

Trabajo Final de Grado de Economía
Ámbito de especialización: Competitividad y Crecimiento
Memoria final

La Tecnología como Inductora de la Productividad en la Transformación Industrial

Caso Aplicado a la Industria Pesada de la Dorsal Europea

Autor
Bruno Méndez Rodríguez
bmendezro@uoc.edu

Director del Trabajo
Dr. Diego Cervera Itarte
dcervera@uoc.edu

Fecha 9 de enero de 2024

A Estefanía,

por lo que me complementas,
por comprensión, paciencia e inquebrantable apoyo
durante esta fascinante jornada.

*“La productividad no lo es todo, pero, en el largo plazo, es casi todo.
La habilidad de un país de mejorar su nivel de vida en el tiempo depende,
casi exclusivamente, de su habilidad de aumentar su producto por trabajador”.*

Paul Krugman, 1997¹

*“No existe ninguna magnitud macroeconómica más importante
para la futura evolución de una economía que el crecimiento de la productividad,
pero tampoco hay ninguna que se tan difícil de predecir”.*

Robert Gordon, 2003²

Resumen.....	4
Abstract.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
Justificación	6
Objetivos	7
Alcance	8
1. CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD.....	10
1.1. Crecimiento económico y demografía	10
1.1.1. Evolución del PIB per cápita	10
1.1.2. Comportamiento y comparativa de la evolución de PIB per cápita.....	12
1.1.3. La demografía como factor de crecimiento.....	13
1.1.4. Demografía en el medio y largo plazo.	17
2. METODOLOGÍA	19
2.1. Metodología de trabajo.	19
2.2. Modelo teórico.	20
2.3. Medición del crecimiento económico y su relación con las TIC.....	21
3. LAS POLÍTICAS INDUSTRIALES DE LA “BANANA AZUL”	22
3.1. La “Banana Azul” en el contexto de crecimiento económico.....	22
3.1.1. Contexto económico de los países objeto de análisis.	22
3.2. Políticas económicas: generalistas y sectoriales.....	23
3.3. Agregado Economías “Banana Azul”.....	24
3.4. Modelo de agrupación. Aproximación a la primera conclusión.....	26
4. MADUREZ INDUSTRIAL: INDUSTRIA PESADA VS. INDUSTRIA LIGERA	27
4.1. Análisis industrial	27
4.1.1. Industrias objeto de análisis.....	27
4.1.2. Contabilidad del Crecimiento	27
4.1.3. Madurez Industria Pesada Países	29
4.1.4. Madurez Industria Ligera Países	32
4.1.5. Grupo de Control: Japón y Estados (Industria Pesada y Ligera).....	35
4.2. Conclusiones del Análisis Industrial.....	37
4.3. Transformación Industrial.	38
4.4. Aproximación a la segunda conclusión.....	39
5. MODELO ECONOMÉTRICO PROPUESTO	40
5.1. Proceso de armonización.	40
5.2. Modelo Econométrico Industrial.....	41
Conclusiones	43
Vinculación del trabajo a uno o más ODS	45
Valoración	45
Autoevaluación	46
Referencias Bibliográficas	47

La Tecnología como Inductora de la Productividad en la Transformación Industrial.

Bruno Méndez Rodríguez | bmendezro@uoc.edu

Grado de Economía | Ámbito de especialización: Competitividad y Crecimiento

Resumen

En un mundo en constante cambio, la transición de la economía industrial a la economía del conocimiento encuentra en la tecnología de la información y comunicación (TIC) un aliado que desempeña un rol protagonista en el proceso. Autores como Dale Jorgenson, Mun Ho y Kevin Stiroh (2005)³ han aportado evidencias empíricas concluyentes que relacionan positivamente la inversión en tecnologías de la información con ganancias de eficiencia en Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Francia, Alemania, Italia y Japón, contribuyendo con ello a explicar avances de la productividad del trabajo a partir de la segunda mitad de la década de los noventa.

Sin embargo, desde 2005 se ha hecho evidente una desaceleración de la tendencia creciente de la productividad en las economías de los países de la OCDE, descrito este fenómeno como el “enigma de la productividad” por las dificultades que entraña encontrar motivos que lo justifiquen. Para Diane Coyle (2020)⁴, el cambio tecnológico dificulta la interpretación de las desalentadoras cifras de productividad de muchas economías. Más allá de los factores contribuyentes como el endeudamiento posterior a la Crisis Financiera de 2008 y los notables cambios demográficos, el debate se centra en entender si el concepto de productividad es todavía útil en economías del conocimiento compuestas, en gran parte de su actividad, por servicios intangibles y activos digitales. Por su parte, Brynjolfsson et. al (2016)⁵ advierte de la dificultad de identificar completamente los beneficios derivados de la inversión tecnológica y su contribución a la mejora de la productividad. Las métricas tradicionales se vuelven insuficientes e introducen la importancia que los cambios organizativos y de gestión en la aceleración o el bloqueo en la ganancia de productividad a raíz de la inversión realizada en tecnología.

Evolucionar hacia modelos industriales donde la tecnología avanzada contribuye a generar valor es un factor clave en términos de competitividad. Para Europa, desde la óptica de la relevancia geopolítica, la guerra tecnológica entre Estados Unidos y China (iniciada en el final de la administración Obama, consolidada por Trump y reforzada con Biden) que se sustenta en el bloqueo tecnológico y el subsidio nacional (Feás, 2023)⁶, puede contribuir a un eventual y peligroso estancamiento tecnológico asociado a pérdidas de ventajas competitivas. Factor que se sumaría a la tendencia decreciente de ganancia de productividad, motivo adicional que justifica la necesidad de transformar a las economías industriales en economías del conocimiento. Resulta clave, por tanto, entender qué políticas, una vez aplicadas a los procesos de desindustrialización, son óptimas en la búsqueda de ganancias de productividad.

En este estudio se exploran las relaciones, su sentido y fortaleza, entre las variables de crecimiento, particularmente aquellas vinculadas a las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y otras propias de la economía del conocimiento (capital intangible e innovación), y la productividad en los procesos de desindustrialización a partir del análisis del impacto sobre el PIB per cápita. En concreto, se analiza el caso de la transformación de la industria pesada, a raíz de las políticas implementadas en los años noventa, en la Dorsal Europea. La megalópolis más poblada del planeta, conocida como la “*Banana Azul*”, en donde la industria está altamente integrada con el territorio (Gil, 2019)⁷ y donde se alcanzan los mayores niveles de renta per cápita de la Unión Europea. Resultado de este trabajo se plantea un modelo econométrico que pone de manifiesto la relevancia de la tecnología y su vinculación con la productividad y el crecimiento en el ámbito de las actividades de manufactura industrial.

Palabras clave: productividad, crecimiento, tecnología, modelo de crecimiento, EUKLEMS, industria pesada, “*Banana Azul*”, política industrial, desindustrialización.

Abstract

In a constantly changing world, the transition from an industrial economy to a knowledge-based economy finds in Information and Communication Technology (ICT) a key ally that plays a leading role in the process. Authors like Dale Jorgenson, Mun Ho and Kevin Stiroh (2005)⁸ have provided conclusive empirical evidence positively linking investment in information technology with efficiency gains in the United States, Canada, the United Kingdom, France, Germany, Italy, and Japan, thereby contributing to explaining advances in labor productivity since the second half of the 1990s.

However, since 2005, there has been a noticeable deceleration in the increasing trend of productivity in the economies of OECD countries, a phenomenon described as the "productivity puzzle" due to the difficulties in finding justifiable reasons for it. According to Diane Coyle (2020)⁹, technological change complicates the interpretation of discouraging productivity figures in many economies. Beyond contributing factors such as post-2008 financial crisis debt and significant demographic changes, the debate revolves around understanding whether the concept of productivity remains relevant in knowledge-based economies, largely composed of intangible services and digital assets. On the other hand, Brynjolfsson et al (2016)¹⁰ warn us of the difficulty of fully identifying the benefits derived from technological investment and their contribution to productivity improvement. Traditional metrics become insufficient, emphasizing the importance of organizational and management changes in accelerating or hindering productivity gains resulting from technology investments.

Evolving towards industrial models where advanced technology contributes to generating value is a key factor in terms of competitiveness. For Europe, from a geopolitical perspective, the technological war between the United States and China (initiated at the end of the Obama administration, consolidated by Trump, and reinforced by Biden) based on technological blockade and national subsidies (Feás, 2023)¹¹ may contribute to a potential and dangerous technological stagnation associated with the loss of competitive advantages. This factor would add to the declining trend in productivity gains, providing an additional reason to justify the need to transform industrial economies into knowledge-based economies. Consequently, it is crucial to understand which policies, once applied to deindustrialization processes, are optimal in terms of productivity gains.

This study explores the relationships, their direction and strength, among growth variables, particularly those related to information and communication technologies (ICT) and other aspects of the knowledge economy (intangible capital and innovation), and productivity in the processes of deindustrialization, as analyzed through the impact on per capita GDP. Specifically, it examines the case of the transformation of heavy industry, following the policies implemented in the 1990s, in the European Backbone. This heavily industrialized megalopolis, known as the "Blue Banana," where industry is highly integrated with the territory (Gil, 2019)¹², and where the highest levels of per capita income in the European Union are achieved. As a result of this work, an econometric model is proposed that highlights the relevance of technology and its connection to productivity and growth in the field of industrial manufacturing activities.

Keywords: productivity, economic growth, technology, growth model, EUKLEMS, heavy industry, industrial policies, deindustrialization.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la productividad, como combinación de nivel de output generado con un determinado nivel de input, ha guardado una estrecha relación con la economía industrial dadas las mejoras de productividad laboral cuando se migra de sectores de baja productividad como los extractivos o el agrícola, a aquellos del ámbito manufacturero (Chenery et al., 1986; Kaldor, 1966; Lewis, 1954)¹³. También es clara la relación directa entre el nivel de industrialización y las ganancias de productividad en una determinada economía (Rodrik, 2013)¹⁴ y, en los casos de bienes industriales con elevada elasticidad, producidos bajo condiciones de economías de escala crecientes se favorecen dinámicas virtuosas de ganancias de productividad (Murphy et al., 1988; Rosenstein-Rodan, 1943)¹⁵.

El trabajo de Jesus Felipe, Aashish Mehta y Changyong Rhee¹⁶ concluye que, aunque la productividad laboral en el sector manufacturero haya crecido más rápido que la productividad laboral en otros sectores de 1970 a 2010, en términos agregados la productividad creció de forma similar por el traslado de empleo a países menos productivos sometiendo a la industrialización a complicadas dinámicas de competencia internacional. Adicionalmente, en el análisis de ese mismo período, se concluye que todas las economías ricas actuales, menos aquellas cuya base está en el petróleo, han tenido una fuerte base industrial llegando a superar, en todos los casos, niveles de empleo en la industria superiores al 18 por ciento. De esta forma, en escenarios globales de reindustrialización o industrialización tardía resulta crítico identificar aquellos factores que contribuyen a las ganancias de productividad y en qué medida la inversión en tecnología de información y comunicación (TIC) es un factor determinante en este proceso.

La “*Banana Azul*”, término acuñado en 1989 por Roger Brunet, es el gran eje industrial europeo que se extiende desde Mánchester en el Reino Unido hasta Milán el norte de Italia pasando por Bélgica, Países Bajos, Suiza y la cuenca minera del Ruhr, entre otros. En esta área se concentra el mayor dinamismo demográfico, económico e industrial de Europa y posee unas características de máximo interés para este estudio. A diferencia de otros procesos de desindustrialización acompañados de elevados costes sociales como el experimentado en el Reino Unido a finales de los setenta o en la industria de automoción en los Estados Unidos en la primera década de este siglo, en la “*Banana Azul*”, con una industria fuertemente integrada en el territorio su proceso de transformación industrial ha podido ser un elemento clave en mantener elevados niveles de capacidad adquisitiva y bajos niveles de desigualdad entre sus habitantes.

El presente trabajo pretende entender los resultados de las políticas de inversión en tecnología de la información y comunicación (TIC) aplicadas a los procesos de desindustrialización. En concreto, se estudian las políticas industriales de las economías de la “*Banana Azul*” y su transformación de un modelo basado en la industria pesada a un modelo focalizado en la industria del conocimiento, buscando con ello, identificar el impacto de la tecnología como inductora de la productividad en este proceso. Las conclusiones alcanzadas, fruto del análisis abordado, pretenden contribuir a incrementar el corpus de conocimiento económico relacionado con la productividad y sus efectos en la economía industrial.

Justificación

La elección de la tecnología como inductora de la productividad en la transformación de la industria pesada y aplicar su análisis al caso de la “*Banana Azul*” viene motivada por varios aspectos que, a partir de la inversión y mayor impacto en la sociedad de la tecnología de información y comunicación (TIC), fundamentan la oportunidad de este trabajo. En concreto, se produce una clara paradoja que contrapone una acelerada innovación tecnológica en múltiples ámbitos industriales al tiempo que se alcanzan bajas cifras de productividad (Coyle, 2020)¹⁷ en la gran mayoría de los países de la OCDE en las últimas dos décadas. Esto puede llevar a poner en duda el verdadero potencial de la inversión en tecnologías de la información y comunicaciones y sus eventuales bondades en términos de ganancia de productividad.

Por otra parte, los retrasos en la obtención de ganancias de productividad con posterioridad a la inversión en infraestructura y tecnologías de información y comunicación (TIC), así como la

incorrecta estimación de dichas ganancias, sobreestimando inicialmente el impacto en la productividad para lograr mejores resultados pasado un tiempo (Brynjolfsson y Hitt, 2000)¹⁸, puede traducirse en expectativas incumplidas con impacto en futuras decisiones de inversión. A su vez, las evidencias empíricas sobre las inversiones complementarias y significativas para que las tecnologías de propósito general tengan éxito son aún limitadas. Los trabajos sobre la *Productivity J-Curve* ofrecen aproximaciones a esa necesaria inversión complementaria que condiciona las futuras ganancias de productividad (Brynjolfsson et al., 2020)¹⁹.

Adicionalmente, no podemos afirmar que todo el impacto de las inversiones en tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) aplicado a los procesos de industrialización pueda ser considerado como óptimo por todos los actores involucrados. Los elevados costes sociales asumidos en procesos de desindustrialización (Stiglitz, 2002, Bluestone y Harrison, 1986)²⁰ o bien, los efectos vinculados a la automatización generan cambios de tal magnitud (Rifkin, 1995)²¹ que deben ser explorados más allá de la productividad incorporando necesariamente análisis complementarios sobre el futuro y las transformaciones de los mercados de trabajo.

Por su parte, los factores demográficos como el envejecimiento²², la reducción de la tasa de natalidad y la estructura etaria de la pirámide poblacional son factores condicionantes del crecimiento económico y la productividad²³. Además, en cada una de las revoluciones industriales el Producto Interior Bruto per cápita creció en aproximadamente un 25 por ciento en la primera, se multiplicó por dos veces en la segunda y por hasta tres veces en la tercera²⁴ siendo la relación con la demografía positiva y fuerte en todos los casos. Con un pronóstico de llegar a una Tasa de Fertilidad Total (TFR) inferior a 1,5 una vez que se produzca el inicio del declive poblacional, es posible que esta tendencia continúe inexorablemente (EMIL VOLSSSET, 2020)²⁵ y aunque la estructura demográfica de una economía no es un factor endógeno, sujeto a incidencia a través de políticas sobre la fertilidad, sobre la salud y sobre la migración, las proyecciones no permiten inferir que el factor demográfico sea tan determinante como lo ha sido en el pasado en relación con la productividad.

Por tanto, la combinación de todos estos factores, es decir, la desaceleración en las cifras de productividad, los retrasos en la obtención de ganancias de productividad con posterioridad a la ejecución de inversiones en tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), la necesidad de inversiones complementen a los procesos de innovación en tecnologías de propósito general, tanto en estructuras organizativas como en métodos de gestión, el coste social que se asume en los procesos de desindustrialización y que no se traduce en ganancias de productividad a nivel agregado en la economía mundial, la incidencia de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) en el futuro del trabajo y destrucción de categorías profesionales fruto de la automatización, así como la eventual pérdida en ganancia de productividad generada por el deterioro demográfico, exige explorar escenarios cuya combinación de factores impriman unas características únicas y cuya combinación junto con la correspondiente inversión en tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) pueda proporcionar rendimientos óptimos de productividad en la economía industrial.

Objetivos

En consecuencia, en este trabajo se estudia la incidencia de la tecnología como inductora de la productividad en la transformación de la industria pesada en la *“Banana Azul”* a lo largo de las últimas décadas. Se espera que los resultados obtenidos permitan aportar conocimiento y estimar una adecuada combinación de factores que determine una relación óptima entre productividad e inversión en tecnologías de la información y comunicación (TIC). De esta forma, en el ámbito geográfico seleccionado, se explorarán:

- Los indicadores de crecimiento y desarrollo, así como la productividad.
- Las políticas económicas aplicadas.
- El nivel de ambición de la política industrial desarrollada en el proceso de transformación.
- La bibliografía existente sobre la productividad, crecimiento y tecnología en la región.

- La búsqueda de una función econométrica que relacione el impacto de la inversión en tecnologías de la información y comunicaciones con la productividad en las economías de la región.

Como resultado del estudio se pretende validar las hipótesis planteadas en el alcance, así como dar respuesta a las cuatro preguntas formuladas a continuación:

1. ¿Qué combinación de factores resulta óptima para alcanzar ganancias de productividad en un proceso de transformación industrial -de industria pesada a modelo industrial basado en el conocimiento- con el apoyo de la innovación e inversión en tecnología?
2. ¿Resulta esta combinación suficiente para garantizar adecuados niveles de prosperidad a la vez que se evitan situaciones indeseadas de desigualdad?
3. ¿Puede ser el proceso de transformación industrial -de industria pesada a modelo industrial basado en el conocimiento- con sus políticas, mejores prácticas y aprendizajes replicado con expectativas de éxito en otras economías?
4. En caso de no obtener resultados concluyentes en la búsqueda de ganancias de productividad vía innovación e inversión en tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), ¿qué se concluye desde la perspectiva de la Economía Industrial de los resultados obtenidos?

Alcance

Por motivo de ambición del análisis propuesto y en coherencia con el tipo de estudio a abordar (Trabajo de Fin de Grado de Economía) todos los análisis del trabajo se realizarán exclusivamente de forma agregada a nivel país sin entrar en el detalle de regiones o sub-regiones de los países que conforman la “*Banana Azul*”. En concreto para las siguientes economías:

- Austria
- Alemania
- Bélgica
- Italia
- Luxemburgo
- Países Bajos
- Reino Unido
- Suiza

Se asume como sesgo de aproximación al análisis de estudio los siguientes condicionantes:

1. La economía de Alemania se incorpora en su totalidad de forma agregada pese a no existir una correspondencia exacta de todo el territorio con la “*Banana Azul*”.
2. La economía de Reino Unido se incorpora en su totalidad de forma agregada pese a no existir una correspondencia exacta de todo el territorio con la “*Banana Azul*”.
3. La economía de Italia se incorpora en su totalidad de forma agregada pese a no existir una correspondencia exacta de todo el territorio con la “*Banana Azul*”.
4. La economía de Francia se excluye en su totalidad de forma agregada por la menor correspondencia geográfica de con la “*Banana Azul*”. Se excluyen del análisis, por tanto, las regiones francesas de *Grand Est*, *Hauts-de-France* e *Île-de-France* que incluyen los polos industriales de Estrasburgo, Lille y París respectivamente.
5. El análisis respectivo de las economías de Luxemburgo y Suiza se verá limitado, en el primer caso por la no presencia significativa de la industria pesada resultado del análisis de las cuentas anuales en su formato *Growth Account Extended* de Euklems Luiss Lab of European Economics²⁶ y, en el segundo, porque el formato de información disponible de sus cuentas anuales no es comparable -en su detalle-, al del resto de países considerados. Sin embargo, sí se mantiene su análisis a efectos de validar las primeras hipótesis de contexto del estudio.

El análisis de trabajo se divide en dos aproximaciones. La primera, exclusivamente a efectos de validación del contexto económico de partida establece la aceptación o rechazo de las siguientes hipótesis iniciales (Hi) lo que permite delimitar el marco de análisis de este trabajo. Estas son:

- Hi₁: En cada una de las revoluciones industriales el PIB per cápita crece o se multiplica.
- Hi₂: La demografía ha sido un factor determinante del crecimiento en contexto histórico.
- Hi₃: La demografía no será un factor determinante en el crecimiento económico futuro.

En el caso de no rechazar ninguna de las anteriores hipótesis y, particularmente, la tercera (Hi₃), es decir, *“la demografía no es un factor determinante en el crecimiento económico futuro”*, se aborda como segunda aproximación, y objetivo principal de este trabajo, primero la aceptación o rechazo de que una adecuada combinación de políticas industriales favorece de manera más evidente el crecimiento económico, particularmente mediante la influencia de la industria manufacturera pesada en economías de la *“Banana Azul”* para, a continuación, evaluar la influencia que la innovación tecnológica ejerce sobre la industria pesada en su contribución al crecimiento económico. De esta forma, datos unos determinados condicionantes socioeconómicos, sociodemográficos y geográficos, se plantea aceptar o rechazar las siguientes hipótesis:

- Hf₁: Un adecuado set de políticas industriales favorece al crecimiento económico
- Hf₂: El impacto de la innovación tecnológica es más eficiente en la industria pesada.

Para ello, durante el desarrollo de este estudio, se abordan las siguientes disciplinas económicas:

- Macroeconomía: productividad, crecimiento, desarrollo, demografía, empleo, desigualdad, dotación de factores, política monetaria y política fiscal, así como el análisis país de las economías pertenecientes a la *“Banana Azul”* y terceros con ánimo comparativo.
- Microeconomía: productividad, economía industrial, políticas industriales, innovación e inversión en tecnología de información y comunicación (TIC) así como análisis de casos concretos de sectores industriales y compañías.
- Econometría: análisis de los indicadores y estimación de la ecuación que permita entender los niveles óptimos de factores que con el componente inversión en tecnología inciden en la productividad.
- Historia económica: análisis de las tres revoluciones industriales en, proceso de desindustrialización y transformación industrial en el marco de la Unión Europea.

Las fuentes de análisis de las que se nutre este estudio, es la proporcionada por las siguientes:

- ANBERD Analytical Business Enterprise Research and Development Database²⁷
- Bilateral Trade in Goods by Industry and End-use Category²⁸
- DataBank²⁹, The World Bank.
- EUKLEMS & INTANProd³⁰, Luiss Lab of European Economics.
- European innovation scoreboard³¹, European Commission.
- Eurostat³², European Union.
- Maddison Historical Statistics³³, Universidad de Groningen.
- Productivity³⁴, Universidad de Groningen.
- The WIOD Project³⁵, World Input-Output Database.
- wiiw KLEMS data repository³⁶, The Vienna Institute for International Economic Studies
- World Economic Forum Series³⁷, World Economic Forum
- World Competitiveness Ranking³⁸, IMD World Competitiveness Center.
- World Economic Outlook Databases³⁹, International Monetary Fund.

El análisis cuantitativo se complementará con las adecuadas referencias bibliográficas que permitan enriquecer tanto el análisis en sí mismo como la interpretación de los resultados obtenidos. Las fuentes que se utilizan para la obtención de referencias bibliográficas son las siguientes: i) Biblioteca UOC⁴⁰, Universitat Oberta de Catalunya, ii) Dialnet⁴¹, coordinado por la Universidad de La Rioja, iii) EconLit⁴², American Economic Association, iv) Google Scholar⁴³, Google, v) IDEAS⁴⁴, vi) JSTOR Organization⁴⁵, vii) OECD iLibrary⁴⁶, OECD, viii) Research Gate⁴⁷ y ix) Wiley Online Library⁴⁸.

1. CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD

1.1. Crecimiento económico y demografía

El crecimiento económico se entiende como la capacidad creciente de una economía para producir bienes y servicios con los que satisfacer las necesidades de los consumidores (Crafts, 2003⁴⁹) cuyo comportamiento resulta de una adecuada combinación y recurrente acumulación de los factores de producción capital y trabajo. Para ello, se espera una continuada inversión en máquinas y mejoras de las habilidades de los trabajadores que permitan obtener aumentos de productividad (*output* por unidad de factores utilizados como *input*). De esta forma, el crecimiento económico se constituye en un aspecto clave no solamente para entender el comportamiento de una economía sino también para entender las repercusiones que genera en el bienestar de los individuos siendo, por sí solo, el que tiene una mayor influencia sobre los niveles de vida individuales (Barro i Sala i Martin, 1995⁵⁰).

Uno de los indicadores más habituales utilizados para calcular el crecimiento económico es el Producto Interno Bruto (PIB) real por persona en puntos porcentuales por año tomando como referencia las cuentas nacionales de una determinada economía (Crafts, 2003⁵¹) al totalizar la producción anual en términos nominales y procediendo a realizar el ajuste a valores reales según un índice de precios de referencia.

Resulta evidente pensar que la demografía, y su evolución a lo largo del tiempo, debe desempeñar un rol determinante tanto en la productividad y su relación con el crecimiento económico de manera específica como en el comportamiento del factor trabajo, siendo el tamaño y la composición de la población, su edad, nivel de educación y dotación o habilidades aplicables al entorno laboral determinantes con un fuerte impacto en la actividad económica (Bloom, 2003⁵²). Pero también se puede considerar como obvio establecer una relación de, al menos, causalidad entre el PIB per cápita y el comportamiento demográfico de un país. De esta forma, en los siguientes apartados, se profundiza en la relación entre crecimiento y demografía, abordando las primeras hipótesis de este estudio: Hi₁) “en cada una de las revoluciones industriales el PIB per cápita crece o se multiplica”, Hi₂) “la demografía ha sido un factor determinante del crecimiento en contexto histórico” y Hi₃) “la demografía no será un factor determinante en el crecimiento económico futuro”.

1.1.1. Evolución del PIB per cápita.

Los profesores Robert Barro y Xavier Sala i Martin (1995) inician su obra *Crecimiento Económico*⁵³ poniendo el foco en la importancia del crecimiento económico pero contextualizado al Producto Interior Bruto (PIB) real per cápita. En su argumentación inicial hacen hincapié en las consecuencias de pequeñas variaciones del crecimiento (sic): “el producto interior bruto (PIB) real per cápita de los EE.UU. se multiplicó por diez entre 1870 y 2000 pasando de los 3.340 dólares a 33.300 dólares, ambas cifras expresadas en dólares de 1996. Este crecimiento se traduce en una tasa de crecimiento del 1,8 por ciento anual [...] si la tasa de crecimiento hubiese sido del 0,8 por ciento, que es bastante parecida a la lograda a largo plazo (entre 1900 y 1987) por la India (6,4%), Pakistán (0,88%) y las Islas Filipinas (0,86%) [...] el PIB per cápita en 2000 hubiese alcanzado 9.450 dólares, solo 2,8 veces el valor de 1870 y el 28 por ciento de 33.000 dólares, el valor real de 2000, ocupando el puesto cuarenta y cinco entre los 150 países para los que se dispone de datos” (Barro i Sala i Martin, 1995⁵⁴).

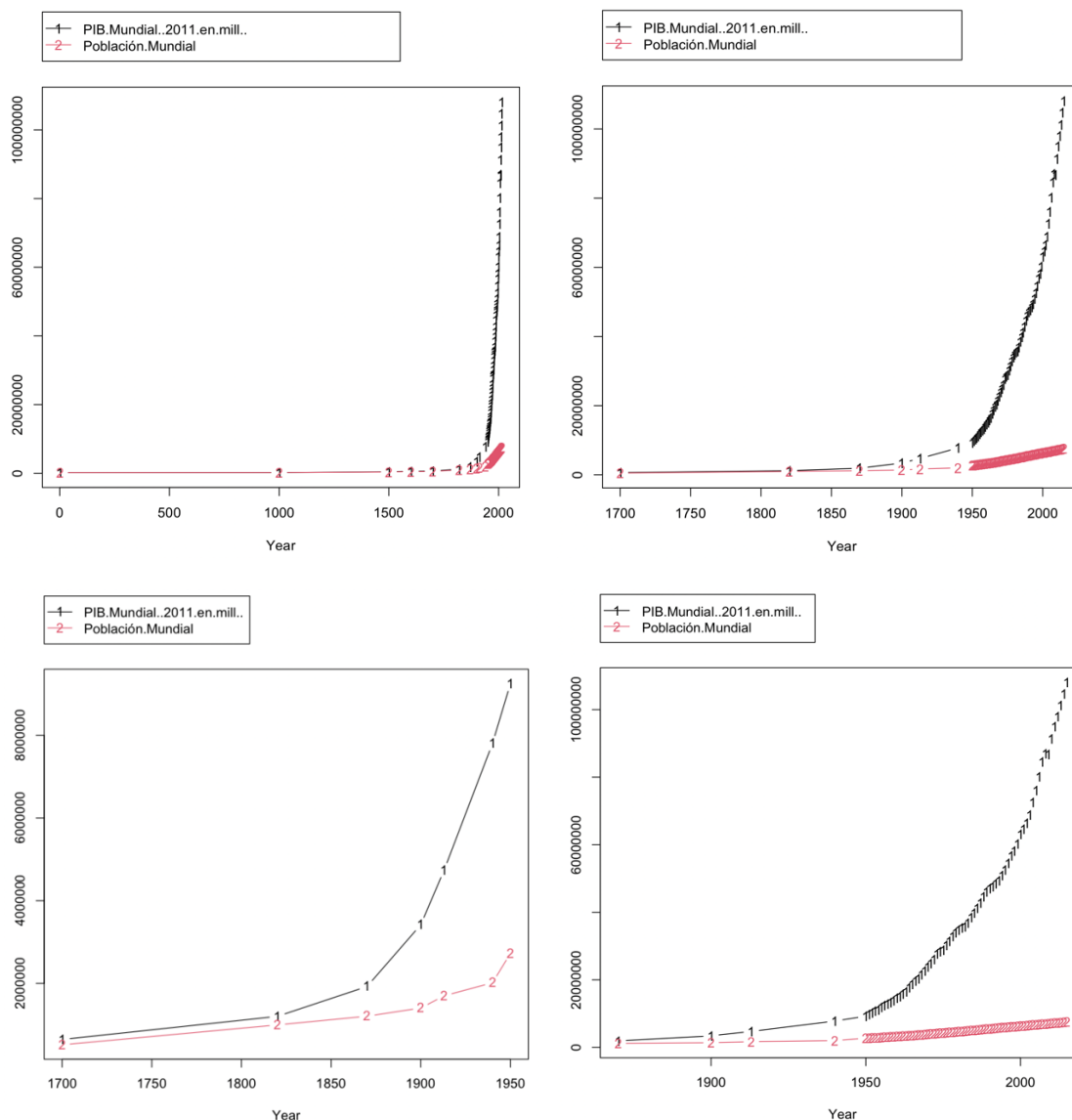
Según las estimaciones de Maddison (2001) el PIB per cápita de la economía mundial no fue superior en el año 1000 que, en el año 1, y apenas un 53 por ciento más alto en 1820 que en el año 1000, un crecimiento muy bajo para 820 años. Sin embargo, aumentó a un ritmo del 0,5 por ciento anual de 1820 a 1870 y siguió aumentando hasta alcanzar cifras del 3 por ciento anual entre 1950 y 1973 (Aghion y Howitt, 2009⁵⁵). Entender este comportamiento resulta crucial en el largo plazo de manera incluso más relevante que el entendimiento de los ciclos económicos del corto y medio plazo. Así, si es factible entender el impacto de los factores de producción en la productividad y, por extensión, el crecimiento económico y, si además, es factible identificar cuál debe ser la adecuada combinación de esos factores así como la sustitución en el medio y largo

plazo de aquel o aquellos cuya disponibilidad será más limitada en el futuro -a priori el factor trabajo tal como hoy lo conocemos-, se generará una contribución positiva al *corpus* de conocimiento necesario para abordar desafíos futuros de ámbitos macro y microeconómico siguiendo los pasos, desde una aproximación sustancialmente muchísimo más humilde que la de grandes referentes de décadas pasadas como Robert Solow (1956⁵⁶) y Paul Romer (1990⁵⁷).

En el siguiente conjunto de gráficos se representa el PIB mundial (precios de 2011) y la población mundial desde el año 1 hasta el año 2015, con diferentes períodos temporales representados: i) 1 a 2015, ii) 1700 a 2015, iii) 1700 a 1950 y iv) 1870 a 2015, permite, de forma sencilla, a través del cociente de ambos términos obtener el PIBpc cuyo resultado permite aceptar la primera hipótesis: H_1 : “En cada una de las revoluciones industriales el PIB per cápita crece o se multiplica” poniendo el énfasis en el crecimiento a largo plazo. Así, el PIB per cápita:

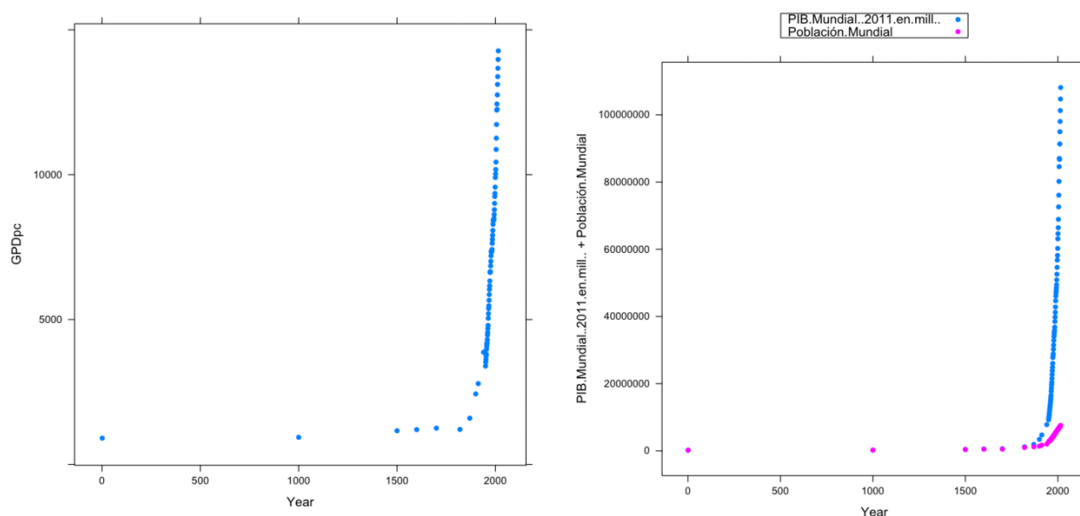
- i) de 1700 a 1870 crece en un 27,5%,
- ii) de 1870 a 1950 se multiplica en un 112,8%,
- iii) de 1950 a 1990 se multiplica en un 148,9% y
- iv) de 1990 a 2015 crece en un 69,9%.

Evolución del PIB Mundial y la Población Mundial desde el año 1 hasta 2015



De ahí que, a partir de la década de los años 50 del siglo pasado, se produce una notable divergencia de crecimiento entre el producto interior bruto a nivel mundial y la población (gráfico

de la derecha) y, en consecuencia, un fuerte crecimiento del PIBpc en las últimas décadas (gráfico de la izquierda). De esta forma, se considera que, eventualmente, el crecimiento demográfico ya no es la única variable que explica el crecimiento económico.



1.1.2. Comportamiento y comparativa de la evolución de PIB per cápita.

El uso de logaritmos para la comparativa del PIB per cápita entre diferentes economías permite evaluar las diferencias relativas entre países facilitando su interpretación y comparación a la vez que permite una mejor interpretación de los resultados de series históricas a lo largo del tiempo siendo una práctica común en economía y estadística (Basu, 2022⁵⁸). Así, del análisis de la evolución del PIB per cápita desde el año 1 hasta el año 2018, según la disponibilidad de datos por país, tenemos las medias (*mean*) y desviación típica (*sd*) de los logaritmos del PIB per cápita de las economías objeto de estudio:

Tabla 1

País	<i>mean</i>	<i>sd</i>	n	NA
Austria	3.936622	0.3940366	154	618
Bélgica	3.939201	0.3636663	182	590
Alemania	3.888287	0.4187774	176	596
Italia	3.531526	0.2669101	710	62
Luxemburgo	4.465254	0.2198000	69	703
Países Bajos	3.608890	0.3104511	665	107
Suiza	4.033637	0.4296189	169	603
Reino Unido	3.438562	0.3740267	768	4

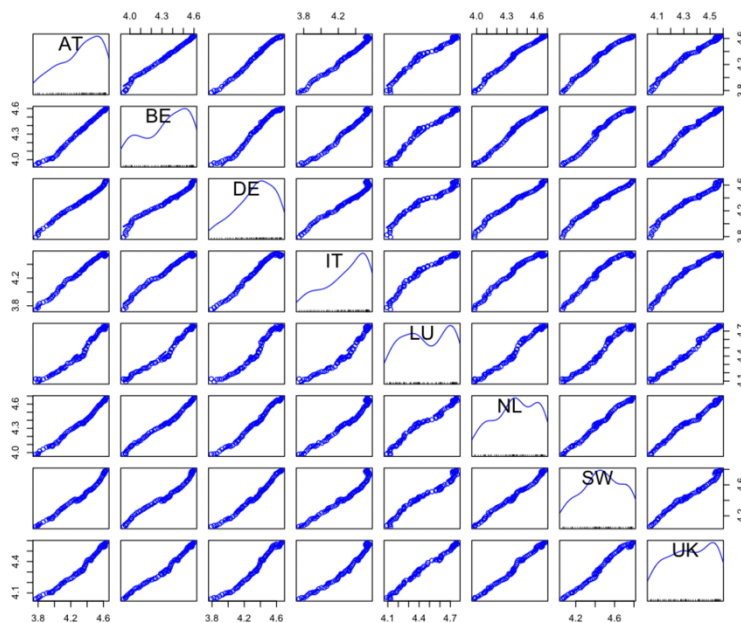
Elaboración propia. Análisis de desviación típica de los logaritmos del PIBpc.

Fuente: Maddison Project Database (release 2020).

De esta forma, la media como valor promedio del logaritmo del PIB per cápita a lo largo del período analizado armoniza el crecimiento a lo largo del tiempo entre aquellos países con valores similares, como ocurre con Austria, Bélgica y Alemania en un rango cercano por una parte, e Italia, Países Bajos y Reino Unido en otro, con un crecimiento relativamente constante en estos países a efectos comparativos. Observamos diferencias, como no podía ser de otra forma, en los datos de Luxemburgo y Suiza, con menor muestra y siendo esta la perteneciente a un rango temporal más cercano a la actualidad desde la mitad del pasado siglo.

Por su parte, la desviación estándar *sd* mide la variabilidad en el crecimiento del PIB per cápita, indicando los valores altos o bajos, es decir divergentes en el crecimiento. Así un valor más alto sugiere fluctuaciones que pueden llegar a ser significativas en el crecimiento, mientras que valores más bajos sugieren mayor estabilidad, siendo los casos más fluctuantes los de Alemania

y Suiza, seguidos después de Austria, Reino Unido y Bélgica. En cualquier caso, a priori, los valores no muestran comportamientos erráticos o extraños en la evolución del crecimiento y el PIB per cápita a lo largo del tiempo. En cualquier caso, de forma complementaria y para ofrecer una argumentación más consistente sobre la similitud o diferencia del comportamiento, el siguiente gráfico tipo matriz de dispersión *scatterplotMatrix*, nos muestra, visualmente, comportamientos relativamente similares.



Conviene además realizar un análisis estadístico más preciso a través del análisis de componentes principales detallado en documento de anexos (Tabla 2) y que indica que en el primer componente todas las economías tienen cargas positivas, altamente relacionadas con ese componente y, además este primer componente explica la mayoría de la varianza, en concreto un 98,83 por ciento del total, de manera que se logra reducir la dimensionalidad de los datos originales a la vez que se permite entender la forma en la que las economías se correlacionan en términos de covariación y, con ello, abordar un análisis de la demografía y el crecimiento que no plantea desafíos de partida en cuestiones de divergencia y fluctuación de resultados de las economías objeto de estudio.

1.1.3. La demografía como factor de crecimiento

La forma en la que el tamaño de la población se modifica, algo que solo ocurre a partir de los nacimientos, las defunciones y la migración, determina tres elementos que reciben especial atención en el análisis demográfico. A su vez, la composición de la población depende de eventos adicionales que marcan transiciones entre categorías como el estado civil, características invariantes como el sexo o completamente determinadas por el paso del tiempo como la edad (Livi-Bacci, 2003⁵⁹). Ambos aspectos, el tamaño y la composición de la población han contribuido a que la demografía haya sido uno de los factores determinantes del crecimiento económico moderno (Kuznets, 1967⁶⁰ y Barro i Sala i Martin, 1995⁶¹).

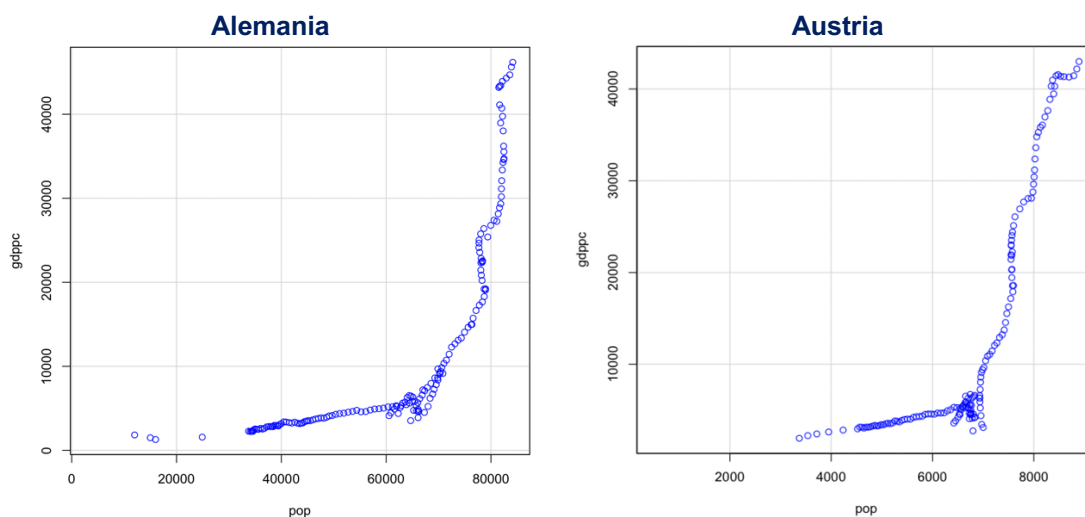
La demografía ha vivido un ciclo virtuoso en los siglos XVIII, XIX y XX de la mano de las revoluciones industriales a la vez que ha sido elemento fundamental en el propio crecimiento económico vivido durante estos períodos contribuyendo a la expansión económica. En Europa y América, la Revolución Industrial inicia un proceso de crecimiento demográfico (Livi-Bacci, 1999⁶²), con una notable aceleración de la tasa de crecimiento que en el siglo XIX alcanzó el 1 por ciento (frente al 0,35 por ciento en el resto del mundo) y que decelera en la segunda parte del siglo XX (Cipolla, 1978⁶³), al tiempo que el síndrome de la pobreza (recursos y conocimientos) finalmente se rompe y con ello, se obtienen los beneficios conjuntos de un mayor nivel de vida y un mayor conocimiento científico, ambos están en la base de la disminución de la mortalidad. De

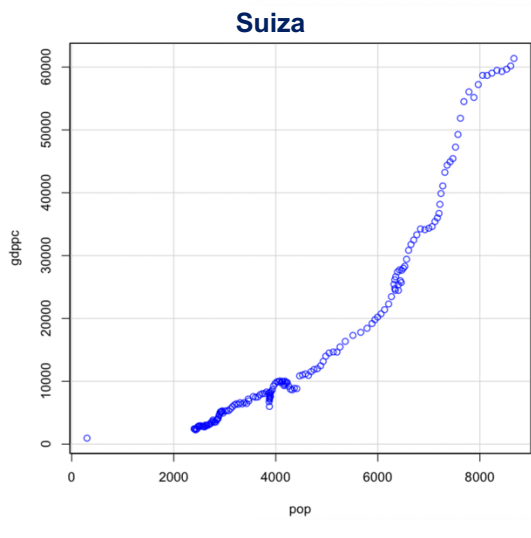
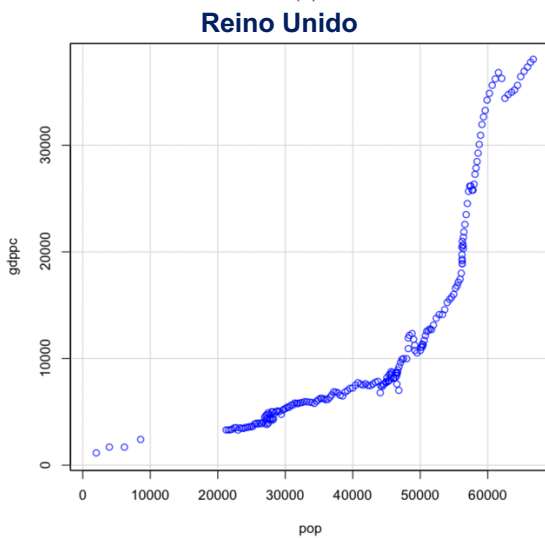
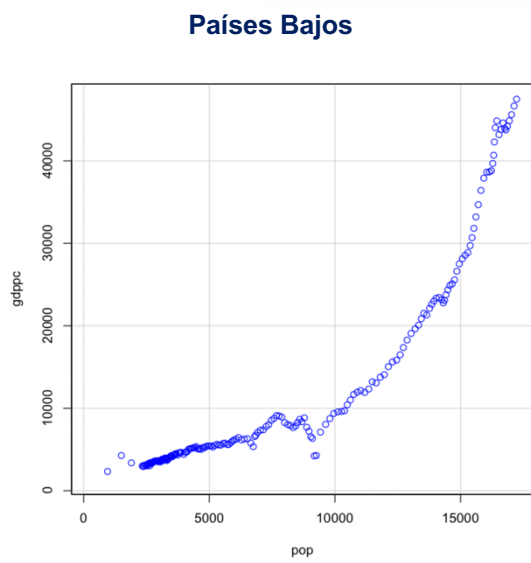
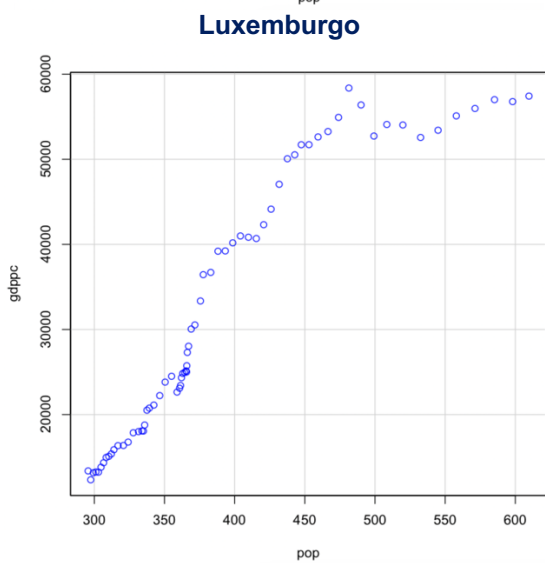
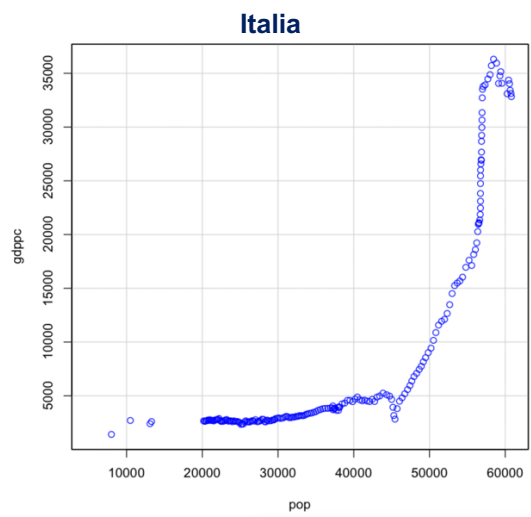
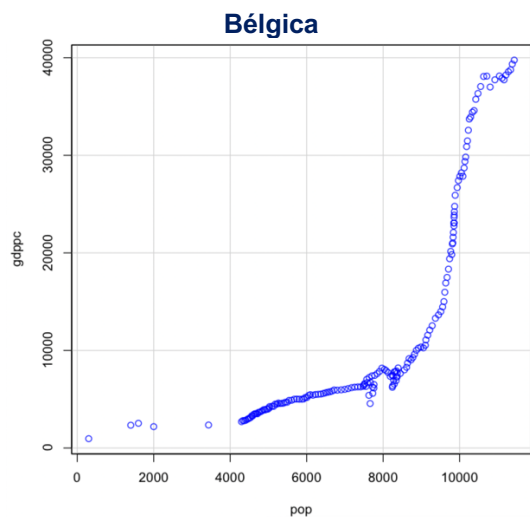
esta forma, a medida que las tasas de natalidad superan a las tasas de mortalidad (Malthus, 1803⁶⁴) se produce un notable aumento de la población proporcionando mano de obra abundante y barata que impulsó la producción industrial (Mill, 1848⁶⁵). La mayor parte de la migración europea durante los siglos XVIII y XIX fue del campo a la ciudad y la mayoría de los emigrantes procedían de las zonas rurales (Dudley, 2003⁶⁶). Aunque en muchos países las tasas de emigración urbana superan a las rurales, en realidad, muchos emigrantes de las ciudades europeas habían nacido en zonas rurales, los conocidos como emigrantes “*en etapa*” (Brinley, 1954⁶⁷). Estos movimientos migratorios contribuyeron a la urbanización, elemento determinante de los procesos de industrialización (Williamson, 1999⁶⁸ y Wrigley, 1987⁶⁹). A medida que las personas se trasladaron de las zonas rurales a las ciudades en busca de empleo en fábricas y talleres, se formaron conglomerados urbanos que se convirtieron en centros de producción y comercio (Bairoch, 1988⁷⁰). La concentración de trabajadores en áreas urbanas permitió una mayor eficiencia en la producción y una mayor especialización laboral, lo que impulsó la productividad y el crecimiento económico en fenómenos tan estudiados como el crecimiento y la productividad de la mano de obra agrícola (Boserup, 1965⁷¹), el paso del empleo primario al secundario y terciario, la evolución de la tecnología, la producción en masa y la escala, el alcance y la sofisticación, cada vez mayores, de los mercados (Hohenberg, 2003⁷²). El crecimiento sostenido de los ingresos per cápita, *intensive development* para el sociólogo John Goodsblom (1999)⁷³ resulta, en última instancia de avances, en el conocimiento aplicado a la actividad económica, en donde el urbanismo y la concentración de población en las ciudades ha sido un elemento característico. “*Las organizaciones que producen, transmiten, registran o almacenan conocimiento han sido principalmente urbanas (imprenta y publicación, escuelas, bibliotecas, museos, sociedades científicas y laboratorios), al igual que los principales mercados. Los instrumentos, barcos, máquinas y herramientas proceden en su mayoría de talleres urbanos, así como las innovaciones que impulsaron empresas factibles y rentables*” (Hohenberg, 2003⁷⁴).

Así, en la medida en la que el modelo utilizado es un modelo de regresión simple y no implica causalidad, puesto que otros factores pueden estar influyendo en el crecimiento económico, como de hecho, así ocurre, el objetivo principal en este momento, habiendo sentado las bases que la literatura económica ofrece, con suficientes referencias para asumir que “*la demografía ha sido un factor determinante en el crecimiento económico*” a lo largo de la historia económica, se procede a simplemente aceptar o rechazar la hipótesis y establecer el nivel de correlación entre ambas variables.

Análisis de sensibilidad entre variables

Mediante un análisis de sensibilidad univariante mediante un gráfico de dispersión en el plano cartesiano permite visualizar cómo la variable población afecta a la variable de respuesta producto interior bruto per cápita, donde cada punto representa una observación (x, y). Representamos en el eje X la variable independiente (población) y en el eje Y la variable dependiente PIBpc.





Correlación entre PIB y población.

Mediante un test de correlación de Pearson, utilizado para medir la fuerza y la dirección de la relación lineal entre las dos variables cuantitativas: Producto Interior Bruto per cápita y Población, obtenemos los resultados de la Tabla 3 en donde se verifica la hipótesis alternativa en la que la correlación verdadera no es igual a cero al 95% de nivel de confianza que matemáticamente se representa:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde x_i representa los valores de la variable x (PIBpc), \bar{x} es la media de los valores de x , y_i representa los valores de la variable y (población), \bar{y} es la media de los valores observados de las dos variables situando el valor de r entre -1 y 1 . Para probar si la correlación es significativamente diferente de cero, utilizamos la siguiente fórmula matemática:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde r es el coeficiente de correlación de Pearson, n es el número total de observaciones, t es el estadístico que se compara con un valor crítico de la distribución t con $n - 2$ grados de libertad para determinar el nivel de significatividad estadística. Así, como vemos en la siguiente tabla, el nivel de correlación entre ambas variables es el de correlación positiva fuerte ($> 0,70$) a muy fuerte ($> 0,90$) en toda la serie histórica desde que se tienen registros de los países considerados.

Tabla 3

País	t	DF	p value	Interval (1)	Interval (2)	Sample estimates
Austria	16.449	152	< 2.2e-16	0,7350399	0,8506784	0,8001766
Alemania	15.160	171	< 2.2e-16	0,6854472	0,8144012	0,7572085
Bélgica	18.400	176	< 2.2e-16	0,7540160	0,8560893	0,8111417
Italia	20.530	201	< 2.2e-16	0,7727165	0,8628045	0,8228648
Luxemburgo	22.083	67	< 2.2e-16	0,9009188	0,9610583	0,9376618
Países Bajos	31.019	200	< 2.2e-16	0,8827273	0,9310027	0,9098970
Reino Unido	22.281	201	< 2.2e-16	0,7987804	0,8792413	0,8436850
Suiza	37.901	167	< 2.2e-16	0,9281516	0,9602512	0,9464947

Elaboración propia.

Fuente: Maddison Project Database

Pearson's product-moment correlation

Hipótesis alternativa: Correlación verdadera no es igual a cero al 95% de intervalo de confianza.

Modelo de regresión lineal simple

Mediante un modelo de regresión lineal simple representado matemáticamente por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

donde Y_i es la variable dependiente, PIBpc; X_i es la variable independiente, población; en ambos casos para la i -ésima observación, β_0 es la constante, o valor esperado de Y cuando $X = 0$ (no representado en la tabla por su nula aportación económica al análisis puesto que la población en ningún caso será igual a cero); β_1 es el coeficiente de la pendiente que representa el cambio esperado en Y por una unidad de cambio en X (*estimate*) y ϵ_i es el error para la i -ésima observación, que representa factores no observados que afectan a Y y también a X .

De esta forma, según se detalla en la Tabla 4, se estima el impacto de la población sobre el PIBpc de los países considerados en el análisis y se obtiene el cambio estimado en la variable dependiente, PIBpc, por cada unidad de cambio en la variable independiente, población. Así, en todos los casos, se observa un comportamiento positivo en el incremento de las unidades de PIBpc al aumentar la población, siendo los países demográficamente más poblados (Alemania, Reino Unido e Italia) aquellos en los que el aumento de una unidad de población no se corresponde con un aumento proporcional en el PIBpc. Sí ocurre, por el contrario, en países de menor tamaño que multiplican por dos, cuatro y hasta ocho veces o incluso el caso excepcional

de Luxemburgo que multiplica el PIBpc por 178 veces por cada unidad de población. Por tanto, aunque con impacto diferente, en perspectiva histórica se establece una relación positiva entre el tamaño de la población, su crecimiento y el crecimiento del producto interior bruto per cápita.

Tabla 4

País	Estimate	Std. Error	t value	Pr (> t)	Multiple R ²	Adjusted R ²	F-statistic	DF
Austria	8,56540	0,52070	16,45	<2e-16 ***	0,6403	0,6379	270,6	152
Alemania	0,54918	0,03623	15,16	<2e-16 ***	0,5734	0,5709	229,8	171
Bélgica	4,02060	0,21850	18,40	<2e-16 ***	0,6580	0,6560	338,5	176
Italia	0,64943	0,03163	20,53	<2e-16 ***	0,6771	0,6755	421,5	201
Luxemburgo	178,258	8,07200	22,08	<2e-16 ***	0,8792	0,8774	487,7	67
Países Bajos	2,29661	0,07404	31,02	<2e-16 ***	0,8279	0,8271	962,2	200
Reino Unido	0,61638	0,02766	22,28	<2e-16 ***	0,7118	0,7104	496,4	201
Suiza	8,41850	0,22210	37,90	<2e-16 ***	0,8959	0,8952	1436	167

Elaboración propia.

Fuente: Maddison Project Database

Modelo de regresión lineal

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Se concluye este apartado después de realizar los correspondientes análisis y test de significatividad, aceptando la segunda hipótesis H_{i2} : “La demografía ha sido un factor determinante del crecimiento en contexto histórico”.

1.1.4. Demografía en el medio y largo plazo.

En los apartados anteriores hemos comprobado la importancia que ha supuesto en el crecimiento económico por su incidencia en el factor de producción trabajo y la productividad. Por otra parte, aunque no es objeto de este estudio, no debemos menospreciar la influencia que la demografía supone en la componente Consumo (C) de la función de demanda agregada: $DA = C + I + G - (X - M)$. Sin embargo, no podemos afirmar que la fertilidad se sitúe en un comportamiento similar al experimentado en las décadas pasadas. Por tanto, resulta necesario, para el ámbito de este estudio, aceptar o rechazar la tercera hipótesis inicial H_{i3} “la demografía no será un factor determinante en el crecimiento económico futuro”.

En caso de ser aceptada esta hipótesis, tendrá una notable influencia en el comportamiento del crecimiento económico en el medio y, sobre todo, en el largo plazo. A su vez, una reducción de la población tendrá efectos también directos sobre el PIB per cápita por la tendencia decreciente del componente denominador de este indicador. Así, en la medida en la que el crecimiento económico experimente tasas de crecimiento superiores a las demográficas o, por el contrario, en la medida en la que el crecimiento económico se contraiga en tasa inferiores a las demográficas la tendencia del PIB per cápita debería ser *ceteris paribus* netamente positiva y creciente.

Para el análisis de este apartado, en ausencia de datos futuros más allá de los ejercicios de estimación realizados por diversos autores, se toman como fuentes de información para su análisis las que siguen a continuación. Algunas de estas fuentes proyectan en el medio y largo plazo la evolución demográfica y otras advierten de las consecuencias de que entre 2009 y 2018 haya disminuido la tasa de fertilidad por debajo de los niveles de reemplazo en la gran mayoría de los países europeos (Parr, 2023)⁷⁵.

Hace prácticamente dos décadas, John Caldwell (2004)⁷⁶ estimaba oscilaciones en la población mundial en el largo plazo cuya tendencia se podría mantener en torno a un rango de ocho a diez mil millones de personas descendiendo en función del ingreso bruto real objetivo o aumentando si se identifican medidas correctivas que permitiesen controlar la degradación atmosférica y el suelo. De esta forma “si las medidas correctivas resultan insuficientes para compensar las presiones de población e ingreso, y si el ingreso mundial per cápita continúa creciendo a un ritmo aproximado de 1.5 por ciento anual, entonces la población mundial tendría que reducirse a la

mitad cada 50 años o habría que establecer una moratoria en el crecimiento económico” (Caldwell, 2004⁷⁷) y tal como anticipa Bongaars (2002⁷⁸) la mujer podría tener, en promedio, dos hijos pero sin poder garantizar que estos sean con su primera pareja o incluso tampoco se puede afirmar si tendrá una pareja estable a la vez que aumenta la proporción de personas mayores.

Las proyecciones más actuales, el estudio *Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study* de Emil Vollset *et al.* (2020⁷⁹) estiman una tasa global de fertilidad (TFG), al 95% de confianza, en 1.66 para el año 2100 habiendo alcanzado su punto más alto en 2064 con 9.730 millones de habitantes y disminuirá a 8.790 millones en 2100. A su vez se estiman cambios en la estructura de edad en muchas partes del mundo con 2.370 millones de personas mayores de 65 años y apenas 1.700 millones menores de 20 años en ese 2100. En consecuencia, en el año 2050 un total de 151 países tendrán una tasa global de fertilidad inferior al nivel de reemplazo (TFG<2,1) y 183 alcanzarían un nivel inferior al de reemplazo en 2100 (Emil Vollset *et al.*, 2020⁸⁰). En líneas similares se manifiestan Delventhal, Fernández-Villaverde y Guner (2022)⁸¹, con relación a la transición demográfica que “de tasas superiores al 2% por año a finales de la década de 1960. Desde entonces, la tasa de crecimiento de la población mundial ha estado disminuyendo, con un crecimiento actual que ya está por debajo del 1% por año. Según las proyecciones de población de las Naciones Unidas, el crecimiento de la población será solo del 0.1% para el año 2100”.

En particular, en Europa, en 2018, la tasa de fertilidad estuvo por debajo del nivel de reemplazo en toda Europa siendo la migración neta positiva en dos terceras partes de los países de Europa (Nick Parr, 2023⁸²), en concreto “los resultados muestran que en varios países del norte y noroeste de Europa, el nivel de migración neta ha estado consistentemente por encima de este nivel de reemplazo: si el nivel de migración neta y las tasas de fertilidad y mortalidad permanecen constantes, la población aumentaría. Sin embargo, los hallazgos también indican que, en todos los países del este de Europa incluidos, el nivel de migración neta ha estado consistentemente por debajo del nivel de reemplazo de la migración neta”. En consecuencia, algunos autores exponen los beneficios de los períodos prolongados de fertilidad por debajo del nivel de reemplazo en el largo plazo con “una población humana camino de alcanzar su punto máximo durante la segunda mitad de este siglo y después disminuir a 2-4 mil millones de personas para el año 2200. Dado que esta población más pequeña estará bien educada, debería ser lo suficientemente saludable y próspera como para poder enfrentar con bastante éxito los efectos inevitables del cambio climático” (Wolfgang Lutz, 2023⁸³). Sin embargo, la argumentación de Lutz incorpora la incertidumbre del factor trabajo, relacionado con la demografía, en la función de crecimiento y las implicaciones de la hipótesis tercera: H_3 : “La demografía no será un factor determinante en el crecimiento económico futuro” que, a raíz de las proyecciones consideradas, podemos aceptar como hipótesis válida.

2. METODOLOGÍA

2.1. Metodología de trabajo.

El método de trabajo a desarrollar es el propio de un proceso de investigación empírico aplicado a la ciencia económica, en particular, al análisis de variables que determinan el crecimiento, la productividad y el comportamiento de determinados sectores económicos, como es el caso de la manufactura en sus vertientes pesada y ligera para un determinado grupo de economías que conforman la “Banana Azul” de Europa.

En primer lugar, se realiza la formulación de las hipótesis iniciales, de contexto, que han sido previamente validadas en el apartado 1. Todas ellas han sido aceptadas lo que permite avanzar sin ningún tipo de restricciones en las siguientes etapas del estudio. La máxima fundamental de las hipótesis de partida pasa por el argumento de reducir la importancia que la variable demográfica ha tenido en el pasado tanto en el crecimiento económico como en la productividad.

A la etapa de formulación de hipótesis le sucede la correspondiente a la recolección de datos que, tal como se detalla en el apartado *Alcance* de la *Introducción* de este TFG se nutre de las fuentes económicas de referencia (Maddison Project, Banco Mundial y Eurostat, entre otros). La recogida de esta información, desde una perspectiva histórica permite establecer un perímetro de análisis sobre el que se desea trabajar, fundamentalmente el que permite analizar las hipótesis de partida con un horizonte temporal suficientemente lejano en el pasado, a la vez que se introducen variables económicas e industriales desde, al menos, la última década del siglo XX. El análisis empírico, por tanto, tal como se ha realizado en el apartado 1, permite aceptar las hipótesis de partida mediante diversas técnicas estadísticas y econométricas. En concreto: i) para la primera hipótesis un análisis descriptivo del PIB y el análisis de la desviación típica de los logaritmos del PIB per cápita, ii) para la segunda un análisis de correlación entre el PIB y la población, el análisis de elasticidad entre variables a la vez que un modelo de regresión lineal simple que determine la relación entre ambas variables y, por último, iii) para la tercera hipótesis el estudio se sirve de las predicciones demográficas futuras en el medio y largo plazo de la literatura económica y de otras ciencias sociales.

En este estadio se puede avanzar a la siguiente fase del trabajo relacionada con la primera de las hipótesis finales, esto es, H_{f1} : “*un adecuado set de políticas industriales favorece el crecimiento económico*” y, particularmente en el caso de la industria pesada para las economías objeto de análisis. Se aborda este proceso de análisis primero identificando y seleccionando las variables relevantes para el estudio y después trabajando sobre ellas, de forma comparada en la serie histórica correspondiente a 1996 – 2019. A partir de un corte simétrico de esta serie historia se evalúan, dadas las características de estabilidad del modelo econométrico, las diferencias entre el período 1996 – 2007 y 2008 – 2019. El corte simétrico de la transición del año 2007 al 2008, posiciona el análisis al inicio de la Gran Crisis Financiera de 2008 y lleva, desde ese momento hasta el último año -2019- previo al inicio de la pandemia del COVID.

El análisis inicial del estudio se aborda mediante la utilización de técnicas de reducción de la dimensionalidad, tanto la de Análisis de Componentes Principales (PCA) como el Análisis Factorial (FA). Con el primero se persigue encontrar aquellos componentes principales como combinaciones lineales de las variables originales que capturen la mayor variabilidad de los datos relacionados con la hipótesis de partida. Por su parte el análisis factorial permite trabajar sobre las correlaciones de las variables observadas en la búsqueda de un número menor de variables no observadas, los factores. En ambos casos subyace la búsqueda interna de un número relativamente grande de variables que se tratan de simplificar a un grupo de factores con alta potencia explicativa. Sin pretender anticipar el resultado del análisis, se prevé encontrar una variedad de componentes principales que recojan las políticas económicas en sus diferentes vertientes, generalistas o sectoriales, relacionando tanto con factores de producción tradicionales (trabajo y capital) como otros inductores como la innovación y la tecnología cuyo nivel explicativo sea superior. Este hallazgo llevaría a aceptar la hipótesis inicial. En caso contrario, en la medida en la que esta hipótesis no pueda ser aceptada, no afecta ni condiciona la continuidad del estudio en la exploración de la segunda de las hipótesis finales planteadas.

Ese nivel de reducción de la dimensionalidad a un conjunto de componentes principales o un conjunto de factores, además de permitir interpretar de forma más correcta el nivel de madurez de las diferentes economías y el desempeño asociado el crecimiento económico, permite avanzar en la siguiente etapa y, cuasi definitiva del estudio, esto es, la aceptación o rechazo de la hipótesis final segunda: H_{f2} : “el impacto de la innovación tecnológica es más eficiente en la industria pesada” que en su comparación con otras industrias y actividades económicas tanto desde la óptica de los países pertenecientes a la dorsal europea como con el grupo de control establecido a efectos comparativos (economías de Estados Unidos y Japón).

2.2. Modelo teórico.

El modelo teórico de partida en este Trabajo de Fin de Grado, tal como se anticipa en el apartado *Introducción: Justificación, Objetivos y Alcance*, plantea profundizar en el estudio de la productividad, el crecimiento económico y los procesos de transformación industrial. Para ello, se establece un contexto de análisis empírico muy concreto, un conjunto de economías europeas que conforman la “Banana Azul” y que, a lo largo de las últimas décadas, han sido un referente en prosperidad, calidad de vida, igualdad, bajos niveles de desempleo y, en general, un comportamiento aspiracional para otras economías en muchos de sus indicadores. Ahora bien, tal como se adelantaba en el *Abstract* de este TFG, el desempeño del indicador productividad no responde, en las últimas décadas, de la misma forma que en el pasado y este hecho requiere contemplar proyecciones futuras que no necesariamente han de tener una relación directa y continuista con las del pasado. Por tanto, a partir de esta circunstancia, el modelo teórico planteado en este trabajo parte de las siguientes premisas:

- i) La productividad y el PIB per cápita son dinámicos y, particularmente, la relevancia de la industria manufacturera en su comportamiento ha sido y seguirá siendo será notable.
- ii) La combinación de los factores de producción está en constante evolución y ello incide en el comportamiento de las industrias manufactureras, tanto pesadas como ligeras.
- iii) Los elementos de corte tecnológica o innovadora que inciden en el factor trabajo adquieren y adquirirán un peso mayor en su contribución al crecimiento y su medición y correcta contabilización entraña notables desafíos metodológicos y empíricos.

De lo anterior se busca identificar un modelo matemático que permita explicar las diferencias entre industrias manufactureras y el comportamiento de los factores. Así, se determinan ciertas consideraciones, más allá de las hipótesis, que deberán ser validadas a lo largo del estudio:

- a) Los factores de producción no afectan por igual a todas las industrias (dualidad industria pesada e industria ligera),
- b) pero tampoco afectan por igual según qué geografías y la estructura de las economías.

En continuidad con lo anterior y a partir del análisis de factores y políticas económicas de diverso alcance (fiscales, monetarias, comerciales, sociales, de empleo, educativas e industriales, entre otras) se propone en este TFG el desarrollo de una ecuación que permita explicar el comportamiento de los factores y, especialmente aquellos relacionados con las tecnologías ICT, en la industria pesada y su diferencia con la industria ligera y, por extensión, con otros sectores. Además, esta ecuación ha de ser compatible en su comparativa respecto a otras industrias similares en economías de control (Estados Unidos y Japón) de forma que la identificación de diferencias entre las respectivas ecuaciones y zonas geográficas sirva para el mejor entendimiento económico del contexto actual y como herramienta para la toma de decisiones. Una vez alcanzada una adecuada reducción de la dimensionalidad de los factores considerados se procede a realizar en análisis econométrico, mediante modelos de regresión lineal múltiple, que aproximen la relación entre la variable dependiente Y , esto es, el PIB per cápita, con un número determinado n de variables independientes X_i siendo $n \in \mathbb{Z}$ y un residuo aleatorio ε de forma que podamos predecir el comportamiento de la tecnología en el ámbito industrial de estudio:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_{n-1} X_{n-1} + \beta_n X_n + \varepsilon.$$

Para realizar el modelo de regresión utilizaremos las variables de crecimiento -servicios de capital, servicios del trabajo y productividad total de los factores- obtenidas a partir de la contabilidad nacional en el proyecto EU KLEMS & INTANProd que, a continuación, se detalla.

2.3. Medición del crecimiento económico y su relación con las TIC.

Según se detalla en el “Procurement procedure ECFIN/2020/O.P./0001 - Provision of Industry level growth and productivity data with special focus on intangible assets - 2020/S 114-275561” De LUISS LAB OF EUROPEAN ECONOMICS⁸⁴, el proyecto EU KLEMS & INTANProd es una nueva base de datos financiada por la Dirección General de Asuntos Económicos y Financieros (DG-ECFIN) de la Comisión Europea para el análisis de la productividad. Esta base de datos actualiza ediciones anteriores de la base de datos EU KLEMS y las amplía con estimaciones de productividad que incorporan medidas de inversión intangible de INTAN Invest⁸⁵. EU KLEMS & INTANProd es la primera base de datos de productividad transnacional que incluye todos los activos intangibles propuestos por Corrado, Hulten y Sichel (2005, 2009⁸⁶) en un marco armonizado coherente con las cuentas nacionales, lo que representa un avance significativo para el análisis de la productividad y la formulación de políticas. La base de datos proporciona datos para 27 países europeos, el Reino Unido, los Estados Unidos y Japón en 42 industrias y 15 agregados industriales para el período de 1995 a 2020 (Bontadini *et al.*, 2023⁸⁷). La base de datos de EUKLEMS y, en particular, las variables de crecimiento serán, entre otras, las que se utilicen de forma intensiva en el desarrollo de este trabajo utilizando el modelo teórico de evaluación del crecimiento. Así, según Bontadini *et al.* (2023) el marco teórico del modelo de contabilidad se basa en las contribuciones fundamentales de Jorgeson y Griliches (1967⁸⁸). De esta forma, el modelo estándar de contabilidad del crecimiento, en su aportación en términos de valor agregado se descompone en la forma en la que tanto los servicios del capital, los servicios de trabajo y la productividad total de los factores contribuyen al crecimiento:

$$\Delta \ln V_j = \bar{v}_{L,j} \Delta \ln L_j + \bar{v}_{K,j} \Delta \ln K_j + \Delta \ln Tfp_j$$

donde j representa la industria, $\Delta \ln$ es la tasa de crecimiento logarítmico, V_j es el valor agregado en términos de volumen, Tfp_j es la productividad total de los factores, L_j son los servicios de trabajo y K_j son los servicios de capital, $\bar{v}_{L,j}$ y $\bar{v}_{K,j}$ son los promedios de los años t y $t - 1$ de la participación de la compensación laboral y el capital en el valor agregado a precios corrientes.

La compensación laboral es la suma de la compensación de los empleados y una imputación para la compensación de los trabajadores por cuenta propios, obteniéndose la primera de las cuentas nacionales y la segunda se estima que su compensación es igual a la compensación por hora de los empleados. Por su parte, los servicios de capital se estiman mediante un método en dos etapas, en la primera se calcula el volumen de servicios proporcionados por cada tipo de activo (stock y capital productivo) y el precio del activo (coste de uso) y, a continuación, se calcula una medida agregada de contribución productiva de los diferentes tipos de activos. En base a lo anterior, EUKLEMS & INTANProd proporciona una descomposición completa del crecimiento del valor agregado en 6 agrupaciones tal como sigue y atiende a lo planteado en el gráfico siguiente:

$$\Delta \ln V_j = \bar{v}_{L,j} \Delta \ln H_j + \bar{v}_{L,j} \Delta \ln LC_j + \bar{v}_j^{ktang} \Delta \ln TangICT_j + \bar{v}_j^{ktang} \Delta \ln TangNonICT_j + \bar{v}_j^{kintang} \Delta \ln IntangICT_j + \Delta \ln Tfp_j$$



3. LAS POLÍTICAS INDUSTRIALES DE LA “BANANA AZUL”

3.1. La “Banana Azul” en el contexto de crecimiento económico.

El objetivo de este apartado consiste en establecer un punto de partida de las economías objeto de análisis en el entorno de 1950 a 1970, de forma que garantice un correcto escenario de análisis comparable primero y, si cabe más importante, una identificación de las singularidades socioeconómicas y sociodemográficas e incluso geográficas de las economías de estudio. Para ello se utilizan indistintamente las siguientes fuentes:

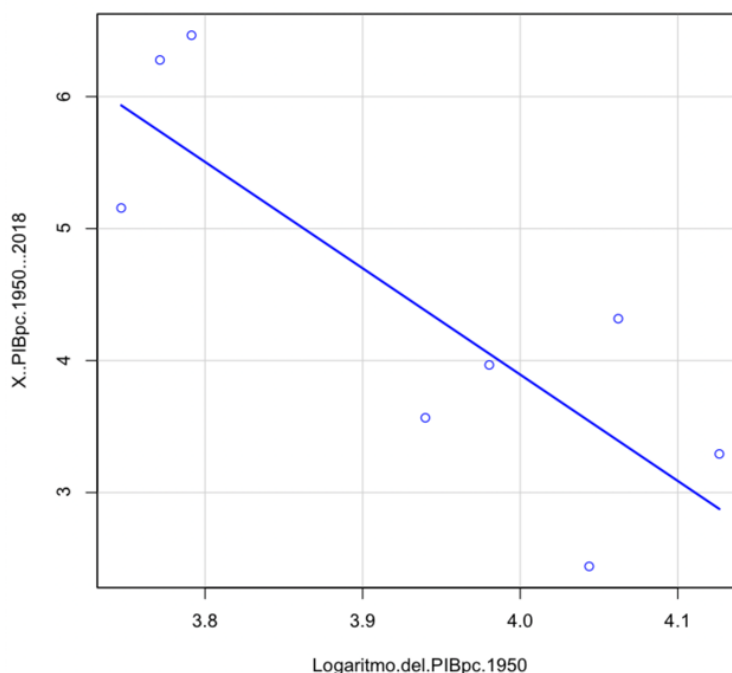
- **Estructura económica en perspectiva histórica.** The Oxford Encyclopedia of Economic History (Joel Mokyr, 2005).
- **Datos económicos y demográficos:** Madison Project, ODCE y World Data Bank.
- **Datos industriales:** Eurostat.

3.1.1. Contexto económico de los países objeto de análisis.

A partir de la función de producción neoclásica podemos analizar el comportamiento dinámico de las economías seleccionadas de la “Banana Azul” mediante el modelo de crecimiento de Solow y Swan (1956⁸⁹) de forma que el cambio en el stock de capital en el transcurso del tiempo viene fijado por la ecuación diferencial fundamental del modelo Solow-Swan:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) - (n + \delta)k$$

donde $n + \delta$ se considera la tasa de depreciación del coeficiente capital-trabajo, $k \equiv K/L$ (Barro i Sala i Martin, 1995⁹⁰). Esta ecuación implica que la derivada de \dot{k}/k con respecto de k es negativa si el resto de factores se mantienen constantes lo que lleva a interpretar que economías con un menor capital per cápita tienden a crecer más deprisa, lo que se conoce como convergencia entre las economías (Barro i Sala i Martin, 1995⁹¹), tal como ocurre con el grupo de las economías seleccionadas de forma que la tasa media de crecimiento del PIBpc (precios 2010) entre 1950 y 2018 está negativamente correlacionada con el nivel de PIBpc de 1950, lo que confirma la hipótesis de convergencia absoluta para estos países de la “Banana Azul” tal como se observa en el siguiente gráfico:



Convergencia absoluta de crecimiento de los países de la “Banana Azul” período 1950 - 2018

De esta forma, a partir de la revelación de la hipótesis de convergencia de crecimiento de los países de la banana azul podemos abordar, de forma técnicamente consistente, el análisis de la hipótesis final primera Hf1: “*un adecuado set de políticas industriales favorece al crecimiento económico*” en este apartado 3 en la medida en la que la relativa homogeneidad del comportamiento de los indicadores de los países seleccionados permite su comparabilidad.

3.2. Políticas económicas: generalistas y sectoriales.

Las políticas económicas de ámbito generalista se diseñan con un tipo de alcance transversal, por norma general, para toda la economía del país o incluso una región. Cada una de ellas supondrá un determinado impacto en el comportamiento industrial, en la productividad y el crecimiento. El alcance del trabajo aquí planteado no persigue realizar una disección pormenorizada en contexto histórico de todas las políticas económicas e industriales aplicadas en los países de la “*Banana Azul*” objeto de estudio. En este apartado se pretende identificar la incidencia de los resultados de las políticas de alcance general en la manufactura, desde una óptica explicativa como desde la composición de factores.

Por su parte, las políticas industriales de tipo sectorial persiguen una mayor incidencia sobre la productividad, el crecimiento económico e incluso la transformación de la estructura económica de un país. En este caso se busca alcanzar cierto detalle y un eventual mayor nivel de explicación de estas políticas en el desempeño general de la manufactura tratando de identificar su impacto en la productividad industrial.

Así, se realiza una selección de 30 indicadores sin seguir ninguna directriz concreta más allá de una aleatoria representación de diferentes tipos de políticas. cuyas observaciones son el resultado de la aplicación de políticas e instrumentos y que se clasifican en cinco subtipos:

1. Política Económica: fiscal, monetaria y comercial.
2. Política de Empleo y educación.
3. Política Industrial: producción, infraestructura, energía y transporte.
4. Política Social
5. Política de Tecnología, Innovación y Conocimiento.

La aplicación de esta categorización a los 30 indicadores propuestos, se detalla en la siguiente tabla cuyas observaciones en el período 1995 a 2018 serán utilizadas para proceder a factorizar.

Tabla 5

#	Política	Indicador	Código	Fuente
1	Agricultura	Tierra dedicada a la agricultura (% de tierra)	AGR	Banco Mundial
2	Económica	Déficit público	DEF	Eurostat
3	Económica	Deuda del Gobierno Central (% de PIB)	DEU	Banco Mundial
4	Económica	Inflación, precios de consumo (% anual)	INF	Banco Mundial
5	Económica	Inversión Externa Directa	INV	Banco Mundial
6	Económica	Producto Interior Bruto (precios corrientes en US\$)	PIB	Banco Mundial
7	Empleo	Desempleo, total (% del total de fuerza laboral)	DES	Banco Mundial
8	Empleo	Empleo en High/Medium Tech Manufacturing Sectors	EHT	Eurostat
9	Empleo	Gasto en Educación, Total (% de gasto público)	EDU	Banco Mundial
10	Empleo	Porcentaje de personal ICT sobre el total de empleo	EMP_ICT	Eurostat
11	Industrial	Compensación capital manufactura	CAP	Maddison Project
12	Industrial	Compensación laboral manufactura	LAB	Maddison Project
13	Industrial	Consumo de Energía Eléctrica (kWh per cápita)	KWH	Banco Mundial
14	Industrial	Consumo de Materias Primas	RAW	Eurostat

15	Industrial	Emisión de Gases en la Industria	GAS	Eurostat
16	Industrial	Formación Bruta de Capital Fijo	FBC	Eurostat
17	Industrial	Precios de producción en Industria	PRE	Eurostat
18	Industrial	Transporte por trenes (millones de pasajeros por km)	TRE	Banco Mundial
19	Social	Contribución Social (% de ingresos)	SOC	Banco Mundial
20	Social	Esperanza de vida, total (años)	ESP	Banco Mundial
21	Social	Inmigración Neta	INM	Banco Mundial
22	Social	Población, total	POB	Banco Mundial
23	Tecnología	Aplicaciones e Invenciones a la Oficina de Patentes	PAT	Eurostat
24	Tecnología	Empresas que reciben al menos 1% de sus pedidos online	ONL	Eurostat
25	Tecnología	Empresas que usan software como	SFT	Eurostat
26	Tecnología	Exportaciones de High Tech	EXP_TEC	Eurostat
27	Tecnología	Gasto en I+D	I+D	Eurostat
28	Tecnología	Porcentaje de ingresos en e-commerce (empresas)	ECOM	Eurostat
29	Tecnología	Porcentaje del Sector ICT en el PIB	ICT_PIB	Eurostat
30	Tecnología	Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología	STEM	Eurostat

Con estos 30 indicadores se realiza un análisis factorial del agregado de todos los países ponderado por la transformación logarítmica del producto interior bruto de cada país al comparar economías de diferentes tamaños con el fin de evitar la sobrerrepresentación que podrían tener en los resultados obtenidos las economías de Alemania o Reino Unido. De esta forma, mediante el logaritmo se reduce la magnitud de las diferencias y se consigue una mejor proporcionalidad. Por su parte, el análisis factorial permite explorar la estructura subyacente del conjunto de variables observadas y, mediante el análisis de su covarianza y correlación se trata de identificar aquellos aspectos que permitan explicar la variabilidad conjunta de las variables observadas. La reducción de la dimensionalidad de los datos proporciona una mejor comprensión de la relación entre los indicadores y la influencia de las políticas aplicadas.

3.3. Agregado Economías “Banana Azul”.

Se realiza una primera selección de factores para la construcción del primer análisis factorial con un resultado en el que se observa una agrupación elevada de variables alrededor del primer factor con un nivel de explicación de varianza de 48,7% en el Factor1 y un nivel de explicación de varianza de 13,8% en el Factor2 y un 8,4% en el Factor3 tal como se detalla en el archivo de anexos (Tabla 6). Después de evaluar el nivel de explicación acumulada de varianza en los 3 primeros factores se considera oportuno realizar un nuevo análisis factorial a partir de aquellas variables que han sido representadas con más de un 50% positivo en alguno de los Factores anteriores al tiempo que se desconsidera la variable PIB por ser un indicador de tipo resultado. Así, se obtiene un nuevo resultado de Análisis Factorial según como sigue y que se plantea como válido en la medida en la que el test de hipótesis indica que el modelo con ocho factores es estadísticamente adecuado para explicar los datos. El valor de chi cuadrado es 32.38 con 20 grados de libertad y un p-valor de 0.0394. Dado que el p-valor es menor que el nivel de significancia comúnmente utilizado (0.05), se rechaza la hipótesis nula de que ocho factores no son suficientes para explicar los datos.

Tabla 7

Agregado | Políticas Económicas | Análisis Factorial

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8
AGR	0.259	0.932				0.205		
CAP	0.908	0.219	0.216		0.164			-0.117
DEU	0.512	-0.167	0.760	-0.236		-0.121	-0.134	
EDU		0.669	-0.141	0.107	0.416	0.444	0.166	

ESP	0.733	0.360	0.505	-0.108	0.173	0.130	0.120	
FBC	-0.234	-0.421	-0.659	0.304	-0.379	0.119	-0.123	0.251
I+D	0.790	0.370	0.430	-0.163				
INF	-0.273		-0.140	0.943				
INM	0.345	0.553	0.497		0.211	0.115	0.367	
INV		0.186				0.563		
KWH	-0.848	0.122		0.295	-0.121	0.274	0.127	-0.120
LAB	0.896	0.256	0.318	-0.105				
POB	0.853	0.241	0.385	-0.202	0.115			
PRE	0.522	0.705	0.395		0.132	0.197		
RAW	0.563	0.173	0.755		0.136			0.228
TRE	0.498	0.184	0.292		0.727	0.300		
	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8
SS loadings	5.659	2.884	2.855	1.238	1.029	0.589	0.260	0.157
Proportion Var	0.354	0.180	0.178	0.077	0.064	0.054	0.016	0.010
Cumulative Var	0.354	0.534	0.712	0.790	0.854	0.908	0.924	0.934

Test of the hypothesis that 8 factors are sufficient.

The chi square statistic is 32.38 on 20 degrees of freedom.

The p-value is 0.0394

Los SS loadings representan la cantidad de varianza explicada por cada factor. Cuanto mayor sea el SS loadings, más varianza está explicando ese factor. En este caso, los tres primeros factores tienen SS loadings significativos, lo que indica que son importantes para explicar la variabilidad en los datos en un escenario en el que los tres primeros factores explican el 71,2% de la varianza total de los datos siendo los más relevantes en explicar la variabilidad de los datos. De esta forma, se concluye que es posible obtener una combinación de las variables observadas de factores que explican un porcentaje significativo de la varianza total, esto es 0.934 sobre 1.000 a través de los 8 factores considerados que y que se procede a agrupar de la siguiente forma utilizando para ello 6 de los 8 factores considerados:

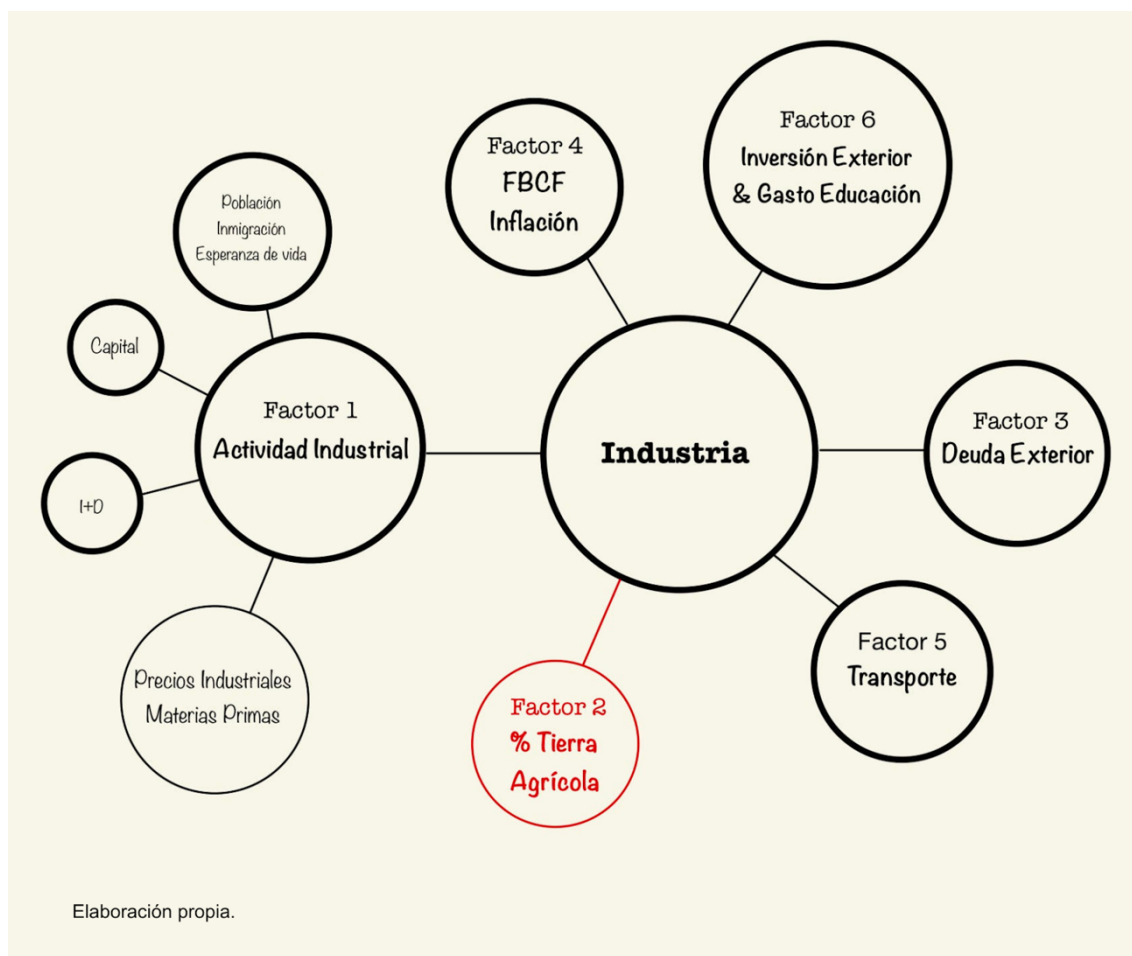
- El Factor1 consiste en la actividad industrial, formado por compensación capital manufactura (CAP), esperanza de vida (ESP), inversión en I+D, inmigración (INM), compensación laboral manufactura (LAB), población (POB), los precios industriales (PRE) y el consumo de materias primas (RAW) y que atiende a la explicación que previamente se había obtenido de la fuerte relación entre los factores de producción industrial y las variables demográficas, en este caso, población total, inmigración y esperanza de vida.
- El Factor2 contempla la variable porcentaje de tierra dedicada a la actividad agrícola (AGR) que se mantiene de forma independiente al resto de variables siendo la relación entre producción agrícola e industrial muy diferente a la experimentada en otras revoluciones industriales (Byerlee y Delgado, 2017⁹²) o la fuerte relación que todavía mantiene en países en desarrollo (Evenson y Gollin, 2003⁹³).
- El Factor3 contempla la variable deuda exterior (DEU) y su relación con el impacto en la actividad económica (Reinhart *et al.*, 2010⁹⁴ y 2102⁹⁵). Por su parte Krugman (2012⁹⁶) pone de relieve la fuerte relación entre la deuda y la producción industrial así como la relación entre la deuda, las bajas tasas de interés y sus implicaciones en la producción industrial (Blanchard, 2019⁹⁷).
- El Factor4 agrupa la formación bruta de capital fijo (FBC) con la inflación (INF) y el consumo de energía per cápita (KWH). Las políticas que influyen en la infraestructura, el control de la inflación y la promoción de fuentes de energía pueden ser relevantes para el desarrollo industrial.
- El Factor5 contempla la variable transporte (pasajeros y mercancías) por tren (TRE). Las políticas pueden dirigirse a la mejora de la infraestructura ferroviaria, la sostenibilidad del transporte de mercancías y la reducción de la congestión de tráfico rodado.

- El Factor 6 agrupa el gasto en educación (EDU) y la inversión externa directa (INV). Esto sugiere que las políticas que promuevan el gasto en educación (público y privado) y la atracción de inversión extranjera pueden tener un impacto significativo en el desarrollo industrial, al mejorar la cualificación de la fuerza laboral y aportar recursos financieros.

En conclusión, de las variables objetivo y resultado de políticas económicas y políticas industriales analizadas en los países de la “Banana Azul” en el período 1995 a 2018, se obtiene una eventual agrupación en hasta 8 factores de los que se han seleccionado 6 con elevado nivel de explicación estadística de la varianza de sus resultados. De esta manera, políticas económicas de carácter general o políticas industriales que hayan incidido en estos factores han tenido un impacto significativo en los resultados de la política industrial de los países de la “Banana Azul” resultando, por tanto, una potencial directriz de mejores prácticas para el diseño de nuevas políticas industriales en países y contextos económicos comparables en el futuro.

3.4. Modelo de agrupación. Aproximación a la primera conclusión.

En consecuencia de lo anterior, se plantea el siguiente modelo que relaciona los 6 factores obtenidos en el segundo análisis factorial -y definitivo- realizado y se concluye que no se identifican aspectos que rechacen la primera de las hipótesis finales, esto es, Hf1: “un adecuado set de políticas industriales favorece al crecimiento económico” por lo que se concluye que se pueden implementar políticas, tanto públicas como privadas, generalistas o específicas, que favorezcan el crecimiento económico derivado de la actividad industrial.



4. MADUREZ INDUSTRIAL: INDUSTRIA PESADA VS. INDUSTRIA LIGERA

4.1. Análisis industrial

4.1.1. Industrias objeto de análisis

Las industrias objeto de análisis serán las correspondientes al grupo C *Manufacturing* de la clasificación industrial (NACE Rev. 2/ISIC Rev.4) según el European System of Capital Accounts (ESA 2010) sobre las que se aplica una categorización (basada en inversión de capital, consumo de energía, perdurabilidad de los bienes producidos, entre otros), sin pretensiones mayores que las de servir de simplificación para este estudio, diferenciando entre industria pesada e industria ligera:

Industria Pesada

- C19: Manufacture of coke and refined petroleum products
- C24-C25: Manufacture of basic metals and fabricated metal products, except machinery and equipment
- C28: Manufacture of machinery and equipment n.e.c.
- C29-C30: Manufacture of motor vehicles, trailers, semi-trailers and of other transport equipment

Industria Ligera

- C10-C12: Manufacture of food products; beverages and tobacco products.
- C13-C15: Manufacture of textiles, wearing apparel, leather and related products.
- C16-C18: Manufacture of wood, paper, printing and reproduction.
- C20: Manufacture of chemicals and chemical products.
- C20-C21: Chemicals; basic pharmaceutical products.
- C21: Manufacture of basic pharmaceutical products and pharmaceutical preparations.
- C22-C23: Manufacture of rubber and plastic products and other non-metallic mineral products.
- C26: Manufacture of computer, electronic and optical products.
- C26-C27: Computer, electronic, optical products; electrical equipment.
- C27: Manufacture of electrical equipment.
- C31-C33: Manufacture of furniture; jewellery, musical instruments, toys; repair and installation of machinery and equipment.

A partir de las bases de datos de Cuentas Anuales del proyecto EUKLEMS & INTANPROD de Luiss Lab of European Economics⁹⁸ se trabaja con los siguientes indicadores en su contribución al Valor Agregado Bruto VAB:

- Trabajo | Horas
- Trabajo | Composición de la fuerza laboral
- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment)
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología)
- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos)
- Capital | InnovProp (I+D, diseño, financiación y obras artísticas)
- Capital | EcononComp (Capital organizacional, marca y formación)
- TFP | Productividad Total de los factores.

4.1.2. Contabilidad del Crecimiento

El modelo de contabilidad del crecimiento EU KLEMS & INTANProd es una nueva base de datos, financiada por la Dirección General de Asuntos Económicos y Financieros (DG-ECFIN) de la Comisión Europea, para el análisis de la productividad que actualiza ediciones anteriores de la base de datos EU KLEMS y las amplía con estimaciones de productividad que incorporan

medidas de inversión intangible de INTAN Invest (Bontadini *et al.*, 2023⁹⁹) y proporciona diferentes descomposiciones del modelo de contribución de valor. En concreto, los factores de producción se combinan según el siguiente modelo matemático y esta organización será la que utilizada para los análisis de regresión en cada país de los apartados que siguen a continuación. En concreto (Bontadini *et al.*, 2023¹⁰⁰) tal como se había anticipado en el apartado 2.3:

$$VAAdj_{G_j} = VAConH_j + VAConLC_j + VAConTangICT_j + VAConTangNICT_j + VAConIntang_j + VAConTFP_j$$

En las cifras disponibles en las tablas 8 y 9, industrias pesada y ligera respectivamente, se representa el valor acumulado (en porcentaje) de la contribución de las fuentes de crecimiento - factores de producción trabajo, capital y productividad total de los factores- en el período 1996 – 2019 en donde el agrupado BA representa el promedio de la “Banana Azul”. Así, se identifica un comportamiento totalmente divergente en la contribución al Valor Agregado Bruto VAB del factor trabajo: positivo en la industria pesada y de sentido negativo en el caso de la industria ligera. Por su parte, la contribución del capital al VAB es relevante tanto en la industria pesada como la ligera con un resultado mayor de la variable ICT en la pesada y, por el contrario, superior de Soft_DB e InnovProp en la industria ligera.

Tabla 8

Contribución de las fuentes de Crecimiento Industria Pesada 1996 – 2019										
VAB	Trabajo Total	L Hours	L Comp.	Capital Total	ICT	Non-ICT	Soft-DB	Innov Prop	Econ Comp.	PTF
(1) = (2) + (5) + (11)	(2) = (3) + (4)	(3)	(4)	(5) = (6) + (7) + (8) + (9) + (10)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
AT	2,39	0,34	0,23	1,55	0,76	0,06	0,22	0,49	0,02	0,51
BE	0,78	-0,78	-1,00	1,13	0,09	0,12	0,09	0,47	0,36	0,43
DE	1,66	1,07	1,10	0,71	0,17	0,06	0,04	0,28	0,17	-0,12
IT	-2,23	0,02	-0,39	1,15	0,73	0,06	0,09	0,20	0,08	-3,41
NL	2,60	0,26	-0,08	0,34	0,36	-0,07	0,09	0,14	0,02	1,98
UK	0,94	-0,45	-0,81	0,36	0,16	-0,32	0,04	0,09	0,24	1,23
BA	1,02	0,08	-0,16	0,23	0,84	0,23	0,07	0,11	0,28	0,10
JP	-0,11	-0,22	-0,38	0,16	5,36	2,81	1,49	0,17	0,89	0,00
US	1,35	-0,33	-0,48	0,14	0,96	0,38	0,09	0,09	0,20	0,72

Elaboración propia. Fuente: Luiss Lab of European Economics. EUKLEMS & INTANProd - Release 2023

AT: Austria, BE: Bélgica, DE: Alemania, IT: Italia, NL: Países Bajos, UK: Reino Unido, BA: “Banana Azul” (promedio), JP: Japón, US: Estados Unidos.

Por último, resulta relevante la divergencia que se produce en el promedio de la variable PTF incentivada por el caso de Italia (con peso negativo agregado de -3,41 en porcentaje para todo el período). Sin descartar el resultado, se anticipa la posibilidad de un *outlier* con esta variable en Italia que, como se comprueba en próximos apartados resulta el modelo de regresión menos estable (tablas 32 y 33 en archivo de anexos).

Tabla 9

Contribución de las fuentes de Crecimiento Industria Ligera 1996 – 2019										
VAB	Trabajo Total	L Hours	L Comp.	Capital Total	ICT	Non-ICT	Soft-DB	Innov Prop	Econ Comp.	PTF
(1) = (2) + (5) + (11)	(2) = (3) + (4)	(3)	(4)	(5) = (6) + (7) + (8) + (9) + (10)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
AT	2,97	-0,91	-1,25	0,34	3,37	0,93	0,32	0,45	1,52	0,15
BE	2,47	-1,59	-2,34	0,74	1,38	0,09	0,29	0,21	0,46	2,68
DE	4,19	-1,43	-1,69	0,25	0,70	0,10	0,14	0,09	0,21	4,91

IT	0,61	-0,78	-1,80	1,02	2,19	1,32	0,21	0,28	0,35	0,03	-0,81
NL	4,62	-0,99	-1,79	0,80	0,59	-0,94	0,19	0,67	0,12	0,55	5,02
UK	6,08	-3,42	-4,12	0,71	0,03	-0,71	0,14	0,02	0,33	0,24	9,47
BA	3,49	-1,52	-2,16	0,64	1,38	0,13	0,21	0,29	0,50	0,25	3,63
JP	1,42	-2,67	-3,30	0,63	8,73	4,06	2,35	0,30	2,02	0,00	-4,64
US	4,90	-1,84	-2,56	0,73	1,37	0,13	0,26	0,18	0,80	0,00	5,37

Elaboración propia. Fuente: Luiss Lab of European Economics. EUKLEMS & INTANProd - Release 2023

AT: Austria, BE: Bélgica, DE: Alemania, IT: Italia, NL: Países Bajos, UK: Reino Unido, BA: "Banana Azul" (promedio), JP: Japón, US: Estados Unidos.

Fruto de este primer análisis del comportamiento de las variables inductoras del crecimiento tanto en la industria pesada como en la ligera, se requiere de un análisis más exhaustivo de cada uno de los países que se aborda en el siguiente apartado y que aborda la cuestión de la madurez industrial.

4.1.3. Madurez Industria Pesada Países

La madurez industrial se procede a evaluar a través de los factores de producción trabajo, capital y productividad total de los factores según su contribución al valor agregado bruto de la economía y, en consecuencia, se refleja en el impacto de dichos factores en el crecimiento y el PIB per cápita. Así, la madurez industrial se relaciona con capacidad de un país para utilizar eficientemente sus recursos productivos, siendo un país maduro industrialmente aquel que tiende a desarrollar una mayor productividad mediante la utilización de menos recursos para la obtención del mismo nivel de riqueza. En paralelo, un mayor nivel de inversión en capital y especialmente el tecnológico, en el marco de este estudio, contribuye a un mejor desempeño (Jones, 2022¹⁰¹, Gordon, 2016¹⁰² y Jorgenson y Stiroh, 1999¹⁰³). El análisis de regresión, como se ve puede comprobar a continuación, proporciona una herramienta válida para observar el comportamiento de estos factores en el PIB per cápita. Así, a partir de los datos de las variables de crecimiento descritas en el apartado anterior, se realizan los análisis de regresión multivariante, evaluando en todos los casos la estabilidad en los que no haya presencia de multicolinealidad ni tampoco heterocedasticidad. Se puede profundizar en todo el nivel de detalle requerido en el archivo de anexos (tablas pares entre la 26 y 40). Una vez obtenidos los coeficientes de las variables independientes se proceden a estandarizar los coeficientes (SC) para que puedan ser comparables y se elimine la escala de las variables independientes. De esta forma:

$$(SD: \text{Standardized Coefficient}) \beta^* = \frac{\beta (\text{Coefficient})}{SE (\text{Standard Error})}$$

con lo que los resultados de los modelos serán los siguientes:

En **Austria** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología) **-2.5426411***
- Capital | InnovProp (I+D, diseño, financiación y obras artísticas) **7.7947637*****
- Capital | EcononComp (Capital organizacional, marca y formación) **-3.8220849****

Tabla 26. Austria | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SC	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	38,5337189***	38897,69	1009,45	38,534	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	-3,8220849**	-1079,01	1009,45	-3,822	0,00167 **
C_ICT	0,2899377	29,74	102,58	0,290	0,77583
C_INNOVPROP	7.7947637***	2045,35	262,40	7,795	0,00000118 ***
C_NON-ICT	-2,5426411*	-5629,82	2214,16	-2,543	0,02252 *
C_SOFT-DB	-0,5818818	-264,97	455,37	-0,582	0,56929
L_COMP	-0,6532363	-127,82	195,67	-0,653	0,52349

L_HOURS	1,2109427	75,40	62,27	1,211	0,24465
TFP	-1,3904696	-23,99	17,25	-1.390	0,18467
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error:	1248 on 15 degrees of freedom				
Multiple R-squared:	0,9253				
Adjusted R-squared:	0,8855				
F-statistic:	23,23 on 8 and 15 DF				
p-value:	0,0000004084				

En **Bélgica** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Trabajo | Composición de la fuerza laboral **4.42555017*****
- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **3.60825140****
- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **2.69296149***

Tabla 28. Bélgica | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SC	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	32,41090849***	34057,5769	1050,8060	32,411	2,65e-15 ***
C_ECONCOMP	0,25000444	127,9578	511,8220	0,250	0,805976
C_ICT	3,60825140**	602,2804	166,9175	3,608	0,002582 **
C_INNOVPROP	1,26341352	509,6587	403,3981	1,263	0,225725
C_NON-ICT	-1,18042877	-949,9889	804,7829	-1,180	0,256211
C_SOFT-DB	2,69296149*	2128,4041	790,3582	2,693	0,016693 *
L_COMP	4,42555017***	3088,8287	697,9536	4,426	0,000491 ***
L_HOURS	1,64430453	64,4255	39,1810	1,644	0,120903
TFP	-0,04712037	-0,5012	10,6372	-0,047	0,963039
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error:	1415 on 15 degrees of freedom				
Multiple R-squared:	0,8658				
Adjusted R-squared:	0,7942				
F-statistic:	12,1 on 8 and 15 DF				
p-value:	0,00002784				

En **Alemania** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **5.9633765*****
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y bio) **-7.4220836*****
- Capital | InnovProp (I+D, diseño, financiación y obras artísticas) **4.6467506*****

Tabla 30. Alemania | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SC	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	56,1421402***	38129,453	679,159	56,142	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	0,4804186	118,013	245,647	0,480	0,637861
C_ICT	5,9633765***	797,407	133,717	5,963	0,00002599 ***
C_INNOVPROP	4,6467506***	1719,579	370,061	4,647	0,000316 ***
C_NON-ICT	-7,4220836***	-11649,283	1569,543	-7,422	0,00000214 ***
C_SOFT-DB	-0,4248620	-1827,908	4302,358	-0,425	0,676969
L_COMP	-1,0650904	-122,699	115,201	-1,065	0,303680
L_HOURS	1,4056013	43,663	31,063	1,406	0,180217
TFP	1,2488189	4,594	3,679	1,249	0,230870
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error:	839,4 on 15 degrees of freedom				
Multiple R-squared:	0,9637				

Adjusted R-squared:	0,9443
F-statistic:	49,73 on 8 and 15 DF
p-value:	0,000000002041

En **Italia** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **-3,32488408****
- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **2,47855940***
- Capital | InnovProp (I+D, diseño, financiación y obras artísticas) **2,48965040***

Tabla 32. Italia | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SC	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	24,50014057***	37534,9616	1532,0305	24,500	1,64e-13 ***
C_ECONCOMP	0,05315899	41,8821	787,8646	0,053	0,95831
C_ICT	-3,32488408**	-898,9759	270,3781	-3,325	0,00462 **
C_INNOVPROP	2,48965040*	1900,2433	763,2571	2,490	0,02501 *
C_NON-ICT	0,27192253	1310,2360	4818,4164	0,272	0,78939
C_SOFT-DB	2,47855940*	4199,5068	1694,3337	2,479	0,02556 *
L_COMP	-0,95773511	-380,9170	397,7269	-0,958	0,35338
L_HOURS	0,87240250	56,9791	65,3129	0,872	0,39674
TFP	-0,14392535	-0,7262	5,0458	-0,144	0,88748

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error:	1248 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0,8458
Adjusted R-squared:	0,7636
F-statistic:	10,29 on 8 and 15 DF
p-value:	0,00007414

En **Países Bajos** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **4,6509115*****
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y bio) **-3,1806662****

Tabla 34. Países Bajos | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SC	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	46,0191925***	44378,066	964,338	46,019	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	-1,2646549	-883,537	698,638	-1,265	0,225292
C_ICT	4,6509115***	1285,976	276,500	4,651	0,000314 ***
C_INNOVPROP	0,2507148	128,346	511,921	0,251	0,805436
C_NON-ICT	-3,1806662**	-2623,122	824,708	-3,181	0,006205 **
C_SOFT-DB	1,2944628	1044,179	806,650	1,294	0,215079
L_COMP	-0,3817020	-126,391	331,124	-0,382	0,708035
L_HOURS	-0,9396573	-102,061	108,615	-0,940	0,362280
TFP	0,4105161	9,483	23,101	0,411	0,687231

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error:	2026 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0,7894
Adjusted R-squared:	0,6771
F-statistic:	7,03 on 8 and 15 DF
p-value:	0,0006438

En **Reino Unido** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **2,351616437***
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y bio) **-4,194111061*****

Tabla 36. Reino Unido | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010		Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	40,947141423***	43865,3193	1071,2669	40,947	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	1,300406212	716,1021	550,6757	1,300	0,213088
C_ICT	2,351616437*	718,4052	305,4942	2,352	0,032775 *
C_INNOVPROP	0,324502439	141,0057	434,5288	0,325	0,750039
C_NON-ICT	-4,194111061***	-7617,7017	1816,2852	-4,194	0,000782 ***
C_SOFT-DB	-0,018687461	-22,0952	1182,3526	-0,019	0,985337
L_COMP	-0,682917713	-84,1293	123,1909	-0,683	0,505070
L_HOURS	-0,179639121	-17,8275	99,2404	-0,180	0,859840
TFP	-0,009054143	-0,1929	21,300	-0,009	0,992895

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2207 on 15 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,7514
 Adjusted R-squared: 0,6188
 F-statistic: 5,668 on 8 and 15 DF
 p-value: 0,001973

4.1.4. Madurez Industria Ligera Países

Siguiendo el análisis planteado en el apartado anterior sobre el que se puede profundizar en todo el nivel de detalle requerido en el archivo de anexos (tablas impares entre la 27 y 41), para la industria ligera, tendremos el nivel de madurez para cada uno de los países tal como sigue:

En **Austria** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Trabajo | Horas **2,1089120 .**
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología) **-1,9278323 .**
- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **2,0355494 .**
- Capital | InnovProp (I+D, diseño, financiación y obras artísticas) **8,0263972*****

Tabla 27. Austria | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SC	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	21,6118818***	35884,89	1660,42	21,612	1,02e-12 ***
C_ECONCOMP	-1,8914260	-853,30	451,14	-1,891	0,0780
C_ICT	0,1308293	14,96	114,36	0,131	0,8976
C_INNOVPROP	8,0263972***	1024,56	127,65	8,026	8,27e-07 ***
C_NON-ICT	-1,9278323 .	1107,64	574,55	-1,928	0,0730 .
C_SOFT-DB	2,0355494 .	748,53	367,73	2,036	0,0599 .
L_COMP	0,8621803	96,23	111,61	0,862	0,4022
L_HOURS	2,1089120 .	88,79	42,10	2,109	0,0522 .
TFP	-1,4152353	-14,66	10,36	-1,415	0,1774

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1419 on 15 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,9034
 Adjusted R-squared: 0,8519
 F-statistic: 17,53 on 8 and 15 DF
 p-value: 0,000002641

En **Bélgica** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Trabajo | Horas **2,67827359***
- Trabajo | Composición de la fuerza laboral **2,88408498***
- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **-2,24988494***
- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **2,09234557** .

Tabla 29. Bélgica | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SC	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	19,89303893***	35214,88	1770,21	19,893	3,41e-12 ***
C_ECONCOMP	1,73646462	274,89	158,30	1,736	0,1030
C_ICT	-2,24988494*	-379,28	168,58	-2,250	0,0399 *
C_INNOVPROP	-1,35838560	-204,44	150,51	-1,358	0,1944
C_NON-ICT	-0,02467994	-13,00	526,57	-0,025	0,9806
C_SOFT-DB	2,09234557 .	913,33	436,51	2,092	0,0538 .
L_COMP	2,88408498*	1064,73	369,17	2,884	0,0114 *
L_HOURS	2,67827359*	92,08	34,38	2,678	0,0172 *
TFP	0,80278910	12,12	15,09	0,803	0,4346

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1682 on 15 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.8105
 Adjusted R-squared: 0.7094
 F-statistic: 8,018 on 8 and 15 DF
 p-value: 0,0003127

En **Alemania** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **2,7364192***
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología) **-5,1387817*****
- Capital | InnovProp (I+D, diseño, financiación y obras artísticas) **2,1351409***

Tabla 31. Alemania | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	43,8407472***	40469,668	923,106	43,841	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	0,4938604	156,397	316,683	0,494	0,628558
C_ICT	2,7364192*	1089,077	397,993	2,736	0,015298 *
C_INNOVPROP	2,1351409*	389,823	182,575	2,135	0,049652 *
C_NON-ICT	-5,1387817***	-5082,297	989,008	-5,139	0,000121 ***
C_SOFT-DB	-0,6845434	-1339,083	1956,169	-0,685	0,504072
L_COMP	0,9372002	65,435	69,820	0,937	0,363501
L_HOURS	1,7462630	55,112	31,560	1,746	0,101205
TFP	-0,8026305	-7,479	9,318	-0,803	0,434722

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1287 on 15 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,9146
 Adjusted R-squared: 0,8691
 F-statistic: 20,09 on 8 and 15 DF
 p-value: 0,000001077

En **Italia** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Trabajo | Horas **4.2887066*****
- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **4.5080232*****
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología) **1.9591654** .

- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **2.8245200***

Tabla 33. Italia | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	42.6194271***	40945,292	960,719	42,619	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	0.7683478	185,890	241,935	0,768	0,454208
C ICT	-4.5080232***	-609,954	135,304	-4,508	0,000417 ***
C_INNOVPROP	1.0631706	596,694	561,240	1,063	0,304522
C_NON-ICT	-1.9591654 .	-1880,678	959,938	-1,959	0,068950 .
C_SOFT-DB	2.8245200*	913,858	323,545	2,825	0,012810 *
L_COMP	1.1018062	114,700	104,102	1,102	0,287912
L_HOURS	4.2887066***	128,239	29,902	4,289	0,000646 ***
TFP	-1.3906136	-13,234	9,517	-1,391	0,184631

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1264 on 15 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,9176
 Adjusted R-squared: 0,8736
 F-statistic: 20,87 on 8 and 15 DF
 p-value: 0,0000008374

En **Países Bajos** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología) **-2,99583168****
- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **2,48286763***

Tabla 35. Países Bajos | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	21,97585367***	42614,59	1939,15	21,976	8,02e-13 ***
C_ECONCOMP	0,07272131	12,11	166,55	0,073	0,94299
C ICT	1,49390924	259,02	173,38	1,494	0,15594
C_INNOVPROP	0,48239518	186,69	387,00	0,482	0,63649
C_NON-ICT	-2,99583168**	-1741,13	581,19	-2,996	0,00905 **
C_SOFT-DB	2,48286763*	929,71	374,45	2,483	0,02535 *
L_COMP	0,53891523	75,94	140,90	0,539	0,59785
L_HOURS	0,37616376	22,60	60,07	0,376	0,71206
TFP	-0,23980379	-3,85	16,05	-0,240	0,81373

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1833 on 15 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,8276
 Adjusted R-squared: 0,7357
 F-statistic: 9,004 on 8 and 15 DF
 p-value: 0,0001618

En **Reino Unido** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **3,800783052****
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología) **-4,72996806*****
- Capital | EcononComp (Capital organizacional, marca y formación) **1,911018704 .**

Tabla 37. Reino Unido | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	40,91391813***	45763,85419	1118,54001	40,914	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	1,911018704 .	313,49692	164,04702	1,911	0,075305 .

C_ ICT	3,800783052**	724,80548	190,69899	3,801	0,001740 **
C_INNOVPROP	-1,621908396	-537,73979	331,54757	-1,622	0,125649
C_NON-ICT	-4,72996806***	-1413,39159	298,81631	-4,730	0,000268 ***
C_SOFT-DB	-0,741746451	-624,43586	841,84543	-0,742	0,469696
L_COMP	-0,574084497	-31,69293	55,20604	-0,574	0,574419
L_HOURS	0,401134255	11,89607	29,65607	0,401	0,693978
TFP	-0,005363663	-0,07106	13,24857	-0,005	0,995791

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1724 on 15 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,8483
 Adjusted R-squared: 0,7674
 F-statistic: 10,49 on 8 and 15 DF
 p-value: 0,0000661

4.1.5. Grupo de Control: Japón y Estados (Industria Pesada y Ligera).

A efectos de comparación con dos economías del tamaño similar a la representada por la agregación de la “Banana Azul” utilizamos los modelos de regresión para la industria pesada como ligera de Japón y Estados Unidos respectivamente para el mismo período de análisis tal como sigue:

En **Japón** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **-2,4037251***
- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **-4,4816107*****

Tabla 38. Japón | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	62,9176493***	34200,349	543,573	62,918	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	NA	NA	NA	NA	NA
C_ ICT	-2,4037251*	-51,273	21,330	-2,404	0,027915 *
C_INNOVPROP	NA	NA	NA	NA	NA
C_NON-ICT	1,6379489	113,007	68,993	1,638	0,119807
C_SOFT-DB	-4,4816107***	-1244,331	277,653	-4,482	0,000328 ***
L_COMP	-1,5957564	-673,680	422,170	-1,596	0,128964
L_HOURS	1,1846088	47,491	40,090	1,185	0,252470
TFP	-0,6056849	-9,316	15,381	-0,606	0,552725

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 947,1 on 15 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,7795
 Adjusted R-squared: 0,7017
 F-statistic: 10,02 on 6 and 17 DF
 p-value: 0,00008434

En **Estados Unidos** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | ICT (computer hardware y telecommunications equipment) **1,98540084 .**
- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología) **-6,3576385*****

Tabla 40. Estados Unidos | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	53,0017626***	54906,18	1035,93	53,002	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	1,03851946	494,45	476,11	1,039	0,3155

C_ ICT	1,98540084 .	651,83	328,31	1,985	0,0657 .
C_INNOVPROP	-0,04525813	-46,57	1028,92	-0,045	0,9645
C_NON-ICT	-6,3576385***	-12049,08	1895,21	-6,358	0,0000129 ***
C_SOFT-DB	1,13769291	1345,27	1182,46	1,138	0,2731
L_COMP	0,50492114	221,64	438,96	0,505	0,6210
L_HOURS	1,15897596	73,73	63,62	1,159	0,2646
TFP	-0,36831162	-14,91	40,49	-0,368	0,7178

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error:	2233 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0,8496
Adjusted R-squared:	0,7693
F-statistic:	10,59 on 8 and 15 DF
p-value:	0,00006242

A efectos de industria ligera, tendremos en **Japón** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **-3.607026 ****

Tabla 39. Japón | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	74.820645***	35085,196	468,924	74,821	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	NA	NA	NA	NA	NA
C_ ICT	-1.633331	-25,313	15,498	-1,633	0,11977
C_INNOVPROP	NA	NA	NA	NA	NA
C_NON-ICT	NA	NA	NA	NA	NA
C_SOFT-DB	-3.607026 **	-531,639	147,390	-3,607	0,00202 **
L_COMP	-1.511766	-192,258	127,174	-1,512	0,14795
L_HOURS	1.513687	24,413	16,128	1,514	0,14747
TFP	0.267520	2,001	7,479	0,268	0,79211

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error:	975,9 on 18 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0,7522
Adjusted R-squared:	0,6833
F-statistic:	10,93 on 5 and 18 DF
p-value:	0,00005958

En **Estados Unidos** las variables con carga significativa y su sentido (+/-) en el modelo son:

- Capital | Non-ICT (inmobiliario, transporte, maquinaria y biotecnología) **-3.487488579****
- Capital | Soft_DB (computer software y bases de datos) **1.983580104 .**

Tabla 41. Estados Unidos | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	21.340568359***	56563,831	2650,531	21,341	1.23e-12 ***
C_ECONCOMP	1.122751336	349,126	310,956	1,123	0,27919
C_ ICT	-1.382387169	-698,818	505,516	-1,382	0,18709
C_INNOVPROP	-0.007742208	-6,803	878,692	-0,008	0,99392
C_NON-ICT	-3.487488579**	-4634,954	1329,023	-3,487	0,00331 **
C_SOFT-DB	1.983580104 .	2185,250	1101,670	1,984	0,06592 .
L_COMP	0.385678641	55,381	143,593	0,386	0,70515
L_HOURS	0.586666684	27,071	46,144	0,587	0,56615

TFP	-0.711320346	-13,875	19,506	-0,711	0,48780
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error:	2399 on 15 degrees of freedom				
Multiple R-squared:	0,8264				
Adjusted R-squared:	0,7339				
F-statistic:	8,929 on 8 and 15 DF				
p-value:	0,0001698				

4.2. Conclusiones del Análisis Industrial

De los modelos de regresión anteriores, los correspondientes a los países de la “Banana Azul”, tanto de la industria pesada como la industria ligera, y los dos países de control -Japón y Estados Unidos-, tenemos el siguiente detalle (Tabla 42) donde comparamos la incidencia de las respectivas variables del modelo (las correspondientes a los factores de producción en su contribución al valor agregado bruto) con impacto significativamente estadístico y tanto en sentido positivo como negativo.

Tabla 42

“Banana Azul” Industria Pesada, 1996 – 2019

	Intercept	L Hours	L Comp	ICT	Non-ICT	Soft_DB	InnovProp	EcoComp	TFP
AT	38,53 ***				-2,54 *		7,79 ***	-3,82 **	
BE	32,41 ***		4,42 ***	3,60 **		2,69 *			
DE	56,14 ***			5,96 ***	-7,42 ***		4,65 ***		
IT	24,50 ***			-3,32 **		2,47 *	2,49 *		
NL	46,02 ***			4,65 ***	-3,18 **				
UK	40,95 ***			2,35 *	-4,19 ***				

Grupo de Control. Industria Pesada, 1996 – 2019

	Intercept	L Hours	L Comp	ICT	Non-ICT	Soft_DB	InnovProp	EcoComp	TFP
JP	62,91 ***			-2,40 *		-4,48 ***			
US	53,00 ***			1,98 .	-6,35 ***				

“Banana Azul” Industria Ligera, 1996 – 2019

	Intercept	L Hours	L Comp	ICT	Non-ICT	Soft_DB	InnovProp	EcoComp	TFP
AT	21,61 ***	2,10 .			-1,92 .	2,03 .	8,02 ***		
BE	19,89 ***	2,67 *	2,88 *	-2,25 *		2,09 .			
DE	43,84 ***			2,73 *	-5,14 ***		2,13 *		
IT	42,61 ***	4,29 ***		-4,50 ***	-1,96 .	2,82 *			
NL	21,97 ***				-2,99 **	2,42 *			
UK	40,91 ***			3,80 **	-4,73 ***			1,91 .	

Grupo de Control. Industria Ligera, 1996 – 2019

	Intercept	L Hours	L Comp	ICT	Non-ICT	Soft_DB	InnovProp	EcoComp	TFP
JP	74,82 ***					-3,60 **			
US	21,34 ***				-4,48 **	1,98 .			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Así, variables relacionadas con la tecnología como ICT, InnovProp o Software y Bases de Datos tienen un impacto significativo en la industria pesada de la “Banana Azul” durante el período 1996 – 2019 en diversos países. En concreto:

- ICT impacta significativamente y de manera positiva en Bélgica, Alemania, Países Bajos y Reino Unido. Con signo negativo en Italia.
- Soft_DB impacta positivamente en Bélgica e Italia.
- InnovProp impacta positivamente en Austria, Alemania e Italia.

Por el contrario, estas mismas variables poseen un nivel de significatividad estadística inferior en sus respectivos impactos en la industria ligera de los países de la “Banana Azul”:

- ICT impacta con signo positivo en Bélgica, Alemania y Reino Unido y con signo negativo en Italia.
- Soft_DB impacta positivamente, con menor nivel de significatividad en Austria, Bélgica, Italia y Países Bajos.
- InnovProp impacta positivamente en Austria y Alemania.

A efectos de comparativa con las economías de control se observan comportamientos semejantes en la industria pesada en ICT y Soft_DB por una parte y en Non-ICT y Soft_DB en el caso de la industria ligera. Japón es la economía que presenta más divergencia tanto en la estabilidad de los modelos de regresión analizados por la incidencia de multicolinealidad y heterocedasticidad y por la divergencia en la incidencia de algunas de las variables consideradas.

4.3. Transformación Industrial.

De forma simétrica, a partir de 2007 como punto de inflexión en la serie histórica considerada y, a su vez, inicio de la Gran Crisis Financiera de 2008 que incidió notablemente en el modelo productivo e industrial (Tirole, 2017¹⁰⁴ y Guillén, 2012¹⁰⁵), se realizan sendos análisis del modelo de regresión en ambos períodos de la serie considerada cuyo detalle se puede consultar en el archivo de anexos (tablas 43 a 48) así como la comparativa con las economías de control (tablas 49 y 50). A raíz de este análisis se observan comportamientos diferentes en la incidencia de las variables de crecimiento sobre el PIB per cápita en ambos períodos sin la identificación de un patrón claro que permita aceptar la hipótesis de la relevancia creciente, a lo largo del tiempo, de las tecnologías ICT y accesorias como Innovación y Software y Bases de datos en la Industria Pesada en la segunda etapa (2008 – 2019). Para algunos de los países, la incidencia de estas variables de crecimiento ha sido mayor en el primer período (Austria, Bélgica, Alemania) mientras que Países Bajos y Reino Unido presentan una mayor incidencia en el segundo período. Por su parte, ni Japón ni Estados Unidos pueden tomarse como referencia en la comparativa de control por la falta de significatividad de las variables a excepción de ICT en el caso de Estados Unidos para el período 1996 – 2007.

Tabla 51

PIBpc US\$ pc 2010	Austria		Bélgica		Alemania		Italia	
	1996 – 2007	2008 – 2019	1996 – 2007	2008 – 2019	1996 – 2007	2008 – 2019	1996 – 2007	2008 – 2019
Intercept	44,69 ***	39,05 ***	55,04 ***	26,06 ***	38,45 ***	54,33 ***	27,65 ***	9,74 **
L Comp	-0,35	0,55	2,39 .	-3,93 *	-0,96	-1,39	1,46	-1,25
L Hours	-2,85 .	1,80	-1,76	0,21	-0,34	0,74	0,72	1,33
C ICT	0,80	1,00	8,00 **	1,38	4,25 *	3,27 *	-0,74	-0,90
C Non ICT	-0,16	-0,27	-4,10 *	0,63	-3,36 *	-3,65 *	0,46	-1,09
C Soft_DB	-1,86	0,57	3,69 *	5,44 *	0,44	-2,39 .	-1,12	0,01
C InnovProp	19,83 ***	2,26	-0,73	7,96 **	2,92 .	6,12 **	1,94	-0,56
EcononComp	-1,13	-0,97	1,94	-6,98 **	0,28	0,93	0,28	0,40
TFP	-2,06	-2,31	-0,84	-3,86 *	0,17	1,19	1,60	-0,59

Tabla 51 (bis)

PIBpc US\$ pc 2010	Países Bajos		Reino Unido		Japón		Estados Unidos	
	1996 – 2007	2008 – 2019	1996 – 2007	2008 – 2019	1996 – 2007	2008 – 2019	1996 – 2007	2008 – 2019
Intercept	13,97 ***	197,05 ***	7,27 **	58,12 ***	25,25 ***	31,18 ***	29,73 ***	10,40 **
L Comp	-0,08	6,28 **	0,05	0,94	NA	-1,72	-1,39	0,88
L Hours	0,14	4,13 *	0,00	-0,85	3,04	0,44	1,15	0,68
C ICT	1,24	7,31 **	0,42	5,41 *	-2,01	0,06	2,31 *	-0,29
C Non ICT	-1,38	4,98 *	-1,41	1,23	3,36	0,23	-4,34	-0,45

C Soft_DB	0,52	4,63	0,68	0,18	-0,72	-1,13	0,69	0,15
C InnovProp	-0,15	-6,65 **	-1,23	2,53 .	NA	NA	0,51	0,16
EcononComp	-1,44	-6,48 **	1,02	-0,59	NA	NA	-1,75	-0,25
TFP	0,70	-1,97	-0,08	0,05	-1,62	-0,05	-0,70	0,87

4.4. Aproximación a la segunda conclusión.

Por consiguiente, los mismos argumentos que permiten aceptar la hipótesis de una mayor incidencia de las tecnologías de información y el conocimiento a lo largo de la serie histórica, no permiten aceptar la idea de la transformación industrial vinculada a la tecnología a lo largo del tiempo porque la influencia y el comportamiento de estas variables no evoluciona de manera sostenible a lo largo del tiempo. Esto es, la segunda etapa histórica de la serie 2008 – 2019 no supone un diferencial de mayor incidencia de la tecnología, innovación y capital intangible (al menos a partir de las variables de crecimiento y su impacto en el PIB per cápita) respecto al comportamiento de este tipo de variables en el PIB per cápita de la serie 1996 – 2019 para los países de la Banana Azul. Tampoco se identifica un diferencial claro en las economías de control, Estados Unidos y Japón.

Excede en ambición y alcance, profundizar en el detalle de esta dicotomía o tratar de entender las motivaciones de este comportamiento y sus fundamentos empíricos y teóricos. Sin embargo, y así se anticipa en el proceso de reconversión industrial de Estados Unidos (Florida, 1996¹⁰⁶, Boyle, 2001¹⁰⁷ y Koistinen, 2002¹⁰⁸), resulta interesante observar cómo la innovación y la mayor intensidad de tecnologías de información y comunicación no se traduce claramente en una mayor contribución al Valor Agregado Bruto y en su impacto del PIB per cápita tal como algunos autores argumentan en su análisis y búsqueda de entendimiento de la “Paradoja de la Innovación” (Coyle, 2020¹⁰⁹) o el tiempo necesario y las inversiones complementarias en infraestructura para que la innovación tecnológica surta efecto (Brynjolfsson y Hitt, 2000)¹¹⁰.

En resumen, en la industria pesada, las tecnologías de la información, la innovación y el software tienen un impacto más significativo en el crecimiento económico en comparación con la industria ligera. Esto respalda la hipótesis de que estas variables son relevantes en la industria pesada en el período 1996-2019 en los países analizados y, por tanto, no poseemos evidencia empírica para rechazar la hipótesis H_{f2} : “el impacto de la innovación tecnológica es más eficiente en la industria pesada”, pero de la misma forma que no se rechaza esta hipótesis no existen argumentos conclusivos para aceptar una hipótesis de transformación industrial vía tecnología en la segunda década del siglo XX.

5. MODELO ECONOMÉTRICO PROPUESTO

5.1. Proceso de armonización.

En el momento en el que no se disponen de argumentos suficientes para rechazar la segunda hipótesis final planteada, esto es, Hf₂: “*el impacto de la innovación tecnológica es más eficiente en la industria pesada*”, procede tratar de alcanzar un modelo matemático que estime la relación entre las variables de crecimiento relacionadas con las tecnologías de información, conocimiento e innovación y su impacto en la variable dependiente PIB per cápita que, a lo largo de todo el estudio, se ha trabajado en precios constantes para eliminar el efecto de la inflación. A partir del logaritmo del PIB per cápita (base 10) se busca i) conseguir la estabilización de la varianza, al ser esta creciente en el PIB per cápita a medida que aumenta su magnitud, ii) facilitar la interpretación relativa de la información entre economías de diferente tamaño y iii) reducir el sesgo que se pueda dar en un conjunto de datos armonizados fruto de la agregación de diferentes economías. Así, utilizando como PIB per cápita el promedio de las 6 economías que consideradas en la etapa final del estudio y la ponderación del resto de variables en función del peso relativo delimitado por el logaritmo del PIB per cápita de cada año y país, se construye esta nueva agrupación de resultados para la industria pesada (Tabla 51). En el archivo de anexos está disponible la tabla equivalente (Tabla 52) relativa al comportamiento de la industria ligera.

VAB	Contribución de las fuentes de Crecimiento										PTF
	Trabajo Total	L Hours	L Comp.	Capital Total	ICT	Non-ICT	Soft-DB	Innov Prop	Econ Comp.		
(1) = (2) + (5) + (11)	(2) = (3) + (4)	(3)	(4)	(5) = (6) + (7) + (8) + (9) + (10)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
1996	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	-0,04
1997	0,16	0,00	-0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,14
1998	-0,12	0,05	0,05	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,21
1999	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	-0,04
2000	0,40	-0,01	-0,02	0,01	0,06	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,35
2001	0,16	0,01	-0,01	0,02	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,11
2002	-0,08	-0,05	-0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,05
2003	-0,06	-0,04	-0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
2004	0,14	-0,01	-0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,13
2005	0,06	-0,02	-0,04	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,06
2006	0,23	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,20
2007	0,07	0,05	0,02	0,03	0,08	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,06
2008	0,01	0,01	0,01	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,05
2009	-1,08	-0,25	-0,27	0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,82
2010	0,48	0,02	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,46
2011	0,07	0,04	0,03	0,01	0,02	-0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
2012	-0,21	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	-0,25
2013	0,12	-0,03	-0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,11
2014	-0,24	0,00	-0,02	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	-0,28
2015	0,63	0,00	-0,01	0,01	0,05	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,58
2016	0,07	0,02	0,02	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
2017	0,05	0,02	0,01	0,01	0,05	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	-0,02
2018	-0,05	0,07	0,06	0,01	0,05	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	-0,17
2019	0,08	0,03	0,01	0,01	0,06	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00

Total	0,87	-0,08	-0,35	0,26	0,84	0,23	0,07	0,11	0,28	0,15	0,11
-------	-------------	--------------	-------	------	-------------	------	------	------	------	------	-------------

Elaboración propia. Fuente: Luiss Lab of European Economics. EUKLEMS & INTANProd - Release 2023

5.2. Modelo Económico Industrial.

A partir de las variables armonizadas que constituyen las fuentes de crecimiento, se procede, de nuevo a realizar un análisis de regresión de dichos factores de crecimiento, los propios del proyecto EU KLEMS -conocido como *contabilidad del crecimiento*- respecto al PIB per cápita del período 1996 – 2019 obteniendo los siguientes resultados concluyentes:

- El impacto de las variables relacionadas con la tecnología es significativo y positivo en la industria pesada y
- Dicho impacto es más significativo y de mayor impacto en la industria pesada que en la industria ligera,

tal como se detalla en las dos tablas siguientes que recogen los respectivos resultados de los modelos de regresión tanto en la industria pesada (Tabla 53) y la industria ligera (Tabla 54).

Tabla 53. “Banana Azul” | Industria Pesada, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	57.6153270***	37712.72	697,82	54,043	< 2e-16 ***
C_ECONCOMP	-4.2796618***	-1251.57	301,64	-4,149	0,000983 ***
C_ICT	6.3415917***	745.91	124,22	6,005	0,000032267 ***
C_INNOVPROP	7.9718487***	2829.53	366,71	7,716	0,000002080 ***
C_NON-ICT	-8.5736987***	-7122.87	859,61	-8,286	0,000000908 ***
C_SOFT-DB	4.2063479**	3175.72	857,30	3,704	0,002357 **
L_COMP	-2.0981528 .	-305.88	155,03	-1,973	0,068579 .
L_HOURS	0.9350883	29.32	32,41	0,904	0,381056
TFP	-3.5656278**	-19.79	5,78	-3,424	0,004111 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 599,5 on 14 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,9791
 Adjusted R-squared: 0,9671
 F-statistic: 81,89 on 8 and 14 DF
 p-value: 1,992e-10

Tabla 54. “Banana Azul” | Industria Ligera, 1996 – 2019

PIBpc = US\$ pc 2010	SD	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	31.07084212***	40030,20	1266,38	31,610	2,03e-14 ***
C_ECONCOMP	0.58184944	117,60	196,03	0,600	0,55816
C_ICT	-0.05117514	-52,84	167,24	-0,316	0,75669
C_INNOVPROP	1.11317544	362,13	304,81	1,188	0,25457
C_NON-ICT	-6.87825882***	-2976,50	448,75	-6,633	1,13e-05 ***
C_SOFT-DB	4.13492340**	2276,21	565,06	4,028	0,00125 **
L_COMP	0.55211393	29,70	115,57	0,257	0,80091
L_HOURS	2.85064600*	89,91	32,86	2,737	0,01606 *
TFP	-1.77058037	-18,77	10,95	-1,714	0,10849

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 944,7 on 14 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0,9481
 Adjusted R-squared: 0,9184
 F-statistic: 31,94 on 8 and 14 DF
 p-value: 0,0000001065

Así, los modelos matemáticos y aquellos con los coeficientes estandarizados (SC) son respectivamente los siguientes:

$$\begin{aligned} (SC) \text{ PIBpc}_{\text{PesadaBananaAzul}} &= 57,61 + (0,93 \cdot L_{\text{Hours}} - 2,09 \cdot L_{\text{Comp}}) + (6,34 \cdot \text{ICT} - 8,57 \cdot \text{NonICT}) \\ &+ (4,20 \cdot \text{SoftDB} + 7,97 \cdot \text{InnovProp} - 4,27 \cdot \text{EcononComp}) - 3,56 \cdot \text{TFP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (SC) \text{ PIBpc}_{\text{LigeraBananaAzul}} &= 31,07 + (2,85 \cdot L_{\text{Hours}} + 0,55 \cdot L_{\text{Comp}}) + (-0,05 \cdot \text{ICT} - 6,87 \cdot \text{NonICT}) \\ &+ (4,13 \cdot \text{SoftDB} + 1,11 \cdot \text{InnovProp} + 0,58 \cdot \text{EcononComp}) - 1,77 \cdot \text{TFP} \end{aligned}$$

En la comparación con Japón, se observa que en ambos tipos de industrias la variable ICT actúa en sentido contrario (solo es significativa al 5% en la industria pesada) y lo mismo ocurre con la variable Soft_DB (siendo significativa al 0,1% en la industria pesada y al 1% en la ligera) que tanto en una industria como otra actúa en sentido contrario. Así, la utilización de Japón como escenario de control comparado con las economías de la banana azul en el ámbito de las industrias pesadas y ligeras no resulta una alternativa suficientemente sólida con la información disponible y los resultados de este estudio.

$$\begin{aligned} (SC) \text{ PIBpc}_{\text{PesadaJapón}} &= 62,92 + (1,18 \cdot L_{\text{Hours}} - 1,59 \cdot L_{\text{Comp}}) + (-2,40 \cdot \text{ICT} + 1,64 \cdot \text{NonICT}) + (-4,48 \cdot \text{SoftDB}) - 0,60 \\ &\cdot \text{TFP} \end{aligned}$$

$$(SC) \text{ PIBpc}_{\text{LigeraJapón}} = 74,82 + (1,51 \cdot L_{\text{Hours}} - 1,51 \cdot L_{\text{Comp}}) + (-1,63 \cdot \text{ICT}) + (-3,60 \cdot \text{SoftDB}) + 0,26 \cdot \text{TFP}$$

Por su parte, los modelos de Estados Unidos poseen significatividad al 10% de confianza para la variable ICT en la industria pesada actuando en una dirección similar en sentido e intensidad que en el caso del modelo de la "Banana Azul" y actuando en el mismo sentido negativo esta variable ICT en el caso de la industria ligera pero con mayor intensidad que en la "Banana Azul" sin que sea significativa en este caso. Sí lo es, la variable Soft_DB al 10% de confianza para la industria ligera y actúa en sentido positivo, en un nivel e intensidad similar al caso de la "Banana Azul".

$$\begin{aligned} (SC) \text{ PIBpc}_{\text{PesadaUS}} &= 53,00 + (1,15 \cdot L_{\text{Hours}} + 0,50 \cdot L_{\text{Comp}}) + (1,98 \cdot \text{ICT} - 6,35 \cdot \text{NonICT}) \\ &+ (1,13 \cdot \text{SoftDB} - 0,05 \cdot \text{InnovProp} + 1,03 \cdot \text{EcononComp}) - 0,36 \cdot \text{TFP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (SC) \text{ PIBpc}_{\text{LigeraUS}} &= 21,34 + (0,58 \cdot L_{\text{Hours}} + 0,38 \cdot L_{\text{Comp}}) + (-1,38 \cdot \text{ICT} - 3,48 \cdot \text{NonICT}) \\ &+ (1,98 \cdot \text{SoftDB} - 0,01 \cdot \text{InnovProp} + 1,12 \cdot \text{EcononComp}) - 0,71 \cdot \text{TFP} \end{aligned}$$

Por lo demás, más allá del condicionante de artificialidad al que se ha dotado al modelo de la industria pesada en la "Banana Azul", tanto su nivel de explicabilidad del PIB per cápita a precios constantes de 2010 como el nivel de significatividad de sus variables consideradas, se refuerza la idea argumental que ha seguido este trabajo y se concluye con la aceptación de la hipótesis final segunda Hf2: por la que "el impacto de la innovación tecnológica es más eficiente en la industria pesada" en el período considerado 1996 – 2019, en el conjunto de países objeto de análisis, a partir de la metodología de regresión lineal utilizada cuando se compara con su equivalente de la industria pesada para el mismo período y países y con las economías de control Japón y Estados Unidos en el mismo período y tipologías de industrias.

Conclusiones

Parafraseando al profesor Robert Solow, “la tecnología es una fuerza impulsora fundamental detrás del aumento de la productividad, y la productividad es el motor del crecimiento económico”, tal como se deriva de las conclusiones de este estudio y del modelo econométrico propuesto que relaciona las variables de crecimiento, particularmente las vinculadas a la tecnología e innovación, con la productividad, habida cuenta que, en línea con la argumentación de diversos autores como Vollset, Fernández-Villaverde, Delventhal o Caldwell entre otros, se cierne, alrededor de la demografía, dudas razonables de su eventual contribución futura al crecimiento y la productividad, al ser esta una de las primeras hipótesis que no se pueden rechazar en este trabajo.

En consecuencia, cabe hacerse la pregunta sobre qué otros factores de crecimiento serán determinantes en nuevos escenarios futuros, particularmente en el ámbito de la manufactura en contextos de desindustrialización (Lucas, 1987, Sabel, 1989, y Gereffi, 2018¹¹) y una, cada vez mayor, *servitización* de la economía (Folta, 2016, Ng, 2017 y Martínez *et al.*, 2018¹²). En el trabajo se postulan, por tanto, la hipótesis cualitativa de una adecuada combinación de políticas de corte general y otras más específicas orientadas a mejorar el comportamiento de la manufactura primero, y a continuación, la hipótesis cuantitativa que presupone que el impacto de la innovación tecnológica resulta más eficiente en la industria pesada que en otros entornos de producción fabril. Se identifican a lo largo del trabajo evidencias suficientes para no rechazar ninguna de ambas hipótesis mientras que se profundiza en el comportamiento de dichas variables en relación al PIB per cápita para concluir que tanto el nivel de significatividad como la ocurrencia en número de ocasiones que ésta aparece en variables de corte tecnológico y de la economía del conocimiento -ICT, software y bases de datos e Innovación- es mayor en el caso de las industrias de tipo pesado en el contexto de la “Banana Azul” en el período 1996 – 2019.

Los resultados obtenidos permiten argumentar favorablemente sobre las preguntas planteadas al inicio de este trabajo. En concreto, se puede determinar que existen diversas combinaciones de políticas económicas generalistas -fiscales y monetarias- y/o específicas -industriales-, que resultan adecuadas para contribuir a la mejora del comportamiento de la industria pesada. En particular, cuando se comparan los modelos econométricos obtenidos en el ámbito de la “Banana Azul” se identifican notables diferencias respecto al impacto y número de ocasiones en las que las variables de crecimiento son significativas en los países europeos respecto a las industrias homólogas de Japón y Estados Unidos para la serie histórica 1996 – 2019. Esto, unido a las singulares características de la megalópolis dorsal europea, resultaría impropio aventurar que es fruto de la casualidad. Es más, a lo largo de todo el trabajo, los modelos econométricos planteados para el entorno de Europa son más estables y aportan una mayor robustez en su capacidad explicativa y en el comportamiento de sus variables.

En virtud de este hecho, la adecuada combinación de políticas económicas y el desempeño de la industria en el contexto de la “Banana Azul”, ofrecen un escenario empírico de análisis tremendamente valioso para tratar de identificar prosperidad y bajos niveles de desigualdad con el objetivo de un adecuado efecto multiplicador de la productividad y crecimiento en las condiciones y calidad de vida de los ciudadanos. No es objeto de este estudio evaluar los niveles de prosperidad de cada una de las regiones pero no se debe descartar que las condiciones que se ofrecen en la dorsal europea puedan actuar como incentivo a unos niveles de desarrollo económico más favorables (Gráfico 21 del archivo de anexos: Índice de Gini).

Además, el modelo econométrico obtenido, a partir de la armonización de las variables de crecimiento consideradas para los países de la “Banana Azul” para el período 1996 – 2018 releva la notable tracción que se genera a través de las variables ICT, Innovación y Software y Bases de Datos que contrarrestan los efectos negativos de otras fuentes de crecimiento en el caso concreto de la industria pesada. La estabilidad del modelo, su fuerte nivel de explicación y niveles bajos de error estándar sientan las bases para aceptar, sin ningún tipo de reparo, que las tecnologías de información, la innovación, el software y las bases de datos contribuyen en mayor cuantía y significatividad en escenarios fabriles de producción de coque y productos de petróleo refinado, fabricación de metales, fabricación de maquinaria y equipos así como fabricación de vehículos automotores y otros equipos de transporte. Este resultado concuerda con estudios previos que han abordado la relación entre la tecnología y la productividad en el ámbito industrial

y que, una vez que interaccionan con sistemas fabriles de producción generan efectos multiplicadores (Torrent-Selles, 2023, Torrent-Sellens y Díaz-Chao, 2018, Porter y Heppelmann, 2014, Xu *et al.*, 2014 y Lasi *et al.*, 2014¹¹³). Desde una óptica de economía industrial, se refuerzan los argumentos que diversos autores como Solow, Romer, Porter o más recientemente Rifkin y Schwab, entre otros, refieren a la idea de que una economía con base industrial sólida está más preparada para resistir a las fluctuaciones económicas. Sin embargo, la economía del conocimiento no tiene su base exclusivamente en la industria manufacturera, particularmente la de carácter pesado. Los servicios y aquellos vinculados a los procesos industriales resultan relevantes en un contexto donde la industria ligera juega un papel fundamental. De esta forma, la experiencia obtenida en contextos singulares como la *“Banana Azul”* se puede tomar en consideración para diseñar políticas donde la innovación y el fomento de la transferencia de conocimiento de unos ámbitos geográficos a otros sea una fuente de impulso económico tal como plantean autores como Lin (2012), Chang (2010), Rodrik (2007) o Mazzucato (2013)¹¹⁴, entre otros.

Por último, fruto del análisis de los patrones dentro de la serie temporal 1996 – 2019 particularmente para sus cortes simétricos 1996 – 2007 y 2008 – 2019 no disponemos de evidencias suficientes para aceptar la hipótesis de un mayor impacto de las fuentes de crecimiento de tipo tecnológico (ICT, innovación, software y bases de datos) en la segunda etapa de la serie pese a los cambios tecnológicos, mejora de procesos de automatización y desarrollo de un escenario de industria 4.0 más cercano al momento actual tal como antes se había mencionado. Cabe la pregunta, por tanto, si este comportamiento está relacionado con cuestiones propias de la industria, con otras derivadas de políticas industriales en la segunda década del siglo XXI, del impacto de las políticas de austeridad llevadas a cabo en el entorno de la Unión Europea con afectación del empleo industrial y procesos de transición o, simplemente, como se anticipaba al inicio de este trabajo por los complejos desafíos que la medición de la productividad contempla según Coyle (2020)¹¹⁵, o por los retardos que se producen entre la innovación y su aplicación a la economía real y su verdadero impacto en valor como apuntan Brynjolfsson *et al.* (2016)¹¹⁶

En resumen, en la industria pesada, las tecnologías de la información, la innovación y el software se identifican como más significativas en ocurrencia y fortaleza de sus impactos para la industria pesada en el período 1996 – 2019 en los países analizados. Se concluye, por tanto, este trabajo aceptando todas las hipótesis contextuales de partida, esto es, i) *“en cada una de las revoluciones industriales el PIB per cápita crece o se multiplica”*, ii) *“la demografía ha sido un factor determinante del crecimiento en contexto histórico”* y iii) *“la demografía no será un factor determinante en el crecimiento económico futuro”*. Se aceptan también, sin evidencias consistentes que conlleven a su rechazo, las hipótesis finales: iv) *“un adecuado set de políticas industriales favorece el crecimiento económico”* y v) *“el impacto de la innovación tecnológica es más eficiente en la industria pesada”* para Alemania, Austria, Bélgica, Italia, Países Bajos y Reino Unido de forma diferencial respecto a las economías de control Estados Unidos y Japón. Sin embargo, no se disponen de evidencias empíricas suficientes para aceptar la hipótesis de la transformación digital en la contribución de valor a lo largo del tiempo abriendo la posibilidad de explorar nuevos escenarios de comportamiento donde otras variables, políticas o factores condicionen el desempeño del ámbito fabril en el futuro.

Vinculación del trabajo a uno o más ODS

El ámbito de análisis de este trabajo bajo el enfoque de la tecnología como inductora de la productividad en el proceso de transformación industrial desarrollado en las economías principales de la “Banana Azul” europea para el período 1996 – 2019 entronca de manera directa con dos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por Naciones Unidas para el 2030, estos son: i) el objetivo número 8, Trabajo Decente y Crecimiento Económico¹¹⁷ y ii) el objetivo número 9, Industria, Innovación e Infraestructuras¹¹⁸, que tal como argumentan las Naciones Unidas, *“un crecimiento económico inclusivo y sostenido puede impulsar el progreso, crear empleos decentes para todos y mejorar los estándares de vida”* y *“La industrialización inclusiva y sostenible, junto con la innovación y la infraestructura, pueden dar rienda suelta a las fuerzas económicas dinámicas y competitivas que generan el empleo y los ingresos. Estas desempeñan un papel clave a la hora de introducir y promover nuevas tecnologías, facilitar el comercio internacional y permitir el uso eficiente de los recursos”*. Ambos aspectos, junto con el análisis de la productividad y el crecimiento en el sector manufacturero, la innovación y el progreso tecnológico y la utilización eficiente de energía y recursos, el mantenimiento sostenible de los ingresos per cápita así como las alteraciones y transformaciones en la producción industrial son aspectos clave abordados en este trabajo y en las fuentes y autores que para su elaboración se han considerado.

Valoración

La elaboración de este trabajo ha supuesto un desafío a la vez que un inmenso placer intelectual en la exploración de la eventual relación positiva -y su fortaleza- de la inversión en tecnología de información y comunicación (TIC) y la productividad, así como su contribución al crecimiento, a partir del análisis del PIB per cápita de las economías de la “Banana Azul”. Desafío desde la perspectiva de abordar temas coyunturales sobre los que existen fundadas argumentaciones de su notable complejidad, como lo es la medición del crecimiento cuando se incorporan nuevas variables que recojan el comportamiento de las tecnologías de la información y conocimiento -intangibles en algunos casos-, así como la paradoja que se cierne sobre el comportamiento de la productividad en las últimas dos décadas de este siglo XXI. Desafío también desde la perspectiva del tratamiento de la información considerada para este estudio en el período 1996 – 2019 y las economías objeto de este, trabajando sobre diferentes fuentes y modelos de contabilización, y, no menos, desafío también al abordar diferentes disciplinas económicas como la macroeconomía, la microeconomía, la econometría y la historia económica. Todo ello, ha llevado a entender el comportamiento económico de las variables de crecimiento y la respuesta a la que se han visto sometidas las economías de la Dorsal Europea, la megalópolis más poblada del planeta, conocida como la “Banana Azul”, en donde la industria está altamente integrada con el territorio (Gil, 2019)¹¹⁹ y donde se alcanzan los mayores niveles de renta per cápita de la Unión Europea.

En toda su extensión, en este desafío, he contado con la inestimable ayuda del director del trabajo, el Profesor Dr. Diego Cervera Itarte, a la hora de delimitar el perímetro de análisis y reducir la ambición que se mostraba en las primeras etapas -fruto de la inconsciencia y el ánimo de un investigador novel-, y sin cuyas recomendaciones y retroalimentación continua en cada una de las diferentes etapas intermedias no se hubiese podido llevar esta empresa a buen término. No sería justo tampoco, dejar de reconocer la inestimable labor de los magníficos docentes que he tenido la oportunidad de disfrutar a lo largo de todo mi Grado de Economía en la Universitat Oberta de Catalunya, sirva este momento para hacer extensivo mi agradecimiento. He podido abordar este trabajo, desde mi humilde opinión, con la suficiente competencia técnica gracias a ellas y ellos.

Autoevaluación

Abordar un proyecto de investigación empírica como el aquí planteado, de diferentes disciplinas y sin la presunción de mi diligencia como investigador que da sus primeros pasos alrededor de la ciencia económica al tiempo que respondo por mis obligaciones profesionales de director general de una compañía de servicios profesionales que, sin ánimo exculpatorio, dedica más de una jornada completa estándar, me hace reflexionar de la siguiente manera: i) creo que he aprendido y, sin duda, he disfrutado de la realización de mi Grado de Economía en cada una de las pruebas de evaluación de los últimos tres años, siendo este TFG la última que abordo con la satisfacción del deber realizado y la nostalgia de una etapa que llega a su fin; ii) este trabajo supone un hito en esta etapa de estudio en la que me he sentido francamente cómodo en su abordaje, a la vez, que he constatado que mi destreza sobre la teoría económica es limitada e inadecuada para darme por satisfecho en mi proceso de aprendizaje, a la vez que y iii) el nivel de matemáticas, estadística y econometría requerido, y sobre el que dispongo de conocimiento, aún es demasiado incipiente para sentirme plenamente satisfecho ante la demanda de una sólida robustez metodológica que un proceso de investigación de estas características requiere.

En consecuencia, más allá de la natural curiosidad anhelo por entender el mundo que nos rodea, lo anterior contribuye e incide significativamente en la necesidad de continuar explorando y asumiendo nuevos retos de aprendizaje sobre la teoría económica y, en particular, profundizar en el reto que supone el entendimiento del crecimiento y la influencia que la tecnología y la innovación producen en él desde una perspectiva económica. Considero que cierro una etapa pedagógica tremendamente satisfactoria en la que este trabajo culmina tres años de intenso estudio y, a la vez, se abre una nueva etapa de posgrado, quizás más exigente y seguro que también tremendamente ilusionante en la que continuaré preparándome para alcanzar el propósito de ser un economista que pueda contribuir al *corpus* de conocimiento sobre el crecimiento y la competitividad en mis próximas etapas académicas.

Referencias Bibliográficas

- ¹ KRUGMAN, P. (1997) *The Age of Diminished Expectations*. The MIT Press.
- ² GORDON, R. (2003) *Hi-tech Innovation and Productivity Growth: Does Supply Create Its Own Demand?*. NBER working paper 9437. Cambridge, Massachusetts <http://www.nber.org/papers/w9437>
- ³ JORGENSON, D., HO, M., STIROK, K., 2005. *Productivity* (Volume 3). London; Cambridge: The MIT Press.
- ⁴ COYLE, D., 2020. *Measuring Productivity in the Context of Technological Change*. Article from the book *Work in the Age of Data*. OpenMind BBVA <https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/measuring-productivity-in-the-context-of-technological-change/>
- ⁵ BRYNJOLFSSON, E., ROCK, D. and C. SYVERSON (2016) *Artificial intelligence and the modern productivity paradox: a clash of expectations and statistics*. NBER chapters in AGRAWAL, A., GANS, J., and GOLDFARB, A. (eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, National Bureau of Economic Research, Inc., Chicago: Chicago University Press, pp. 23–57; BRYNJOLFSSON, E. and MCELHERAN, K., *The rapid adoption of data-driven decision-making*. *American Economic Review: Papers and Proceedings* 106(5): 133–139 (2016).
- ⁶ FEÁS, E. 2023. "La guerra tecnológica EEUU-China y sus efectos sobre Europa". Real Instituto Elcano. <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-guerra-tecnologica-eeuu-china-y-sus-efectos-sobre-europa/>
- ⁷ GIL, A., 2019. "La banana azul europea". <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/la-banana-azul-europea/>
- ⁸ JORGENSON, D., HO, M., STIROK, K., 2005. *Productivity* (Volume 3). London; Cambridge: The MIT Press.
- ⁹ COYLE, D., 2020. "Measuring Productivity in the Context of Technological Change". Article from the book *Work in the Age of Data*. OpenMind BBVA <https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/measuring-productivity-in-the-context-of-technological-change/>
- ¹⁰ BRYNJOLFSSON, E., ROCK, D. and C. SYVERSON, (2016) *Artificial intelligence and the modern productivity paradox: a clash of expectations and statistics*. NBER chapters in AGRAWAL, A., GANS, J., and GOLDFARB, A. (eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, National Bureau of Economic Research, Inc., Chicago: Chicago University Press, pp. 23–57; BRYNJOLFSSON, E. and MCELHERAN, K., "The rapid adoption of data-driven decision-making" *American Economic Review: Papers and Proceedings* 106(5): 133–139 (2016).
- ¹¹ FEÁS, E. 2023. "La guerra tecnológica EEUU-China y sus efectos sobre Europa". Real Instituto Elcano. <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-guerra-tecnologica-eeuu-china-y-sus-efectos-sobre-europa/>
- ¹² GIL, A., 2019. "La banana azul europea". <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/la-banana-azul-europea/>
- ¹³ CHENERY, H., ROBINSON, S., SYRQUIN, M., 1986. *Industrialization and Economic Growth*. Oxford University Press, Oxford; Kaldor, N. 1966. "Causes of the slow rate of economic growth of the United Kingdom: an inaugural lecture". Cambridge University Press; Lewis, W.A. 1954. *Economic Development with Unlimited Supplies of Labour*. The Manchester School 22, 139-191.
- ¹⁴ RODRIK, D., 2013. "Unconditional Convergence in Manufacturing". *The Quarterly Journal of Economics* 128.
- ¹⁵ MURPHY, K.M., SHLEIFER, A., VISHNY, R.W. 1988. *Industrialization and the big push*. National Bureau of Economic Research. Rosenstein-Rodan, P.N., 1943. "Problems of industrialisation of eastern and south-eastern Europe". *The Economic Journal*, 202-211.
- ¹⁶ FELIPE, J.; METHA, A.; RHEE, C., 2017. "Manufacturing Matters... But it's the Jobs That Count". Development Bank Economics Working Paper Series. No. 420, January 1, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2558904>
- ¹⁷ COYLE, D., 2020. *Measuring Productivity in the Context of Technological Change*. Article from the book *Work in the Age of Data*. OpenMind BBVA <https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/measuring-productivity-in-the-context-of-technological-change/>
- ¹⁸ BRYNJOLFSSON, E. Y HITT, L. (2000) *Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance*, *Journal of Economic Perspectives*, n.º 14, 4, pp. 23-48.
- ¹⁹ BRYNJOLFSSON, E., ROCK, D., SYVERSON, C. (2020) *The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies*. NBER Working Paper No. 25148.
- ²⁰ STIGLITZ, J. E. (2002) *Globalization and Its Discontents*. W.W. Norton & Company. BLUESTONE, B., & HARRISON, B. (1986) *The Deindustrialization of America: Plant Closings, Community Abandonment, and the Dismantling of Basic Industry*. Basic Books.
- ²¹ RIFKIN, J. (1995) *The End of Work: The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era*. Putnam.
- ²² BLOOM, D. E., & CANNING, D. (2003) *Health and economic growth: Reconciling the micro and macro evidence*. *Journal of Economic Surveys*, 17(3), 485-518. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-6419.00162>
- ²³ BARRO, R. J., & SALA-I-MARTIN, X. (2004) *Economic Growth*. MIT Press. BOSWORTH, B., BURTLESS, G. 2008. *Aging and productivity: Economic growth and the older population*. *Journal of Economic Perspectives*, 22(3), 139-160. DOI: <https://doi.org/10.1257/jep.22.3.139>
- ²⁴ Maddison Historical Statistics. Groningen Growth and Development Centre, Faculty of Economics and Business. University of Groningen <https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/>
- ²⁵ EMIL VOLLSET, S. et al., 2020. "Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study". [online] DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30677-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30677-2)
- ²⁶ EUKLEMS & INTANPROD Luiss Lab of European Economics <https://euklems-intanprod-lee.luiss.it/download/>
- ²⁷ ANBERD Database <https://www.oecd.org/sti/inno/anberdanalyticalbusinessenterpriseresearchanddevelopmentdatabase.htm>

- ²⁸ Bilateral Trade in Goods by Industry and End-use Category <https://www.oecd.org/sti/ind/bilateraltradeingoodsbyindustryandend-usecategory.htm>
- ²⁹ DATABANK. THE WORLD BANK. <https://databank.worldbank.org/>
- ³⁰ EUKLEMS & INTANPROD. Luiss Lab of European Economics. <https://euklems-intanprod-ilee.luiss.it/the-history/>
- ³¹ EUROPEAN INNOVATION SCOREBOARD. Research and innovation. European Commission https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_es
- ³² EUROSTAT. European Union. <https://ec.europa.eu/eurostat>
- ³³ MADDISON HISTORICAL STATISTICS. Groningen Growth and Development Centre, Faculty of Economics and Business. University of Groningen. <https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/>
- ³⁴ PRODUCTIVITY. Groningen Growth and Development Centre. <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/>
- ³⁵ THE WIOD PROJECT. World Input-Output Database. <https://www.rug.nl/ggdc/valuechain/wiod/>
- ³⁶ THE WIIW KLEMS DATA REPOSITORY. The Vienna Institute for International Economic Studies <https://euklems.eu/>
- ³⁷ WORLD ECONOMIC FORUM SERIES. <https://www.weforum.org/publications/series>
- ³⁸ WORLD COMPETITIVENESS RANKING. IMD World Competitiveness Center. <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness-ranking/2023/>
- ³⁹ WORLD ECONOMIC OUTLOOK DATABASES. International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases#sort=%40imfdate%20descending>
- ⁴⁰ BIBLIOTECA UOC. <https://biblioteca.uoc.edu/>
- ⁴¹ DIALNET <https://dialnet.unirioja.es/>
- ⁴² ECONLIT <https://www.aeaweb.org/econlit/>
- ⁴³ GOOGLE SCHOLAR. <https://scholar.google.com/>
- ⁴⁴ IDEAS <https://ideas.repec.org/>
- ⁴⁵ JSTOR. <https://www.jstor.org/>
- ⁴⁶ OECDILIBRARY <https://www.oecd-ilibrary.org/>
- ⁴⁷ RESEARCHGATE <https://www.researchgate.net/>
- ⁴⁸ WILEY ONLINE LIBRARY. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- ⁴⁹ CRAFTS, N.F.R. (2003) Economic Growth. The Oxford Encyclopedia of Economic History. Publisher: Oxford University Press, Mokyr, J. (ed.) (Published online: 2005).
- ⁵⁰ BARRO, R. J., SALA I MARTIN, X. (1995). Economic Growth. The MIT Press.
- ⁵¹ CRAFTS, N.F.R. (2003) Economic Growth. The Oxford Encyclopedia of Economic History. Publisher: Oxford University Press, Mokyr, J. (ed.) (Published online: 2005).
- ⁵² BLOOM, D.E. (2003) Demographic Dividend: New Perspective on Economic Consequences Population Change (Population Matters S.). RAND Corporation.
- ⁵³ BARRO, R. J., SALA I MARTIN, X. (1995). Economic Growth. The MIT Press.
- ⁵⁴ BARRO, R. J., SALA I MARTIN, X. (1995). Economic Growth. The MIT Press.
- ⁵⁵ AGHION, P., HOWITT, P. (2009) The Economics of Growth. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- ⁵⁶ SOLLOW, R.M. (1956) A Contribution of the Theory of Economy Growth. The Quarterly Journal of Economics , Vol.70, No.1 (Feb., 1956), pp. 65-94 (30 pages). Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.2307/1884513>
- ⁵⁷ ROMER, P. (1990) Endogenous Technological Change. Journal of Political Economy, Vol. 98, No.5, Part. 2: The Problem of Development: A Conference of the Institute for the Study of Free Enterprise Systems (Oct., 1990), pp. S71-S102 (32 pages), The University of Chicago Press. <https://www.jstor.org/stable/2937632>
- ⁵⁸ DEEPANKAR, B. (2022) Dimensional Analysis and Logarithmic Transformations in Applied Econometrics. Economics Department Working Paper Series. 339. <https://doi.org/10.7275/6dk1-fw16>
- ⁵⁹ LIVI-BACCI, M. (2003) Demographic Methods. The Oxford Encyclopedia of Economic History. Publisher: Oxford University Press, Mokyr, J. (ed.) (Published online: 2005).
- ⁶⁰ KUZNETS, S. (1967) Population and Economic Growth. American Philosophical Society, Vol. 111, No. 3, Population Problems (Jun. 22, 1967), pp. 170-193 (24 pages), <https://www.jstor.org/stable/985714>
- ⁶¹ BARRO, R. J., SALA I MARTIN, X. (1995). Economic Growth. The MIT Press.
- ⁶² LIVI-BACCI, M. (1999) The Population of Europe: A History. Oxford.
- ⁶³ CIPOLLA, C. M. (1978) The Economic History of World Population. An economic approach to the history of world population. Harmondsworth, U.K.
- ⁶⁴ MALTHUS, T. R. (1803) An Essay on the Principle of Population. Edited by: Shannon C. Stimson. DOI: <https://doi.org/10.12987/9780300231892>
- ⁶⁵ MILL, J.S. (1848) Principles of Political Economy. Ashley ed., <https://oll.libertyfund.org/title/mill-principles-of-political-economy-ashley-ed>
- ⁶⁶ DUDLEY, B. (2003) Migration. The Oxford Encyclopedia of Economic History. Publisher: Oxford University Press, Mokyr, J. (ed.) (Published online: 2005).
- ⁶⁷ BRINLEY, T. (1954) Migration and Economic Growth. A Study of Great Britain and the Atlantic Economy. The Economic Journal, Vol. 64, No. 256 (Dec., 1954), pp. 820-822 (3 pages). Oxford University Press, DOI: <https://doi.org/10.2307/2228056>
- ⁶⁸ WILLIAMSON, J. (1990) Coping with City Growth during the Industrial Revolution. Cambridge University Press, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511664892>

- ⁶⁹ WRIGLEY, E. A. (1987) People, Cities and Wealth: The Transformation of Traditional Society. *Journal of Social History*, Volume 23, Issue 3, Spring 1990, pp. 654–655, Oxford, Basil Blackwell, DOI: <https://doi.org/10.1353/jsh/23.3.654>
- ⁷⁰ BAIROCH, P. (1988) *Cities and Economic Development*. The University Press of Chicago.
- ⁷¹ BOSERUP, E. (1965) *The Conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*.
- ⁷² HOHENBERG, P.M. (2003) Urbanization. *The Oxford Encyclopedia of Economic History*. Publisher: Oxford University Press, Mokyr, J.(ed.) (Published online: 2005).
- ⁷³ GOUDSBLOM, J., JONES, E. L., MENNELL, S. (1999) *Human History and Social Process: No 26 (Exeter studies in history)*. University of Exeter Press.
- ⁷⁴ HOHENBERG, P.M. (2003) Urbanization. *The Oxford Encyclopedia of Economic History*. Publisher: Oxford University Press, Mokyr, J.(ed.) (Published online: 2005).
- ⁷⁵ PARR, N. (2023) Immigration and the prospects for long-run population decreases in European countries. *Vienna Yearbook of Population Research* 2023. Vol. 21, pp. 1-29 DOI: <https://doi.org/10.1553/p-8jf5-7cdc>
- ⁷⁶ CALDWELL, J. C. (2004) Demographic Theory: A Long View. *Population and Development Review*, Jun., 2004, Vol. 30, No.2, pp. 297-316 <https://www.jstor.org/stable/3401387>
- ⁷⁷ CALDWELL, J. C. (2004) Demographic Theory: A Long View. *Population and Development Review*, Jun., 2004, Vol. 30, No.2, pp. 297-316 <https://www.jstor.org/stable/3401387>
- ⁷⁸ BOONGARTS, J. (2002) The end of the fertility transition in the developed world. *Population and Development Review* 28(3), pp. 419-443.
- ⁷⁹ VOLLSET, S.E. ET AL. (2020) Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*. Vol. 396, Issue 10258, pp. 1.285-1.306, Oct. 2020, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30677-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30677-2)
- ⁸⁰ VOLLSET, S.E. ET AL. (2020) Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*. Vol. 396, Issue 10258, pp. 1.285-1.306, Oct. 2020, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30677-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30677-2)
- ⁸¹ DELVENTHAL, M.J., FERNÁNDEZ-VILLAVERDE, J., GUNER, N. (2022) Demographic Transitions Across Time and Space. NBER Working Paper 29480, Nov. 2021, DOI: <https://doi.org/10.3386/w29480>
- ⁸² PARR, N. (2023) Immigration and the prospects for long-run population decreases in European countries. *Vienna Yearbook of Population Research* 2023. Vol. 21, pp. 1-29 DOI: <https://doi.org/10.1553/p-8jf5-7cdc>
- ⁸³ LUTZ, WOLFGANG (2023) Population decline will likely become a global trend and benefit long-term human wellbeing. *Vienna Yearbook of Population Research* 2023. Vol. 21, pp. 1-15, DOI: <https://doi.org/10.1553/p-3cp7-4e6b>
- ⁸⁴ Provision of Industry level growth and productivity data with special focus on intangible assets - 2020/S 114-275561 https://euklems-intanprod-lee.luiss.it/wp-content/uploads/2023/02/EUKLEMS_INTANProd_D2.3.1.pdf
- ⁸⁵ EU KLEMS www.euklems.net, van Ark, O'Mahony and Timmer (2008), and Timmer, Inklaar, O'Mahony and van Ark (2010) y <https://euklems.eu/> Vienna Institute for International Economic Studies (wiiw). Para más información sobre INTAN Invest ir a www.intaninvest.net
- ⁸⁶ CORRADO C, HULTEN C, AND SICHEL D (2005): Measuring Capital and Technology: An Expanded Framework. In C Corrado, J Haltiwanger, and D Sichel, editors, *Measuring Capital in the New Economy*, volume 66 of NBER Studies in Income and Wealth, pages 11–46. University of Chicago Press, Chicago, 2005 y CORRADO C, HULTEN C, AND SICHEL D (2009): Intangible Capital and U.S. Economic Growth. *Review of Income and Wealth*, 2009. 55(3):661–685.
- ⁸⁷ BONTADINI, F., CORRADO, C., HASKEL, J., IOMMI, M., JONA-LASINIO, C. (2023) EUKLEMS & INTANProd: industry productivity account with intangibles. Sources of growth and productivity trends: methods and main measurement challenges. https://euklems-intanprod-lee.luiss.it/wp-content/uploads/2023/02/EUKLEMS_INTANProd_D2.3.1.pdf
- ⁸⁸ JORGENSON, D.W., GRILICHES, Z. (1967) The explanation of productivity change. *The Review of Economic Studies* 34(3) – 283.
- ⁸⁹ SOLLOW, R.M. (1956) A Contribution of the Theory of Economy Growth. *The Quarterly Journal of Economics* , Vol.70, No.1 (Feb. 1956), pp. 65-94 (30 pages). Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.2307/1884513>
- ⁹⁰ BARRO, R. J., SALA I MARTIN, X. (1995). *Economic Growth*. The MIT Press.
- ⁹¹ BARRO, R. J., SALA I MARTIN, X. (1995). *Economic Growth*. The MIT Press.
- ⁹² BYERLEE, D., DELGADO, C.A. (2017) *The Role of Agriculture in Economic Development: The Lessons of History*.
- ⁹³ EVENSON, R.E., GOLLIN, D. (2003) Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*, May., 2003, Vol. 300, Issue 5620, pp. 758-762. DOI: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1078710>
- ⁹⁴ REINHART, C.M., ROGOFF, K.S. (2011) *This Time is Different: Eight Centuries of Financial Folly*.
- ⁹⁵ REINHART, C.M., REINHART, V.R., ROGOFF, K.S. (2015) *Debt Overhangs: past and Present*.
- ⁹⁶ KRUGMAN, P. (2012) *End This Depression Now!*
- ⁹⁷ BLANCHARD, O. (2019) *Public Debt and Low Interest Rates*.
- ⁹⁸ EUKLEMS & INTANPROD Luiss Lab of European Economics <https://euklems-intanprod-lee.luiss.it/download/>
- ⁹⁹ BONTADINI, F., CORRADO, J., HASKEL, J., IOMMI, M., JONA-LASINIO, C. (2023) EUKLEMS & INTANProd: industry productivity account with intangibles.
- ¹⁰⁰ BONTADINI, F., CORRADO, J., HASKEL, J., IOMMI, M., JONA-LASINIO, C. (2023) EUKLEMS & INTANProd: industry productivity account with intangibles. https://euklems-intanprod-lee.luiss.it/wp-content/uploads/2023/02/EUKLEMS_INTANProd_D2.3.1.pdf
- ¹⁰¹ JONES, C. (2002) *Introduction to Economic Growth*. W.W. Norton & Company.

- ¹⁰² GORDON, R. (2016) *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living Since the Civil War*. Princeton University Press.
- ¹⁰³ JORGENSON, D.W., STIROH, K.J. (1999) Information Technology and Growth. *The American Economic Review*, Vol. 89 (2), pp. 109-115 <https://doi.org/10.1257/aer.89.2.109>
- ¹⁰⁴ TIROLE, J. (2017) *Economics for the Common Good*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77hng> "The Financial Crisis of 2008" pp. 326-352 <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77hng.16> "Competition Policy and Industrial Policy" pp. 355-377 <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77hng.17> "How Digitization is Changing Everything" pp. 378-400 <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77hng.18>
- ¹⁰⁵ GUILLÉN, A. (2012) Europe: The Crisis Within a Crisis. *International Journal of Political Economy*. Vol. 41, No. 3 (Fall 2012), pp. 41-38. Taylor & Francis, Ltd. <https://www.jstor.org/stable/23408838>
- ¹⁰⁶ FLORIDA, R. (1996) Regional Creative Destruction: Production Organization, Globalization, and the Economic Transformation of the Midwest. *Economic Geography*, Vol. 72, No.3 Jul 1996, pp. 314-334. <https://doi.org/10.2307/144403>
- ¹⁰⁷ BOYLE, K. (2001) The Ruins of Detroit: Exploring the Urban Crisis in the Motor City. *Michigan Historical Review*. Vol. 27, No.1, Detroit 300 (Spring, 2001), pp. 109-107. <https://doi.org/10.2307/20173897>
- ¹⁰⁸ KOSTINEN, D. (2002) The Causes of Deindustrialization: The Migration of the Cotton Textile Industry from New England to the South. Vol. 3, No. 3 (SEPTEMBER 2002), pp. 482-520. Cambridge University Press.
- ¹⁰⁹ COYLE, D., 2020. "Measuring Productivity in the Context of Technological Change". Article from the book *Work in the Age of Data*. OpenMind BBVA <https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/measuring-productivity-in-the-context-of-technological-change/>
- ¹¹⁰ BRYNJOLFSSON, E. Y HITT, L. (2000) Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance, *Journal of Economic Perspectives*, n.º 14, 4, pp. 23-48.
- ¹¹¹ LUCAS, R. E. JR. (1987). *Models of Business Cycles*. Basil Blackwell. SABEL, C. F. (1989). Flexible specialization and the re-emergence of regional economies. *Business and economic history*, 18(1), 7-20. GEREFFI, G. (2018). What Does the Future Hold for Global Value Chains? *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, 10(1-2), 84-107.
- ¹¹² FOLTA, T. B. (2016). The role of competitive groups in the emergence of manufacturing-centric competitive advantages. *Academy of Management Review*, 41(3), pp. 380-397. NG, I. C., & WAKENSHAW, S. Y. (2017). The internet-of-things: Review and research directions. *International Journal of Research in Marketing*, 34(1), pp. 3-21. MARTINEZ, V., BASTL, M., KINGSTON, J., & EVANS, S. (2018). Building blocks for servitization: The role of complexity and variety. *Industrial Marketing Management*, 71, pp. 88-100.
- ¹¹³ TORRENT-SELLENS, J. (2019) *Industria 4.0 y resultados empresariales en España: un primer escaneado*. *Oikonomics [en línea]*. Noviembre 2019, no. 12, pp. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1910>; TORRENT-SELLENS, J.; DÍAZ-CHAO, A. (2018) Coneixement, robòtica i productivitat a la PIME industrial catalana: evidència empírica multidimensional. En: FERRÀS, X.; ALCOBA, O.; TORRENT-SELLENS, J. (coords.). *Transformació digital i intel·ligència artificial*. Barcelona: Col·legi d'Economistes de Catalunya (pp. 91-126). https://www.researchgate.net/publication/327606466_Coneixement_robotica_i_productivitat_a_la_PIME_industrial_catalana_evidencia_empirica_multidimensional; PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. (2014). How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Review* (vol. 92, núm. 11, pág. 64-88). <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>; XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research* (vol. 56, núm. 8, pág. 2941-2962). <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>; LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H.-G., FELD, T., & HOFFMANN, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- ¹¹⁴ LIN, J.Y. (2012) *The Quest for Prosperity: How Developing Economies Can Take Off*; CHANG, H.J. (2010) 23 things they don't tell you about capitalism; RODRIK, D. (2007) *One economics, many recipes: globalization, institutions, and economic growth*; MAZZUCATO, M. (2013) *The entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*.
- ¹¹⁵ COYLE, D., 2020. Measuring Productivity in the Context of Technological Change. Article from the book *Work in the Age of Data*. OpenMind BBVA <https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/measuring-productivity-in-the-context-of-technological-change/>
- ¹¹⁶ BRYNJOLFSSON, E., ROCK, D. and C. SYVERSON (2016) Artificial intelligence and the modern productivity paradox: a clash of expectations and statistics. NBER chapters in AGRAWAL, A., GANS, J., and GOLDFARB, A. (eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. National Bureau of Economic Research, Inc., Chicago: Chicago University Press, pp. 23-57; BRYNJOLFSSON, E. and MCELHERAN, K., The rapid adoption of data-driven decision-making. *American Economic Review: Papers and Proceedings* 106(5): 133-139 (2016).
- ¹¹⁷ NACIONES UNIDAS (2023) ODS 8 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>
- ¹¹⁸ NACIONES UNIDAS (2023) ODS 9 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- ¹¹⁹ GIL, A. (2019) La banana azul europea. <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/la-banana-azul-europea/>