

2) Si $g_A > 0$, la tasa de crecimiento aumenta sin límite y los salarios también aumentan superexponencialmente.

En el supuesto donde $\rho < 0$ observamos un comportamiento distinto respecto al de la función de producción Cobb-Douglas. Partimos de la función de producción:

$$Y = [(AK)^\rho + (BL)^\rho]^{1/\rho} \quad (32)$$

donde $A = \beta^{(1-\rho)/\rho}$ y $B = (1 - \beta)^{(1-\rho)/\rho}$.

El rasgo clave de este modelo es que, a medida que β aumenta de 0 a 1, A cae desde valores extremadamente altos a 1, mientras que B aumenta sin límite desde 1.

La razón de este resultado es que, a medida que β aumenta, esto es, a medida que aumenta el rango de tareas automatizables, el capital se distribuye más dispersamente en ese rango, reduciendo su eficacia marginal, mientras que la mano de obra se concentra más en el rango reducido de tareas no automatizables, aumentando su productividad.

3.3.3. Creación de tareas.

Esta sección, relativa a la creación de tareas, amplía el modelo de automatización ya visto de Alghion et al. (2019), dado que, como su propio nombre indica, incorpora al modelo de éste la posibilidad de crear nuevas tareas. El modelo resultante será similar al desarrollado por H'emous y Olsen (2014).

La esencia estriba en que ya no se parte de una cantidad fija de tareas, sino que se puede ir incrementando su número, se pueden crear tareas nuevas, inicialmente no automatizadas (N). Dado que ahora se pueden crear nuevas tareas el rango será de $i = 0$ a N . Tanto β como N pueden crecer.

Seguimos con la función de producción CES introducida en el apartado 4.1:

$$Y = [(AK)^\rho + (BL)^\rho]^{1/\rho} \quad (33)$$

donde $A = \beta^{(1-\rho)/\rho}$ y $B = (N - \beta)^{(1-\rho)/\rho}$.

Distinguimos dos casos:

- 1) Si $\rho < 0$: los aumentos a β (umbral de automatización) manteniendo N fijo actúan como una tecnología que aumenta la mano de obra. Sin embargo, los aumentos a N manteniendo β fijo actúan como una tecnología que agota la mano de obra. Nunca será productivo crear nuevas tareas.
- 2) Si $\rho > 0$: aquí son los aumentos a N , manteniendo β fijo, los que funcionan como una tecnología que aumenta la mano de obra. La mano de obra efectiva (la contribución de la mano de obra a la producción) aumentaría conforme a la siguiente tasa: $g_B = g_N(1 - \rho)/\rho$, pero no en el sentido de que haya más trabajadores, sino que el impacto productivo del trabajo aumenta porque hay más tareas en las que puede utilizarse.

Aumentar la tasa de creación de tareas puede, por lo tanto, aumentar la tasa de crecimiento. Los aumentos de β , independientemente de N , funcionan como avances en la tecnología que aumenta el capital (porque más tareas pasan a ser automatizables

y esto es un equivalente a que el capital se vuelve más poderoso). Al elevar el límite máximo de N y permitir que la automatización futura aumente β , la creación de tareas puede tener efectos radicales (como una automatización generalizada y una menor necesidad de trabajo humano).

3.3.4. Reemplazo de tareas.

En este último apartado, relativo a los modelos de producción de bienes basados en tareas, abordaremos el desarrollado por Acemoglu y Restrepo (2018b, 2019a), el cual, a diferencia de los enfoques tradicionales centrados exclusivamente en el reemplazo de trabajo por capital, incorporará al mismo tiempo un proceso de creación de nuevas tareas de alta productividad que, al menos temporalmente, solo pueden ser realizadas por humanos. Es, por tanto, un modelo similar de creación de tareas, pero combinado con un proceso de reemplazo de tareas (Goldin y Katz, 2009; Acemoglu y Autor, 2012; Autor, 2015). Promete ser un modelo de automatización más realista que uno sin reemplazo de tareas.

Los índices de tarea ahora varían de $N - 1$ a N . Por otra parte, el capital es igualmente productivo en todas las tareas que puede realizar, pero la productividad del trabajo en la tarea i es $B_i = D_i(1 - \beta)^{(1-\rho)/\rho}$, donde $D_i = \exp(g_D i)$, para algún $g_D > 0$, esto es, D_i es una función exponencial creciente en i , lo que implica que las tareas con un índice i más alto son más exigentes tecnológicamente. Además, la participación del trabajo es constante, debido a la estructura típica de cualquier modelo CES con crecimiento tecnológico que aumente la mano de obra.

En un contexto de crecimiento exógeno, tanto β (umbral de automatización) como N crecen con el tiempo a una tasa absoluta exógena constante. La fracción de tareas no automatizables es $N - \beta$. Con suficiente ahorro, todas las tareas automatizables se automatizan. La producción y el capital crecen a una tasa $g_D + g_L$, siendo g_D la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo y g_L la tasa de crecimiento del trabajo.

Si imaginamos partir de un mundo sin creación ni reemplazo de tareas, la introducción de este proceso eleva la tasa de crecimiento de 0 a un número positivo; y si imaginamos partir de un mundo con alguna otra fuente de crecimiento exógeno en tecnología que

aumenta la mano de obra, la introducción de este proceso eleva la tasa de crecimiento, siempre que haya suficiente ahorro como para que se puedan automatizar las nuevas tareas a medida que aparecen. El resultado será una rotación casi completa de los tipos de trabajo a lo largo del tiempo, en lugar de una mera intrusión de la automatización en el territorio humano.

Por último, analizaremos qué sucede en dos casos antagónicos:

1) Si la creación de tareas supera la automatizabilidad, la participación del trabajo aumenta a 1 en el largo plazo, por lo que nos acercamos a un estado en el que el trabajo realiza todas las tareas y, por lo tanto, el capital queda relegado a una franja cada vez más reducida de tareas con menor productividad. El capital se utiliza de forma cada vez menos eficiente, las rentas del capital disminuyen y la participación del capital cae a 0.

2) Si la automatizabilidad supera la creación de tareas. Lo fundamental aquí reside en ver hasta qué punto la acumulación de capital se mantiene al ritmo de este proceso, es decir, el resultado depende del nivel de ahorro. Hay 3 posibles situaciones:

- 1) Si $s \leq g_D + g_L$, la condición de automatización no se cumplirá a largo plazo, puesto que no habría el capital suficiente para automatizar todas las tareas susceptibles de automatización. El capital y el trabajo efectivo serán sustitutos perfectos, de modo que la función de producción será igual a $K_t + D_t L_t$. A largo plazo, puesto que el stock de capital (K_t) crece al mismo ritmo que el trabajo efectivo debe cumplirse

$$\frac{K_t}{K_t + D_t L_t} = \frac{s}{g_D + g_L} \quad (34)$$

y tenemos que: $g_K = g_Y = g_D + g_L$; la participación laboral y la fracción de tareas no automatizadas tienden a $1 - s/(g_D + g_L)$, lo que implica que si $s = 0$ todo lo hace el trabajo, mientras que si $s = g_D + g_L$, todas las tareas susceptibles de automatización son automatizadas; los salarios crecen a una tasa g_D .

- 2) Supongamos ahora que $s \in (g_D + g_L, g_D + g_{N-\beta}(1 - \rho)/\rho + g_L]$, de modo que la acumulación de capital supera el crecimiento de la mano de obra y de la tecnología que la aumenta, de forma aislada, pero no en combinación con la automatización. Estamos ante un caso de ahorro intermedio, de modo que la fracción de tareas automatizadas crece, pero no se llega a automatizar todo lo posible: si todas las tareas automatizables se automatizaran, la mano de obra efectiva por tarea no automatizada superaría en última instancia al capital por tarea automatizada y sería rentable reasignar parte del trabajo a las tareas actualmente automatizadas. Por lo tanto, la condición de automatización tampoco se cumple en este escenario, y el capital y el trabajo efectivo siguen siendo sustitutos perfectos. Dado que el stock de capital crece más rápidamente que el de trabajo efectivo, a largo plazo la producción crece a una tasa s , los salarios a una tasa g_D y la participación del trabajo vuelve a caer a 0.
- 3) Si $s > g_D + g_{N-\beta}(1 - \rho)/\rho + g_L$, se cumple la condición de automatización. Se alcanza una nueva senda de crecimiento balanceado, donde la automatización y la creación de tareas avanzan juntas, y la participación del trabajo se estabiliza en un nivel positivo.

Es importante subrayar que la automatización de tareas mediante inteligencia artificial no debe considerarse intrínsecamente negativa, especialmente cuando se aplica a tareas repetitivas o rutinarias. En estos casos, la IA puede contribuir significativamente a mejorar la productividad empresarial, permitiendo producir más con los mismos recursos, reducir costes operativos (en particular los salariales) y aumentar la competitividad. Esta transformación puede traducirse en un crecimiento económico más eficiente, siempre que la automatización se implemente de forma estratégica y progresiva.

No obstante, la automatización también conlleva riesgos como la posible sustitución masiva de mano de obra, lo que podría generar un aumento del desempleo estructural y una presión a la baja sobre los salarios. Por ello, la estrategia más adecuada consiste en orientar el uso de la IA hacia la complementariedad con el trabajo humano, reforzando las capacidades de los trabajadores en lugar de reemplazarlos. Sin embargo, esta complementariedad no es universal: lo que para algunos perfiles puede representar

una mejora, para otros puede derivar en desplazamiento laboral. En consecuencia, se requiere un enfoque matizado, con políticas de formación, adaptación y protección laboral que acompañen el proceso de automatización.

4. EFECTOS DE LA IA SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO.

Tras haber analizado la influencia de la inteligencia artificial sobre el crecimiento económico desde una perspectiva teórica y modelizada —siguiendo los enfoques desarrollados en el apartado 3—, es oportuno ahora examinar estos impactos desde un enfoque más empírico y cercano a la realidad. Este cambio de perspectiva permite valorar de manera más concreta cómo la IA afecta a la dinámica económica actual. En este contexto, se abordará la cuestión fundamental que da sentido a este estudio: ¿es la IA, en términos netos, más beneficiosa o perjudicial para la economía? Y, en función de la respuesta, ¿debería limitarse su desarrollo o, por el contrario, promoverse e incentivarse su adopción?

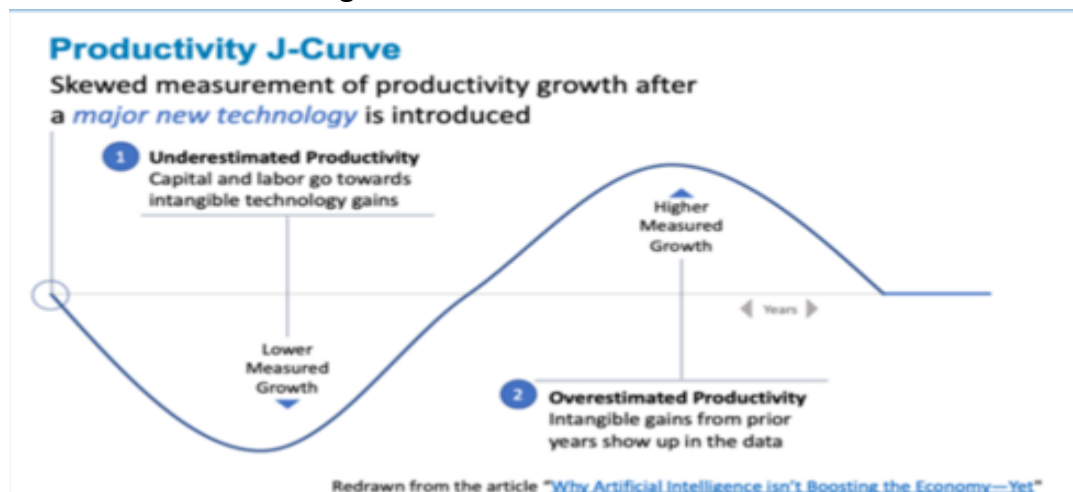
Vista esta breve introducción, es preciso señalar que el contenido desarrollado en este apartado se ha elaborado a partir del análisis metódico de ciertas ideas expuestas en el informe de la OCDE *The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges*, elaborado por Francesco Filippucci, Peter Gal, Cecilia Jona-Lasinio, Álvaro Leandro y Giuseppe Nicoletti, de abril de 2024.

En la actualidad, la opinión general considera a la IA una herramienta tecnológica con un gran potencial de cambio. Sin embargo, hasta ahora no se ha logrado percibir un impacto claro y sostenido de la misma en el crecimiento de la productividad a nivel macroeconómico. La IA no ha logrado revertir la tendencia a la baja en la productividad multifactorial (recoge aumentos del PIB que no se atribuyen a un mayor uso de capital y trabajo, como por ejemplo las mejoras en eficiencia e innovación) que se arrastra desde hace décadas (Andre & Gal, 2024; Goldin et al., 2024; Vollrath, 2020), esto es, no se ha logrado reducir la tendencia a la baja de que las empresas puedan producir más con los mismos recursos.

Aportaciones recientes como la de Brynjolfsson, Rock y Syverson (2021) contribuyen a explicar el retraso en los beneficios que la IA puede generar sobre la productividad. Según estos autores, el motivo fundamental sería la necesidad de realizar inversiones iniciales en activos complementarios tangibles que aún no se contabilizan correctamente en las Cuentas Nacionales. Esto ocasiona una curva de productividad en

J con dos fases: en la primera la productividad aparente puede bajar, pero en la segunda etapa, una vez se han materializado los beneficios de estas inversiones, la productividad multifactorial tiende a mejorar significativamente. Tal como se ilustra en la Figura 1, cuando se introduce una nueva tecnología, es común observar una disminución inicial en la productividad registrada, la cual posteriormente da paso a un repunte en el crecimiento medido.

Figura 1. Curva J de Productividad.



Fuente: Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2018).

Por tanto, enlazando con lo visto en el párrafo anterior, podemos considerar a la IA como una forma de capital intangible, sobre todo cuando se emplea para generar conocimiento e innovación, lo que puede impactar el crecimiento de la productividad tanto de forma directa, mediante la acumulación de capital, como indirecta, a través del fomento de la difusión de conocimientos y generando efectos indirectos (Corrado et al., 2022). De este modo, si impulsamos la innovación tecnológica como método de invención, la IA podría ampliar continuamente la frontera de productividad.

No obstante, es preciso señalar que los efectos que la IA puede generar sobre la productividad podrían verse limitados por el creciente uso de datos en la creación de conocimiento con valor comercial. De este modo, Corrado et al. (2023) analiza la contribución de los datos al crecimiento, al postular que los datos tienen dos efectos opuestos sobre el crecimiento: por un lado, la creciente inversión en activos de datos podría haber generado un aumento de eficiencia que acabaría desembocando en un aumento de la productividad, pero por otra parte existe un efecto de “apropiabilidad”

que hace que los datos queden en manos de unas pocas empresas, y si estos datos son propietarios y no se comparten, se limitan los beneficios que otros podrían obtener por esas innovaciones, lo que en última instancia acabaría ralentizando el crecimiento de la productividad global, mermando por ello, los efectos positivos de la IA sobre el crecimiento económico.

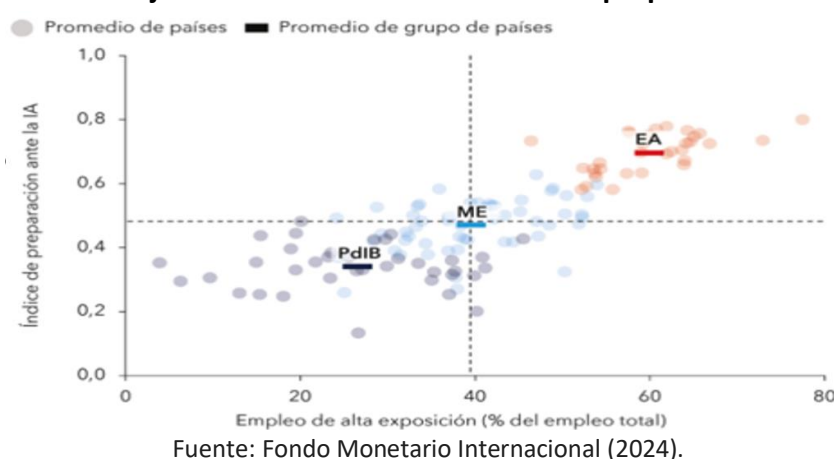
De acuerdo con los autores más optimistas, las grandes mejoras previstas por la inteligencia artificial no son un resultado garantizado, sino que su materialización dependerá del cumplimiento de ciertas condiciones. Estas incluyen, entre otras, la mejora continua de las capacidades de la IA, su adopción rápida y generalizada, así como la garantía de que exista una adecuada complementariedad con las habilidades humanas y con otras tecnologías.

La IA podrá aumentar la productividad, pero no de manera indefinida. Su implementación en un determinado sector provocará que los precios de ese sector disminuyan, debido a la posibilidad de producir más con los mismos recursos, de modo que los consumidores aumentarán su poder adquisitivo en ese sector. Pero llegará un punto en el que sacien esa necesidad y no consuman más de ello, por lo que se trasladarán recursos (mano de obra) hacia otros sectores con menor productividad, suavizando el impacto positivo inicial de la IA sobre el crecimiento.

Otro aspecto importante es el distinto desarrollo de IA entre países a nivel mundial. Los mayores niveles de desarrollo están altamente concentrados en economías muy avanzadas como China, en detrimento de otras que no puedan alcanzar esos niveles de innovación, lo que acabaría provocando un aumento de la brecha de PIB per cápita entre países. Tal como muestra la figura 2, hay una relación entre el nivel de desarrollo económico de los países y su preparación para adoptar la inteligencia artificial. En general, las economías más avanzadas no solo presentan un mayor índice de preparación, sino que también tienen una mayor proporción de empleo en ocupaciones con alta exposición a esta tecnología. Esto indica que estos países no solo disponen de mejores condiciones para integrar la IA, sino que además su mercado laboral ya está más vinculado a actividades que podrían verse transformadas por su implementación. Además, si la IA reduce la necesidad de mano de obra, esto podría perjudicar la ventaja

comparativa de los países en desarrollo, deteriorando sus términos de intercambio (ya que las exportaciones de mano de obra poco cualificada de países en desarrollo a países desarrollados ahora valen menos debido a esa menor necesidad de mano de obra por implemento de la IA y sus importaciones siguen valiendo lo mismo). Pero no todo es negativo en el ámbito de las relaciones entre países, ya que, por ejemplo, la traducción instantánea (gracias al avance de la IA) aumenta el potencial de telemigración, lo que otorga a trabajadores de países en vías de desarrollo la posibilidad de acceder a mejores empleos en países más avanzados sin necesidad de emigrar ni dominar el idioma del país en el que desempeñarán tal actividad.

Figura 2. Ventaja de las economías avanzadas en preparación ante la IA.

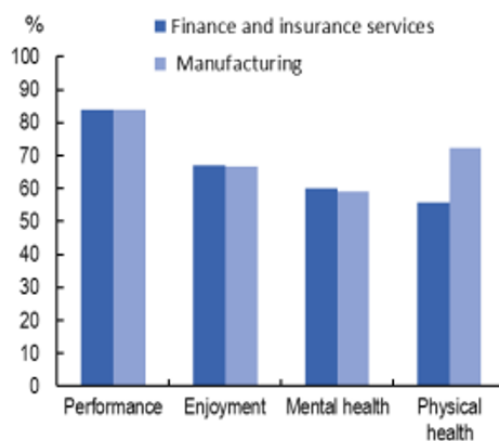


La IA presenta un notable potencial para mejorar la movilidad económica y reducir la desigualdad, especialmente a través de sus aplicaciones en el ámbito educativo. En el contexto de la educación, la IA puede contribuir a personalizar el aprendizaje, mejorar la calidad de la enseñanza y facilitar una mayor democratización del conocimiento (Baker, 2021). Estos avances son relevantes si se tiene en cuenta el impacto demostrado de la calidad educativa sobre los ingresos futuros y la movilidad intergeneracional (Chetty, Friedman y Rockoff, 2014; Autor, Goldin y Katz, 2020). Sin embargo, estos beneficios podrían no ser equitativos si no se garantiza un acceso amplio y asequible a la tecnología. Además, existe el riesgo de que una dependencia excesiva de estas herramientas tecnológicas afecte negativamente al desarrollo de habilidades cognitivas esenciales y del pensamiento crítico.

Por último, para responder a la pregunta de si la IA es más beneficiosa que perjudicial y de si se debería promover su desarrollo o limitar su participación en la economía, resulta

de especial interés analizar la percepción de la IA por parte del público general y es que, según una encuesta de la OCDE, el 35% de los encuestados manifestó su preocupación acerca de los perjuicios que la IA ocasionaría, mientras que el 42% creía que los beneficios serían la norma imperante. En la Figura 3 se puede ver que una gran parte de los trabajadores que utilizan inteligencia artificial perciben mejoras en su rendimiento laboral, en cuanto disfrutan su trabajo e incluso en su bienestar general. Estos efectos positivos se dan tanto en el sector financiero y de seguros como en el sector manufacturero, aunque en temas como la salud física, las mejoras son más marcadas en el caso del sector manufacturero. Si bien es cierto que se trata de un tema sujeto a intenso debate, la lógica invita a pensar que la solución óptima no reside en una aceptación ciega ni en un rechazo preventivo, sino en la búsqueda de un equilibrio regulado que maximice sus beneficios y minimice sus riesgos. Para ello, será fundamental el diseño de políticas públicas proactivas que garanticen un desarrollo ético, inclusivo y sostenible de la IA.

Figura 3. Porcentaje de trabajadores que reportan mejoras gracias a la IA en desempeño, disfrute laboral y salud.



Fuente: Lane, M., Williams, M., & Broecke, S. (2023).

5. CONCLUSIONES.

A lo largo de este trabajo se ha realizado un análisis del impacto que la IA genera sobre el crecimiento económico, a través de un enfoque multidisciplinar que ha permitido alcanzar una visión muy amplia de un fenómeno con gran presencia en la sociedad actual y que está en continuo desarrollo.

La concepción aristotélica de la inteligencia, entendida como una capacidad inherente y exclusiva del ser humano, parece entrar en tensión con el concepto de inteligencia artificial que predomina en la sociedad contemporánea. ¿Hasta qué punto la inteligencia seguirá siendo una cualidad exclusivamente humana? Esta pregunta constituye el eje central de este trabajo, el punto de partida desde el cual se derivan los demás interrogantes que se abordan a lo largo del análisis. Es innegable que el avance tecnológico ha permitido que las máquinas se acerquen cada vez más al modo en que los seres humanos procesan la información y generan conocimiento. Aunque, por ahora, estas siguen dependiendo de la programación y supervisión humana, el rápido y continuo progreso en el desarrollo de la IA pone en entredicho la visión clásica, abriendo la posibilidad de que, en un futuro no muy lejano, se diluyan los límites entre la inteligencia humana y la artificial.

En lo que respecta a los modelos económicos que explican la relación entre inteligencia artificial y crecimiento económico, adquieren especial relevancia los modelos de producción basados en tareas. Su principal aportación radica en mostrar que la IA no implica necesariamente la sustitución del trabajo humano, sino que puede actuar como un complemento al mismo. Esta visión permite concebir escenarios en los que poder aprovechar las ventajas derivadas de la automatización (mejora la productividad, disminución de costes, ...) sin provocar una sustitución masiva de trabajadores, lo que contribuiría a mitigar riesgos como el aumento del desempleo o una caída abrupta de los salarios. En consecuencia, estos modelos ofrecen una perspectiva más equilibrada, donde el progreso tecnológico puede integrarse de forma inclusiva en el mercado laboral.

Uno de los hallazgos más importantes que se ha podido comprobar a lo largo del trabajo es que, aunque la IA tiene un gran potencial teórico para mejorar la productividad,

todavía no se refleja de forma clara y constante en los datos macroeconómicos. Según el análisis empírico basado en el informe de la OCDE (2024), esto se debe a que los beneficios de la IA suelen tardar en aparecer, ya que primero se requieren inversiones adicionales (como infraestructuras o formación) y además es difícil medir correctamente el capital intangible que genera. Esto podría explicar la existencia de una curva en J en muchos sectores, donde inicialmente se registran bajos rendimientos, seguidos de un aumento significativo a medida que se desarrollan y consolidan las infraestructuras necesarias.

El impacto de la inteligencia artificial en la economía no es igual para todos. En el mercado laboral, puede aumentar las desigualdades, afectando especialmente a trabajadores menos cualificados o con menor acceso a tecnología. Además, las economías avanzadas están mejor preparadas para aprovechar la IA, mientras que los países en desarrollo corren el riesgo de perder ventajas competitivas, lo que podría agrandar la brecha económica global.

Sin embargo, la IA también genera oportunidades importantes, como mejoras en la educación, la sanidad, la innovación y la productividad. Si se garantiza un acceso equitativo, estas tecnologías podrían contribuir a reducir desigualdades y promover un crecimiento más sostenible y equilibrado.

Podemos concluir, por tanto, que el impacto de la IA en la economía no es ni totalmente positivo ni negativo, sino que depende de factores institucionales y sociales. Por ello, es preciso regular su desarrollo para maximizar beneficios y minimizar riesgos, mediante la implementación de políticas públicas proactivas (de empleo, educación, seguridad de datos, ...) que garanticen un desarrollo ético, inclusivo y sostenible de la IA.

BIBLIOGRAFÍA.

- [s.f.]. (n.d.). *Inteligencia artificial : definición, historia, usos, peligros*. From DataScientest: <https://datascientest.com/es/inteligencia-artificial-definicion>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American Economic Review*, 1488-1542.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*, 3–30.
- Aghion, P., Jones, B. F., & Jones, C. I. (2019). Artificial intelligence and economic growth. In *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 237-282). National Bureau of Economic Research.
- Alonso, C., Kothari, S., & Rehman, S. (2020, 12 02). *La inteligencia artificial podría ampliar la brecha entre las naciones ricas y pobres*. From IMF Blog: <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2020/12/02/blog-how-artificial-intelligence-could-widen-the-gap-between-rich-and-poor-nations>
- Andre, P., & Gal, P. (2024). Weak productivity growth in OECD countries: Causes and policy responses. *OECD Economic Policy Papers*.
- Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 3–30.
- Autor, D. H., Goldin, C., & Katz, L. F. (2020). *The Race between Education and Technology*. Belknap Press.
- Baker, R. S. (2021). Artificial intelligence in education: Bringing it all together. In *OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the frontiers with AI, blockchain, and robotics* (pp. 43–56). OECD Publishing.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. Nueva York: W. W. Norton & Company.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2018). *The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2021). The productivity dilemma. *Brookings Papers on Economic Activity*, 33–107.
- Campbell, M., Hoane, A. J., & Hsu, F.-h. (2002). Deep Blue. *Artificial Intelligence*, 57–83.
- Chetty, R., Friedman, J. N., & Rockoff, J. E. (2014). Measuring the impacts of teachers I: Evaluating bias in teacher value-added estimates. *American Economic Review*, 2593–2632.
- Copleston, F. (1993). *Historia de la filosofía (Vol. 1)*. Barcelona: Ariel.
- Corrado, C., Haskel, J., & Jona-Lasinio, C. (2022). Intangible capital and productivity growth in the EU. *Journal of the Knowledge Economy*.
- Corrado, C., Haskel, J., & Jona-Lasinio, C. (2023). Data, Intangible Capital, and Productivity. *NBER Chapters*, 1–40.
- Crevier, D. (1993). *AI: The tumultuous history of the search for artificial intelligence*. Nueva York: Basic Books.
- Doménech, R., Neut, A., & Díaz, D. R. (2025, 01 31). *Global | El impacto de la IA en el empleo y la productividad*. From BBVA Research: <https://www.bbvaresearch.com/publicaciones/global-el-impacto-de-la-ia-en-el-empleo-y-la-productividad/>
- Elliott, D. (2024, 10 15). *Una breve historia de la IA en 10 momentos clave*. From Foro Económico Mundial: <https://es.weforum.org/stories/2024/10/una-breve-historia-de-la-ia-en-10-momentos-clave/>
- Esteban, J. (2024, 12 19). *La IA promete revivir un indicador económico que lleva 'dormido' años en España y Europa: la nueva revolución de la productividad*. From El Economista: <https://www.eleconomista.es/economia/noticias/13136178/12/24/la-ia-promete-revivir-un-indicador-economico-que-lleva-dormido-anos-en-espana-y-europa-la-nueva-revolucion-de-la-productividad.html>
- Filippucci, F., Gal, P., Jona-Lasinio, C., Leandro, Á., & Nicoletti, G. (2024). *The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges*. París: OECD Publishing.
- FMI. (2024). *Índice de preparación ante la IA y proporción de empleo en ocupaciones de alta exposición*. Washington, D.C.: FMI.

- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Nueva York: Basic Books.
- Gaspar, I. (2020, 11 24). *Inteligencia Artificial, la revolución para impulsar el crecimiento económico*. From El Economista: <https://www.eleconomista.es/especial-tecnologia-startups/noticias/10892708/11/20/Inteligencia-Artificial-la-revolucion-para-impulsar-el-crecimiento-economico.html>
- Georgieva, K. (2024, 01 16). *La economía mundial transformada por la inteligencia artificial ha de beneficiar a la humanidad*. From IMF BLOG: <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity>
- Goldin, C. D., & Katz, L. F. (2009). *The race between education and technology*. Harvard University Press.
- Goldin, C., Katz, L., & Kuziemko, I. (n.d.). The decline of the American middle class: A global perspective. *Brookings Papers on Economic Activity*.
- Hanson, R. (2001). *Economic growth given machine intelligence*. Fairfax, Virginia, USA: George Mason University.
- Hémous, D., & Olsen, M. (2014). *The rise of the machines: Automation, horizontal innovation and income inequality*. Londres, UK: Centre for Economic Policy Research.
- Hendler, J. (2008). Avoiding another AI winter. *IEEE Intelligent Systems*, 2–4.
- Kotlikoff, L. J. (2012). *Smart machines and long-term misery*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Lane, M., Williams, G., & Broecke, S. (2023). *El impacto de la IA en el lugar de trabajo: Principales hallazgos de las encuestas de la OCDE sobre IA a empleadores y trabajadores*. París: OCDE.
- OCDE. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing.
- OCDE. (2024). *The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges*. OECD Publishing.

- Olivetti, C. (2012). What does human capital do? A review of Goldin and Katz's The race between education and technology. *Journal of Economic Literature*, 426–463.
- Pérez, G. R. (2024, 02 26). *La inteligencia artificial destruirá 400.000 empleos en la próxima década*. From El País: <https://elpais.com/economia/2024-02-26/la-ia-podria-eliminar-hasta-400000-puestos-de-trabajo-en-espana-en-los-proximos-diez-anos-segun-randstad.html>
- Restrepo, P. (2018). Modeling automation. *AEA Papers and Proceedings* , 48–53.
- Román, J. V., García, R. M., & Rueda, J. J. (2012). *Historia de la Inteligencia Artificial*. From Universidad Carlos III de Madrid: https://ocw.uc3m.es/pluginfile.php/2573/mod_page/content/16/1_historia_inteligencia_artificial.pdf
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach*. Londres: Pearson.
- Situación actual y retos futuros de la Inteligencia Artificial*. (2023, 04 15). From ITG: <https://itg.es/situacion-actual-y-retos-futuros-de-la-inteligencia-artificial/>
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stiglitz, J. E. (2019). Artificial Intelligence and Its Implications for Income Distribution and Unemployment. In *The economics of artificial intelligence: An agenda*, edited by A. Agrawal, J. Gans, and A. Goldfarb (pp. 349-390). National Bureau of Economic Research.
- Trammell, P., & Korinek, A. (2023, 10). *ECONOMIC GROWTH UNDER TRANSFORMATIVE AI*. From NBER: <https://www.nber.org/papers/w31815>
- Turing, A. M. (1936). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 230–265.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 433–460.
- Uzawa, H. (1961). Neutral inventions and the stability of growth equilibrium. *The Review of Economic Studies*, 117-124.
- Volrath, D. (2020). *The Economics of Development*. Oxford: Oxford University Press.

Zeira, J. (1998). Workers, machines, and economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 1091-1117.