

## Trayectorias históricas de los sistemas nacionales de I+D: una perspectiva cuantitativa

---

**Autores:** Gutiérrez Rojas, Cristian\*; Smith Uldall, Jerome

**Contacto:** \*[cgutierrez@ucsh.cl](mailto:cgutierrez@ucsh.cl)

**País:** Chile

### Resumen

El presente estudio presenta un análisis descriptivo y exploratorio de las trayectorias de los sistemas nacionales de I+D para el período 2000 – 2021. Para realizar lo anterior se utilizaron variables de esfuerzo innovador como la intensidad en I+D, y de resultado como las patentes y las publicaciones. Además, se consideró la productividad como variable para indicar el desempeño económico de estos sistemas. Se dividió la muestra de 37 países OCDE en 5 quintiles de acuerdo al desempeño de la productividad durante el período de estudio. El análisis exploratorio y descriptivo destaca casos de sistemas de I+D que han dado un salto importante en productividad durante el período, destacando Irlanda y los países Bálticos. Existen casos donde una mayor intensidad en I+D no resulta en mejoras sustantivas de productividad, lo que viene a confirmar que la innovación es un fenómeno complejo donde no se garantiza una relación lineal positiva entre el esfuerzo innovador y la productividad. Por otro lado, al hecho de que, en las economías más avanzadas la productividad lleve años estancada, se agrega que, en términos globales, la innovación al parecer también se ha estancado.

**Palabras clave:** sistemas de I+D; innovación; productividad; intensidad de I+D.

### 1. Introducción

El desarrollo económico y la innovación tecnológica no ocurren de forma aislada, sino que forman parte de un contexto y un proceso histórico más amplios. En pocas palabras, “*la historia importa*” (Crafts y O’Rourke, 2014). Desde esta perspectiva, es importante analizar los sistemas de investigación y desarrollo (I+D) de los países como procesos complejos de desarrollo histórico con innumerables interacciones de muchos actores.

El resultado final de la innovación que es beneficiosa para la sociedad es una mayor productividad, que tiene el potencial de mejorar la calidad de vida de las personas. Además, un gran número de variables miden el nivel de innovación y el esfuerzo en I+D, por ejemplo: gasto en investigación y desarrollo, número de publicaciones científicas y patentes. A su vez, estas variables pertenecen a importantes sectores de la sociedad que interactúan y dan lugar a los sistemas de I+D. Estos son: empresas innovadoras, administración pública, universidades, organizaciones no gubernamentales (ONGs) y las redes de colaboración. Algunas variables son específicas de un sector; otras son transversales y cruzan a todos. El resultado es que la innovación que resulta de investigaciones científicas formales no es un proceso lineal, sino sistémico, con muchas interacciones entre actores y subsistemas.

Dada esta complejidad, existen potencialmente muchos caminos que un país puede recorrer en el desarrollo de su economía, ciencia y tecnología. En este artículo se exploran las trayectorias de varios sistemas nacionales de I+D con el objetivo de responder la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo han sido las trayectorias históricas de los principales sistemas de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación (CTCI) en los últimos 20 años?

Usamos la productividad como una variable de resultado y una selección de variables explicativas para caracterizar las diferentes trayectorias atravesadas por los países de la OCDE en el desarrollo de sus sistemas de I+D durante un período de 20 años. Se espera que nuestro análisis sirva de inspiración para el diseño de políticas públicas que puedan ser implementadas por muchos países en desarrollo y estimulen efectivamente su desarrollo económico e innovación.

Se incluye la revisión de literatura académica para visualizar el estado del arte en el desarrollo y evolución de los esfuerzos y resultados de la I+D a nivel internacional. Además, se incluye la revisión y propuesta de fuentes de información secundaria y bases de datos provenientes de distintas fuentes oficiales, tanto nacionales como internacionales. A partir de estas fuentes de información se describirán las variables e indicadores que se utilizarán en los análisis cuantitativos.

Una vasta literatura académica indica que uno de los determinantes más reconocidos del crecimiento económico de los países es la innovación. Autores como Schumpeter (1939), Solow (1956), Abramovitz (1956) Griliches (1986), Fagerberg (1988) y Freeman (1994), reconocen a la innovación como un factor clave para el desarrollo. Por otro lado, autores como Freeman (1987), Porter (1990) y Nelson (1993), señalan que la obtención de tecnologías nuevas y avanzadas es un determinante importante de la posición competitiva de un país o región; por lo tanto, la innovación sería la única forma para que un país pueda generar, a largo plazo, una mejor posición competitiva y un crecimiento económico sostenible (Gutiérrez, 2018).

Lo anterior ha impulsado a los distintos países a incrementar de manera sostenida su esfuerzo innovador, especialmente el gasto público destinado a la I+D. Sin embargo, dadas las restricciones presupuestarias y financieras que enfrentan los gobiernos, es importante, además del mayor empuje innovador, la asignación eficiente de los recursos, optimizando resultados y minimizando los costos. Ambos aspectos ponen de relieve la necesidad de que los agentes (públicos y privados) gasten de manera eficiente los recursos disponibles para la I+D (Gutiérrez, 2018).

A lo anterior se debe agregar al análisis el actual contexto mundial ya que la discusión internacional respecto al futuro de la ciencia, la tecnología y la innovación y sus respectivas políticas está marcada por el impacto de la pandemia de COVID-19, y las crisis climática y ambiental. De esta manera, los factores que configurarían el futuro de la CTCI incluyen los efectos desiguales de la crisis en la investigación y el desarrollo en todos los sectores, la adopción acelerada de herramientas y técnicas digitales y los cambios en la apertura, inclusión y agilidad de los ecosistemas de investigación e innovación. La política de CTCI podría sufrir cambios fundamentales a medida que la resiliencia, la sostenibilidad ambiental y la inclusión se conviertan en objetivos más destacados en las agendas políticas. La crisis también podría estimular la experimentación con nuevas herramientas, enfoques de políticas y modelos de gobernanza (OECD, 2021a).

El artículo se divide en cinco secciones considerando esta primera sección introductoria. En la segunda sección se presenta la revisión de la literatura empírica respecto a los análisis comparativos en cuanto a las políticas científicas y tecnológicas nacionales. En la tercera sección se presentan las variables y las fuentes de datos que se utilizarán en los análisis descriptivos de las trayectorias, resultados los cuales se presentan en la cuarta sección, finalizando con una quinta sección de conclusiones y discusiones.

## 2. Revisión de la literatura

El artículo que sienta las bases del desarrollo conceptual del presente estudio es el de Schot y Steinmueller (2018), quienes realizan un análisis comparativo de tipo cualitativo de tres marcos para entender el rol de

las políticas de innovación: enfoque de crecimiento económico, enfoque de los sistemas de innovación y el enfoque del cambio transformador.

Fagerberg y Srholec (2017), a partir de un enfoque sistémico sobre los países hacen una medición de sus capacidades tecnológicas, educativas y sociales, y su correlación con su desarrollo económico. Se realiza un análisis factorial y luego una regresión lineal de los factores con 4 variables de desarrollo. Las variables dependientes son: PIB, PIB per cápita, ingreso nacional ajustado por consumo de capital y recursos naturales, expectativa de vida al nacer. El principal hallazgo del artículo es que las variables de capacidades tecnológicas y sociales predicen crecimiento no solamente en el PIB, sino también en variables más allá del PIB, ajustados por sostenibilidad y bienestar, como el uso de recursos naturales y la expectativa de vida.

Navarro et al. (2009), clasifican a 188 regiones de Europa (EU-25) según una tipología de innovación y utilizan análisis factorial (PCA) y de aglomerados. Entre sus hallazgos destacan: 1) Las políticas de fomento a la innovación tienen que ser a la medida de cada región, tomando en cuenta su propuesta de valor específico, 2) muchas políticas deben estar acompañadas de inversiones complementarias, por ejemplo, en educación y capacitación, para generar las condiciones adecuadas en el entorno para que la innovación pueda suceder, 3) la tipología propuesta puede servir de guía para otras regiones y la progresión de estadios de un tipo a otro.

Coccia (2010) y Rehman, Hysa y Mao (2020) con metodologías econométricas distintas analizan la relación entre la inversión pública y privada en I+D; mientras el primero analiza el impacto de ambas inversiones en el crecimiento de la productividad, los segundos analizan el impacto en los procesos innovadores nacionales. En ambos estudios se concluye el carácter complementario de ambas inversiones y la relevancia que tendría un sistema de I+D eficiente para que esta relación alcance su máximo rendimiento.

Un artículo más específico respecto al retorno del gasto público en I+D es el Goñi y Maloney (2017), quienes realizan un análisis cuantitativo de panel y usan una función de producción encontrando que el retorno de la I+D pública tiene forma de U invertida. Los resultados destacan la importancia de factores complementarios a la I+D como la educación (mirada sistémica), el uso de datos históricos: 1960-2010; y la recomendación de fomentar la transferencia tecnológica desde el exterior (parte ascendente de la curva). Coccia (2009), por otro lado, usando una muestra de países europeos más Japón y EEUU, estima el retorno del gasto en I+D total sobre el crecimiento de la productividad, determinando que un gasto de entre 2,3% y 2,6% del PIB maximiza su impacto de largo plazo en el crecimiento de la productividad.

Respecto a estudios comparativos entre países destaca el informe de la OECD (2021b) *R&D Intensity as a policy target - Lessons from 11 international case studies*, donde se refuerza la idea de que no hay un nivel óptimo de gasto en I+D; existe alta concentración del esfuerzo en I+D dentro de los países; existen pros y contra de contar con políticas de objetivos de I+D. En el análisis comparativo se utilizan diversas variables clave como inversión privada en I+D, inversión pública en I+D, sectores económicos y gasto en I+D como porcentaje del PIB ajustado a la estructura productiva, tamaño de las empresas y peso de las empresas multinacionales en los procesos nacionales de innovación. Además, aporta análisis de casos de países y resumen de políticas en CTI. Se destacan dos casos de interés. Primero Corea del Sur, cuyo gasto en I+D no está supeditado al cumplimiento explícito de objetivos de desempeño; segundo, el caso de Suecia, donde el mayor gasto en I+D no ha traído aparejado en la misma magnitud un desarrollo de productos de alta tecnología.

En la misma línea de las comparaciones entre países, Parrilla et al. (2015) realizan un análisis de *benchmarking* entre la experiencia de Alemania y la de EEUU en materia de CTI. Consideran variables como el nivel de cooperación pública - privada aplicada a la investigación y apoyo a la innovación; el sistema

educacional y capacitación de la fuerza laboral; el peso del sector manufacturero en la economía nacional; la colaboración regional en I+D; uso de intermediarios institucionales para evitar las fallas de mercado en materia de I+D; y el uso de inversiones basadas en incentivos. Realizando un análisis cualitativo concluyen que si bien exportar directamente los elementos del sistema de CTI alemán es complejo se destacan tres características claves para su éxito: la cooperación regional entre los actores del sistema; la existencia de intermediarios institucionales que conduzcan los mercados y el uso de inversiones basadas en incentivos.

Finalmente, Navarro et al. (2016), realizan un diagnóstico acerca del déficit en la I+D en Latinoamérica y el Caribe, considerando la experiencia del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y su aporte al avance en esta materia. Realizan una recopilación bibliográfica considerando variables tales como la cooperación entre actores del sistema de CTI: universidades, empresas, gobierno; la tasa de investigación básica y aplicada; y la tasa de graduados de carreras técnicas versus profesionales. La principal conclusión del estudio es que el problema de Latinoamérica pasa por la baja inversión privada en I+D. Destacan como relevante la coordinación entre la academia y la industria, la investigación en ciencia aplicada además de básica, y la educación técnica además de la profesional, considerando como ejemplos los casos de Finlandia, Israel y Corea del Sur.

### 3. Variables y bases de datos variables

Las variables usadas en el presente estudio están consignadas en la siguiente tabla, junto con sus roles en el sistema de I+D, definiciones y unidades de medida.

TABLA 1. Variables usadas en el estudio

Nº	Variable	Rol en I+D	Definición	Unidad de Medida
1	Intensidad I+D	Insumo	Gasto en I+D / PIB	Porcentaje
2	Financiamiento privado de I+D como % del PIB	Insumo	Gasto Privado en I+D / PIB	Porcentaje
3	Publicaciones per cápita	Resultado en Sistema CTI	$\frac{\text{Publicaciones}}{\text{Población}} \times 1.000.000$	Publicaciones por millón de habitantes
4	Patentes solicitadas por millón de habitantes (EPO + USPTO)	Resultado en Sistema CTI	$\frac{\text{Patentes}}{\text{Población}} \times 1.000.000$	Patentes por millón de habitantes
5	Productividad	Resultado en la Economía	Ingreso por trabajador por hora	US\$ PPP / hora

Fuente: Los datos se obtuvieron de la OCDE<sup>1</sup> y el Banco Mundial<sup>2</sup>.

### 4. Análisis cuantitativo exploratorio

Las dos primeras variables de la tabla 1 se consideran como insumos (“inputs”), ya que miden el esfuerzo de un país en invertir en I+D. Las variables de publicaciones y patentes son variables de resultado, puesto que indican el grado de desarrollo de un sistema CTI de un país. Sin embargo, desde el punto de vista del bien-

1. <https://stats.oecd.org>

2. <https://data.worldbank.org>

estar social, las publicaciones y patentes no son un resultado final, sino intermedio, porque lo que interesa para los habitantes de un país no es el grado de desarrollo científico o tecnológico, sino los beneficios que derivan de él, esto es bienestar y calidad de vida. Un *proxy* para esto es usar una variable de resultado económico como lo es la productividad. Por consiguiente, se agrupan 37 países<sup>3</sup> de la OCDE en 5 grupos (quintiles) según sus resultados alcanzados en productividad durante el período 2000 y 2021 (ver tabla 2). Luego se analizan las distintas trayectorias en I+D realizadas por los países del año 2000 a 2019 que desembocan en los diversos desenlaces. Además, se visualiza la relación entre intensidad I+D, patentes y publicaciones con la productividad, mediante gráficos de dispersión.

**TABLA 2. Ranking de países por tasa de crecimiento promedio de productividad entre 2000 y 2021 (USD PPP/Hora)**

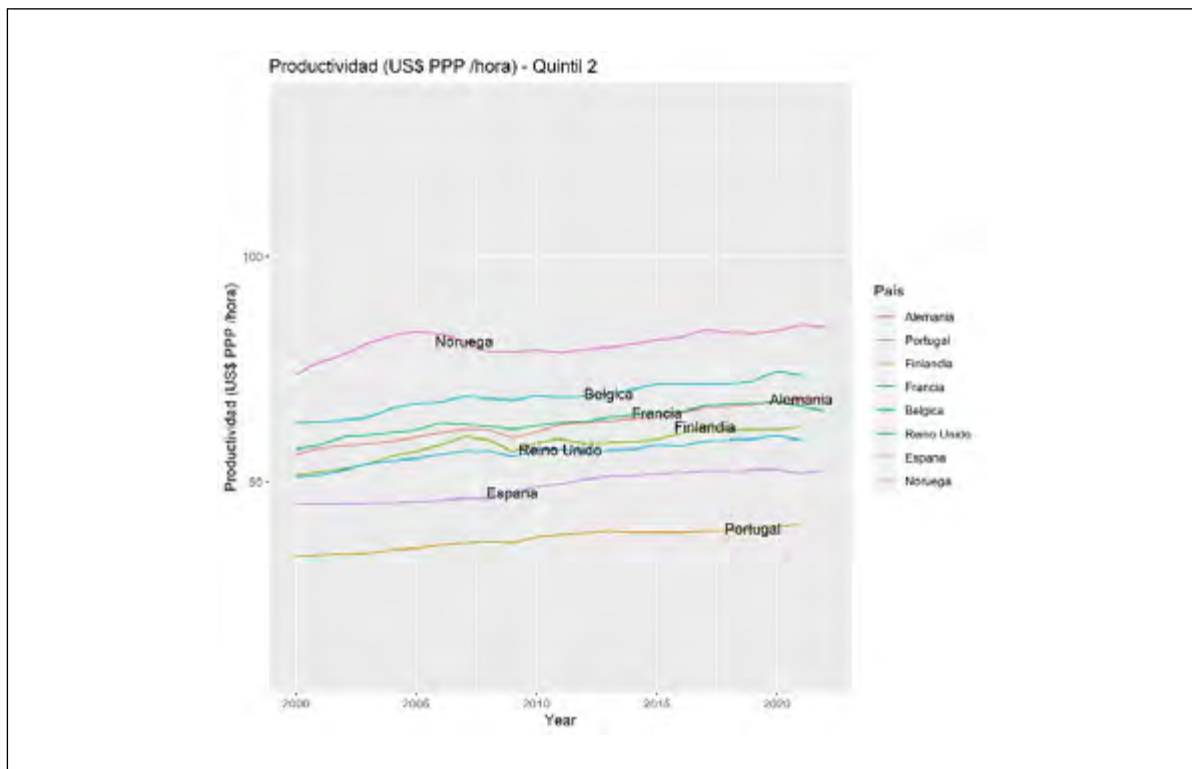
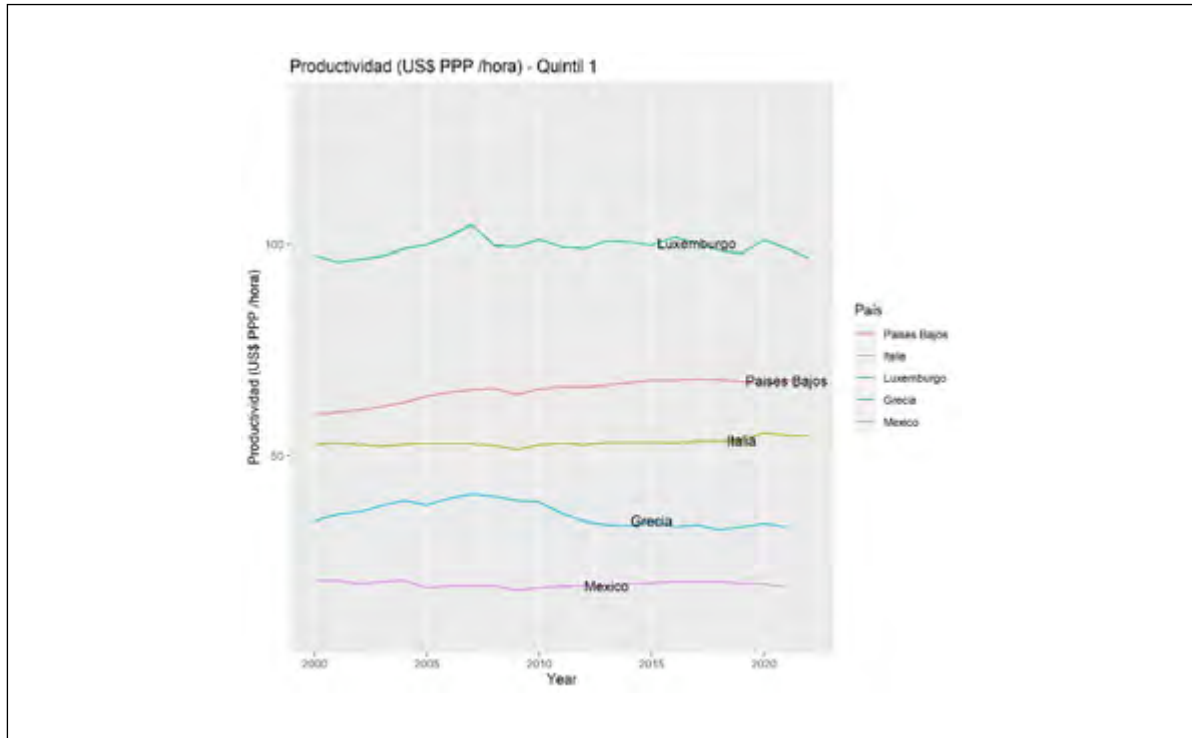
País	Productividad 2000 (US\$ PPP /hora)	Productividad 2021 (US\$ PPP /hora)	Tasa de Crecimiento Anual Promedio	Quintil
Letonia	16.7	41.4	7.0%	5
Irlanda	53.6	128.2	6.6%	5
Lituania	19.9	46.1	6.3%	5
Corea	19.9	42.9	5.5%	5
Estonia	21.2	42.9	4.9%	5
Eslovaquia	24.0	48.1	4.8%	5
Polonia	22.2	41.5	4.1%	5
Costa Rica	13.4	24.0	3.8%	5
República Checa	26.0	43.5	3.2%	4
Hungría	24.3	39.9	3.1%	4
Chile	17.9	29.0	2.9%	4
Islandia	43.0	66.0	2.6%	4
Eslovenia	31.3	47.1	2.4%	4
Colombia	9.7	14.3	2.3%	4
Israel	33.2	47.6	2.1%	4
Estados Unidos	54.5	74.8	1.8%	4
Suecia	55.0	73.9	1.6%	3
Australia	43.8	56.8	1.4%	3
Dinamarca	60.0	75.8	1.3%	3
Austria	55.8	69.6	1.2%	3
Nueva Zelanda	35.2	43.7	1.1%	3
Suiza	61.4	75.9	1.1%	3
Japón	39.0	47.6	1.0%	3
Canadá	44.2	53.9	1.0%	3
Alemania	56.1	68.3	1.0%	2
Portugal	33.4	40.5	1.0%	2
Finlandia	51.3	62.2	1.0%	2
Francia	57.2	66.7	0.8%	2
Bélgica	63.1	73.6	0.8%	2
Reino Unido	50.9	59.2	0.8%	2
España	45.0	51.8	0.7%	2
Noruega	73.8	84.8	0.7%	2
Países Bajos	59.7	67.7	0.6%	1
Italia	52.8	54.7	0.2%	1
Luxemburgo	97.5	99.0	0.1%	1
Grecia	34.6	33.2	-0.2%	1
México	20.4	18.9	-0.4%	1

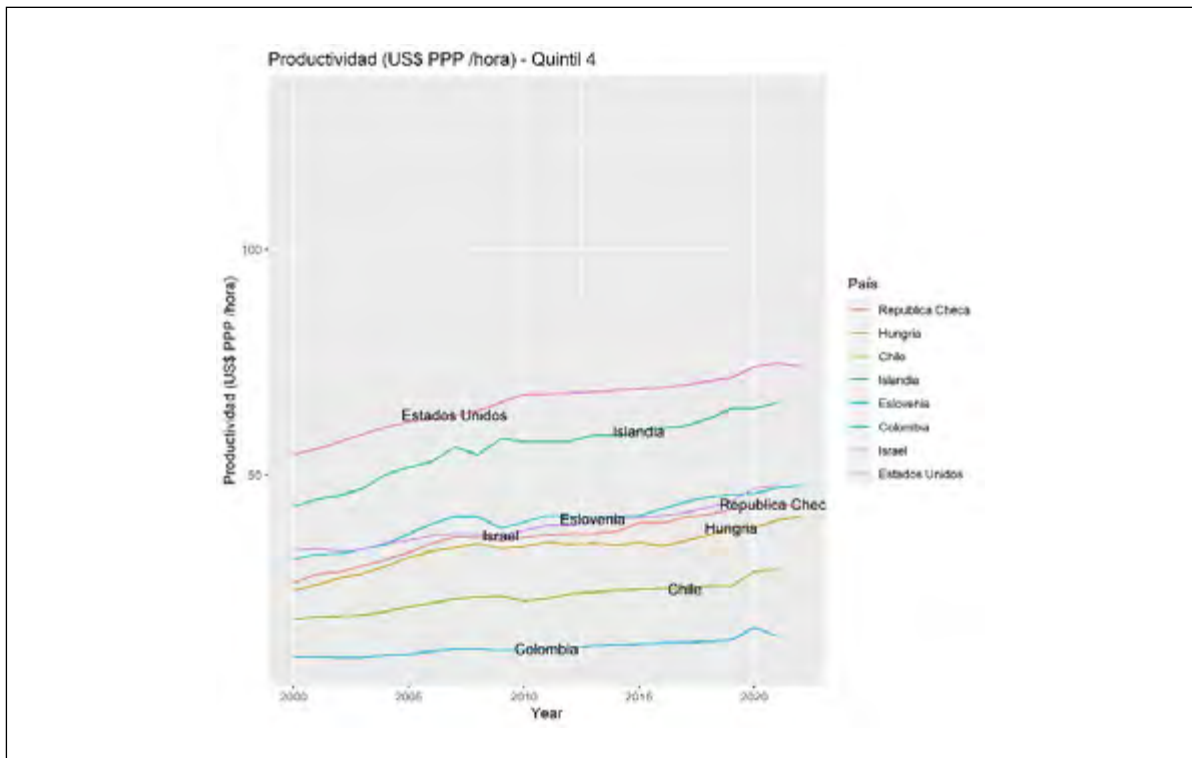
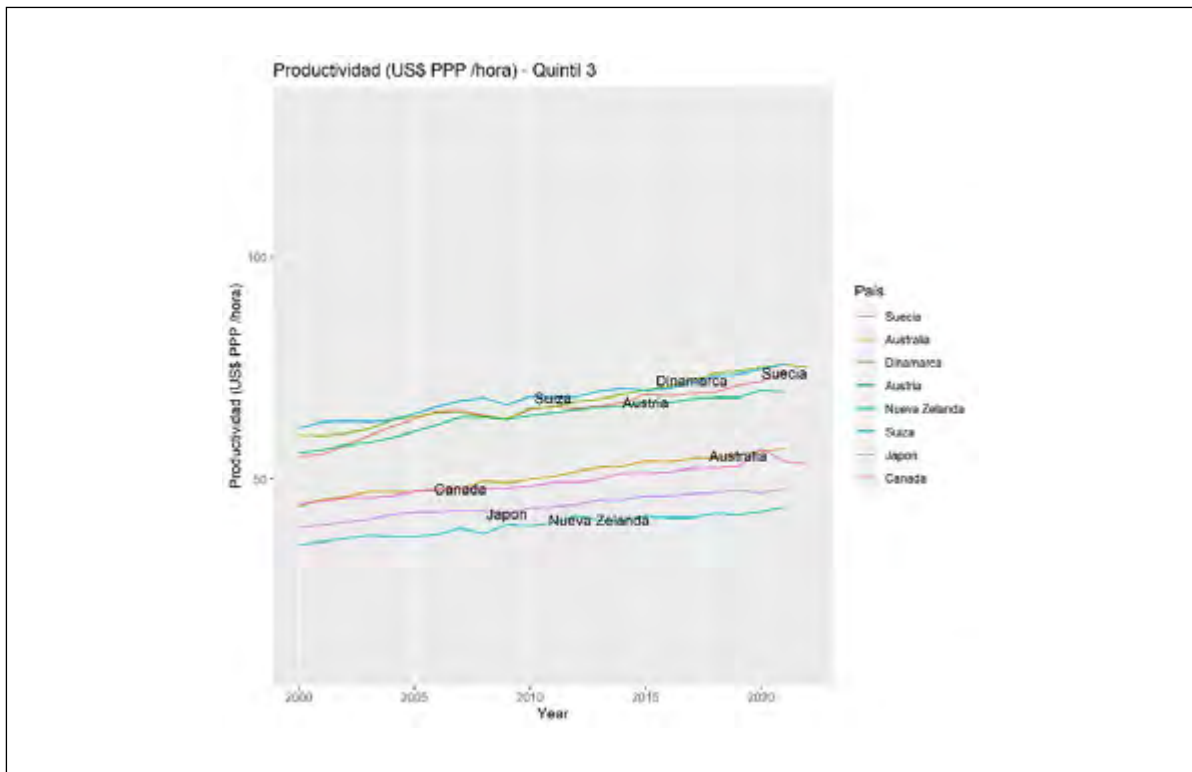
Fuente: Elaboración propia.

3. La OCDE tiene 38 países, pero hay pocos datos para Turquía, de modo que se analizaron 37 países.

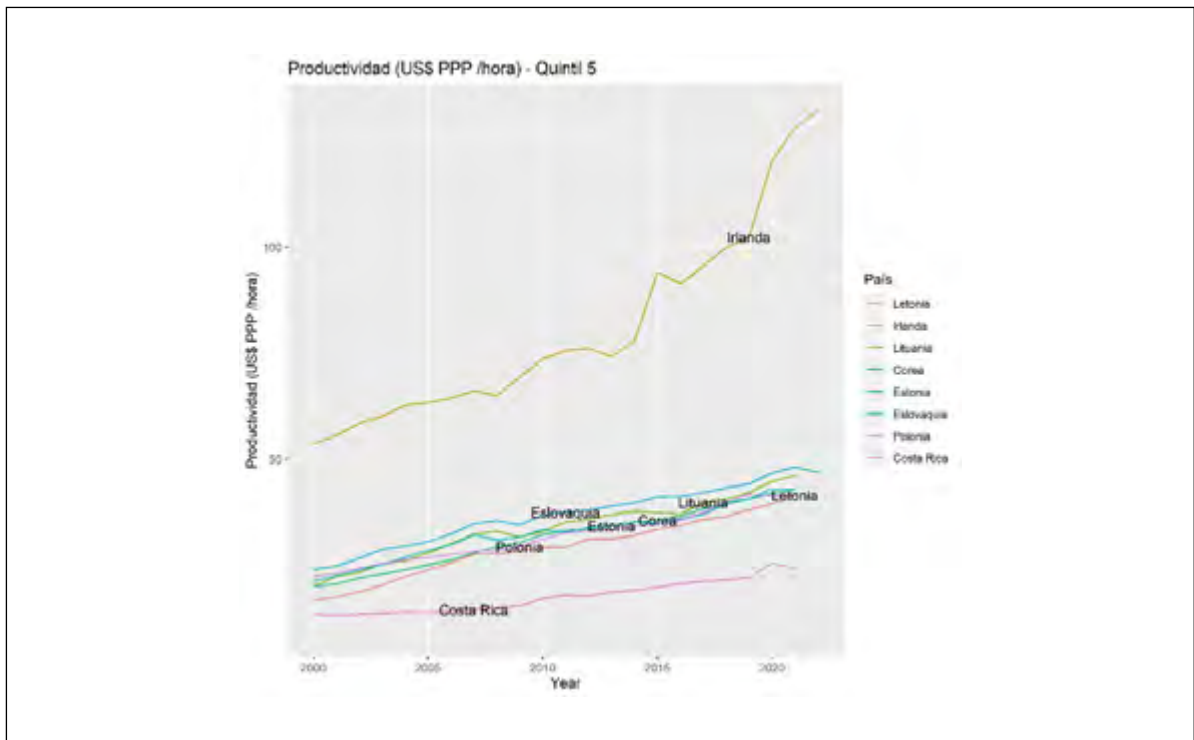
El análisis exploratorio y descriptivo de las trayectorias de los distintos sistemas CTCI se realiza por quintil, considerando las variables previamente descritas. Para realizar lo anterior se describieron gráficamente las trayectorias de las distintas variables.

GRÁFICO 1. Trayectorias en productividad – 2000 a 2021



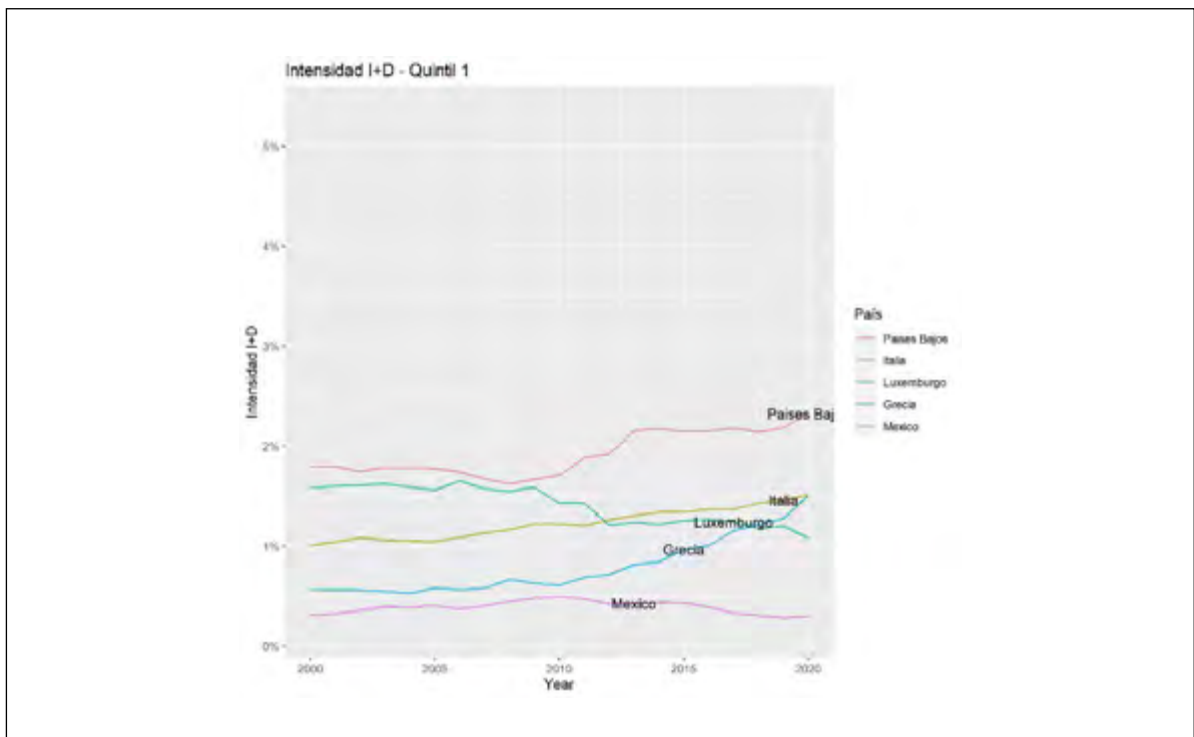




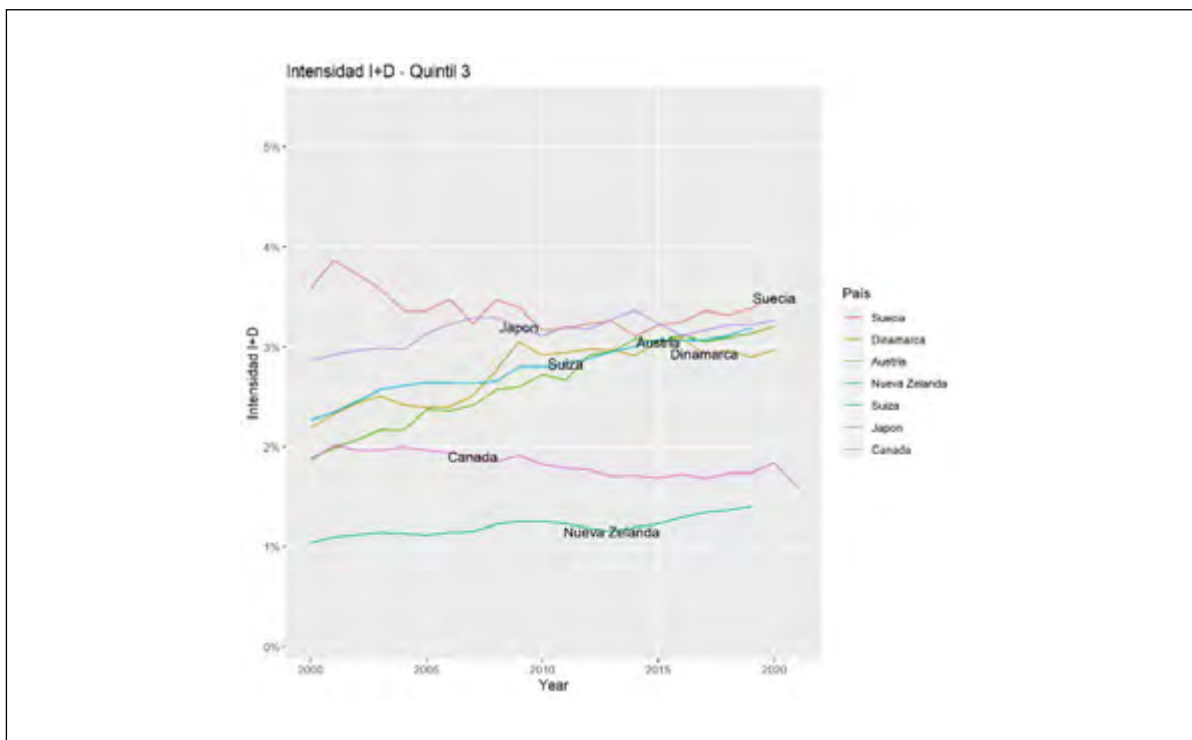
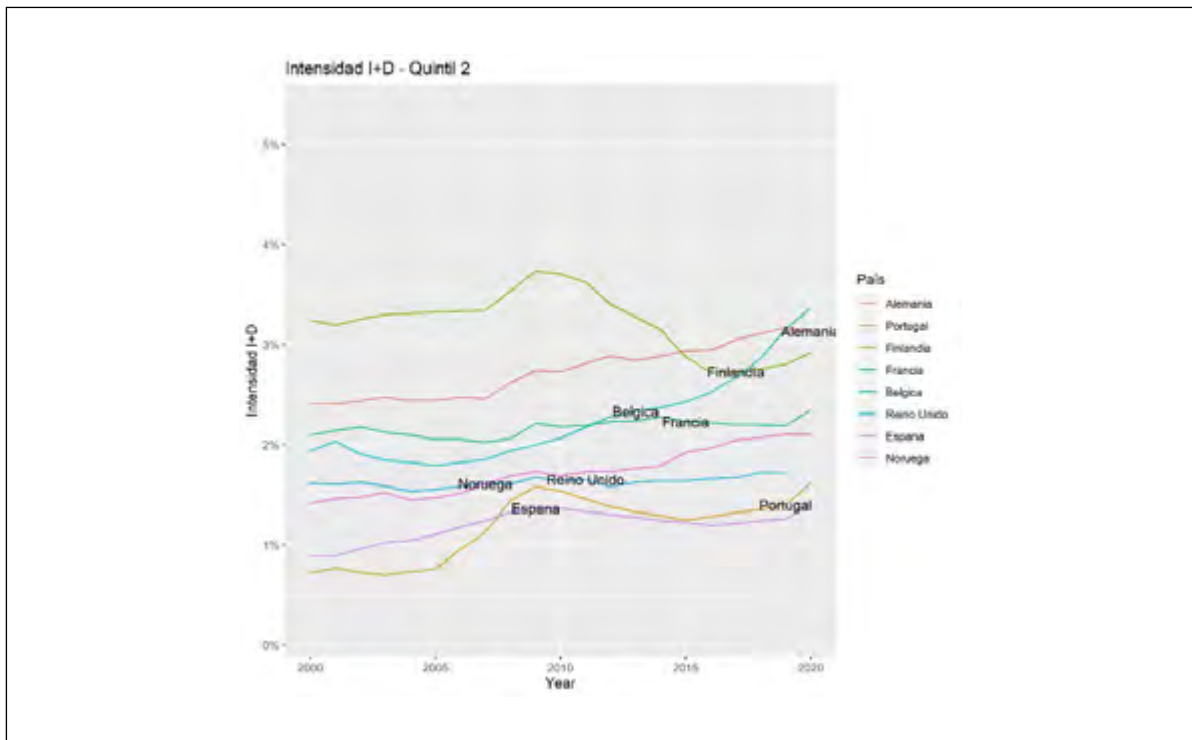


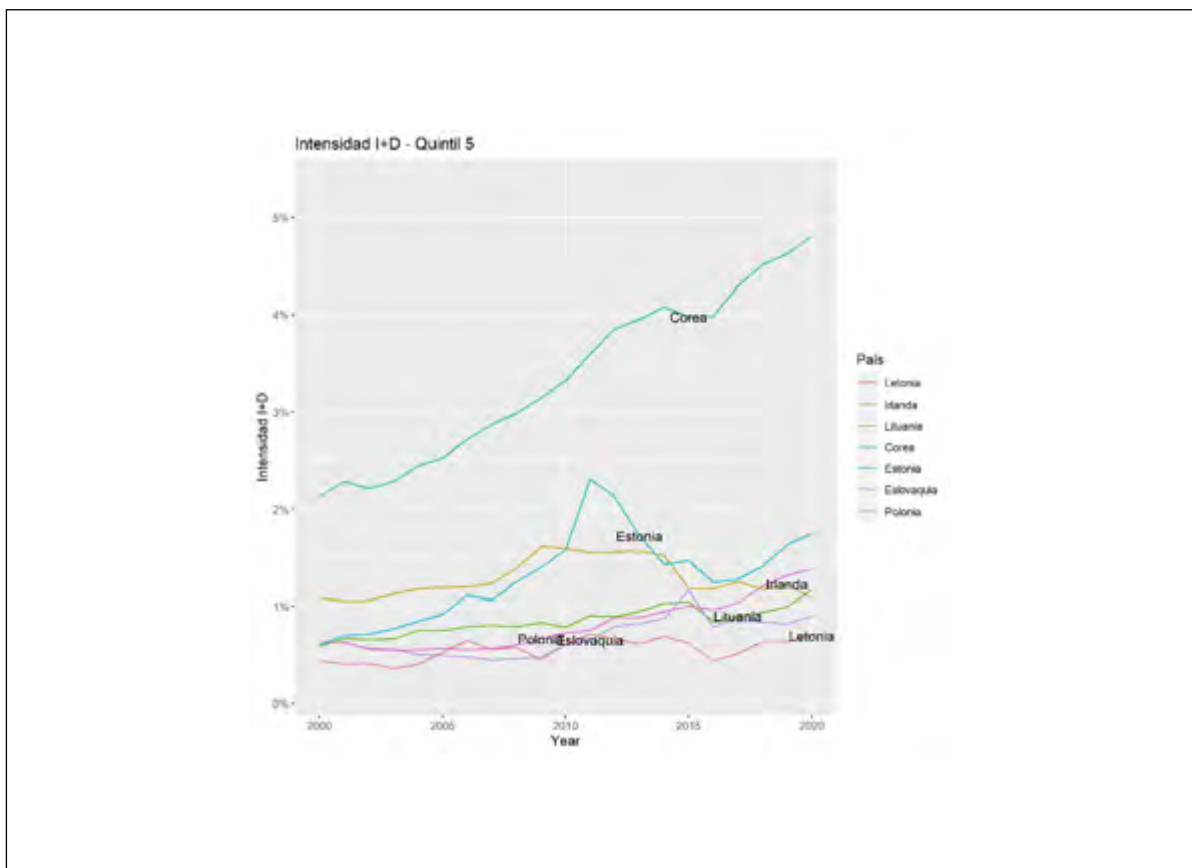
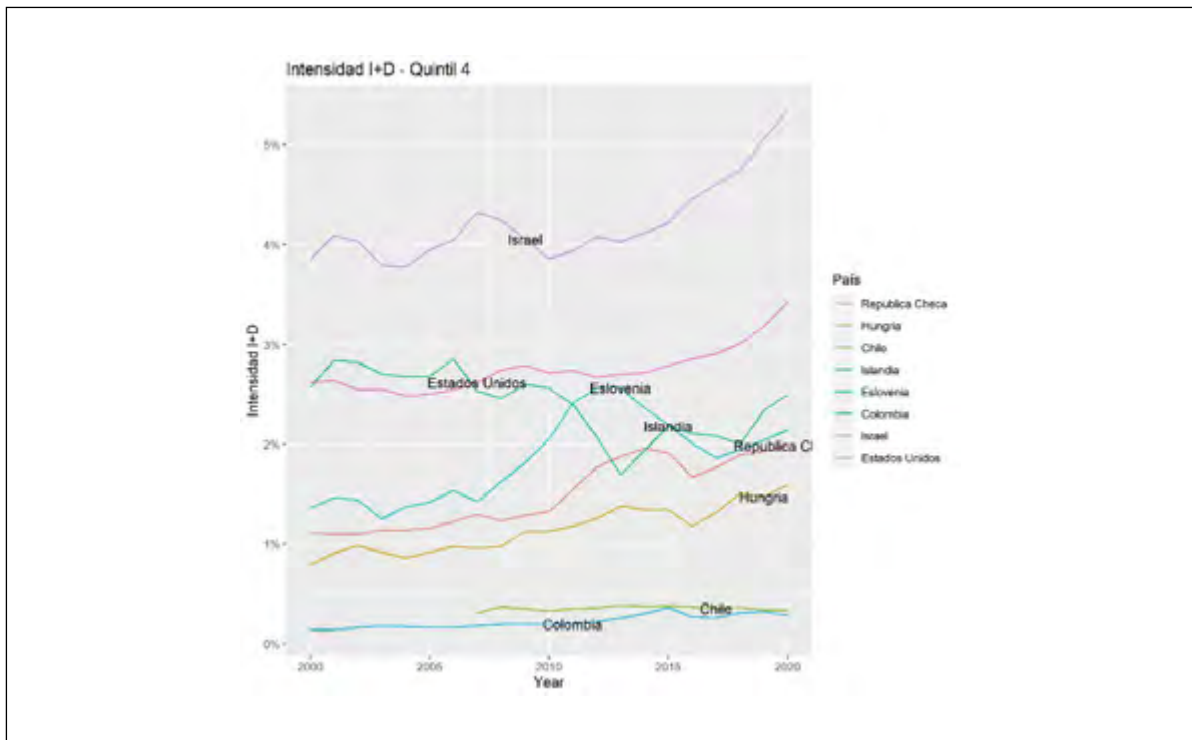
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2. Trayectorias en Intensidad I+D – 2000 a 2021



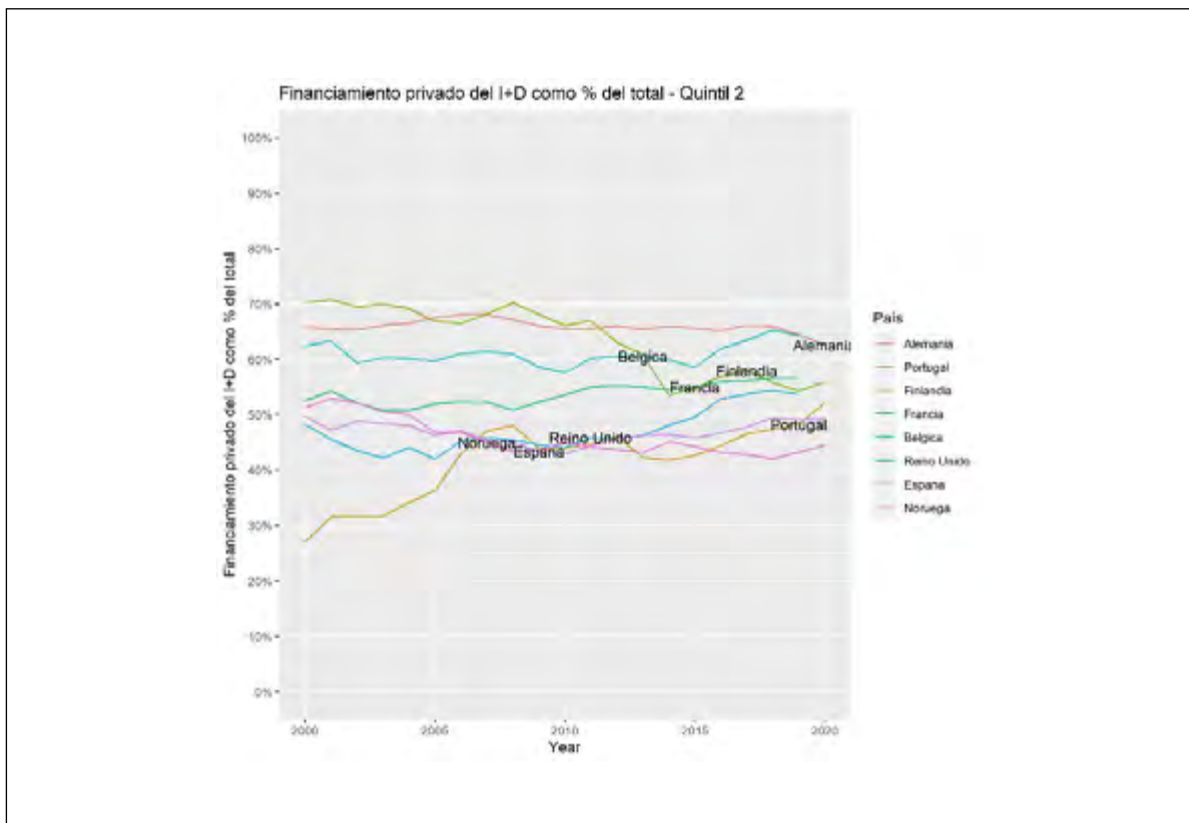
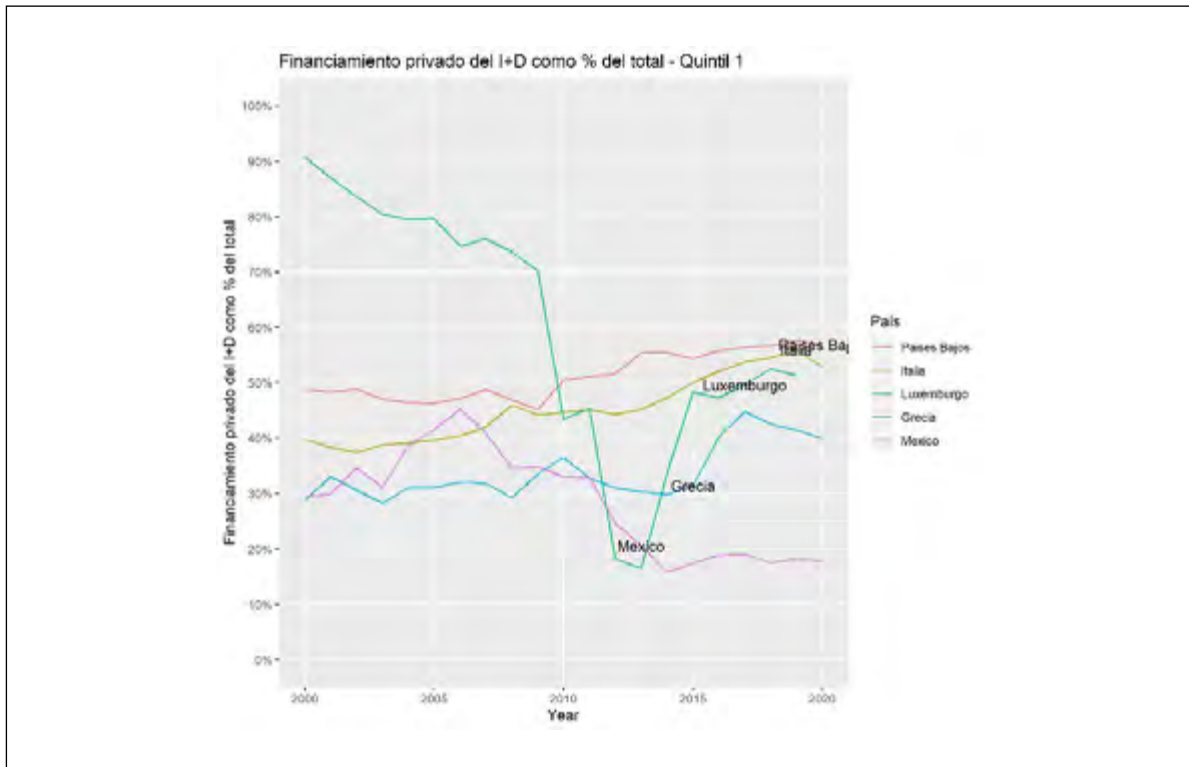


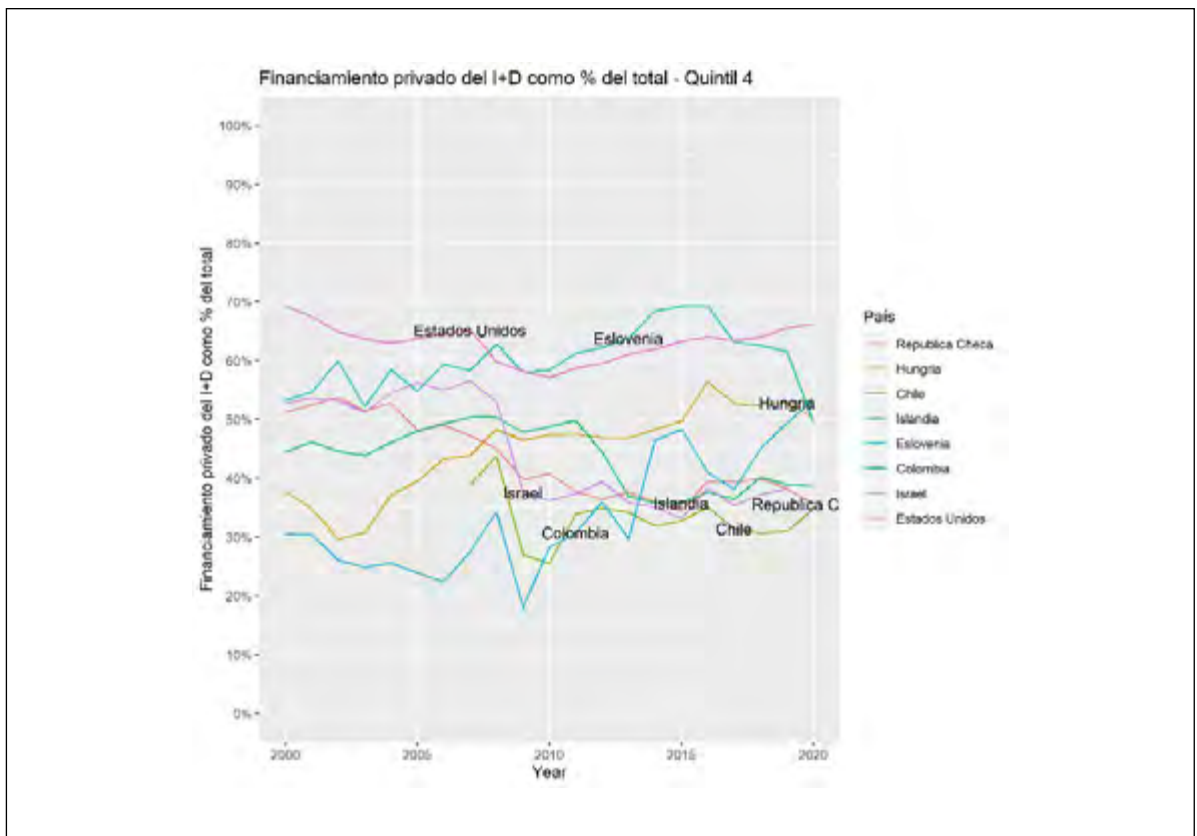
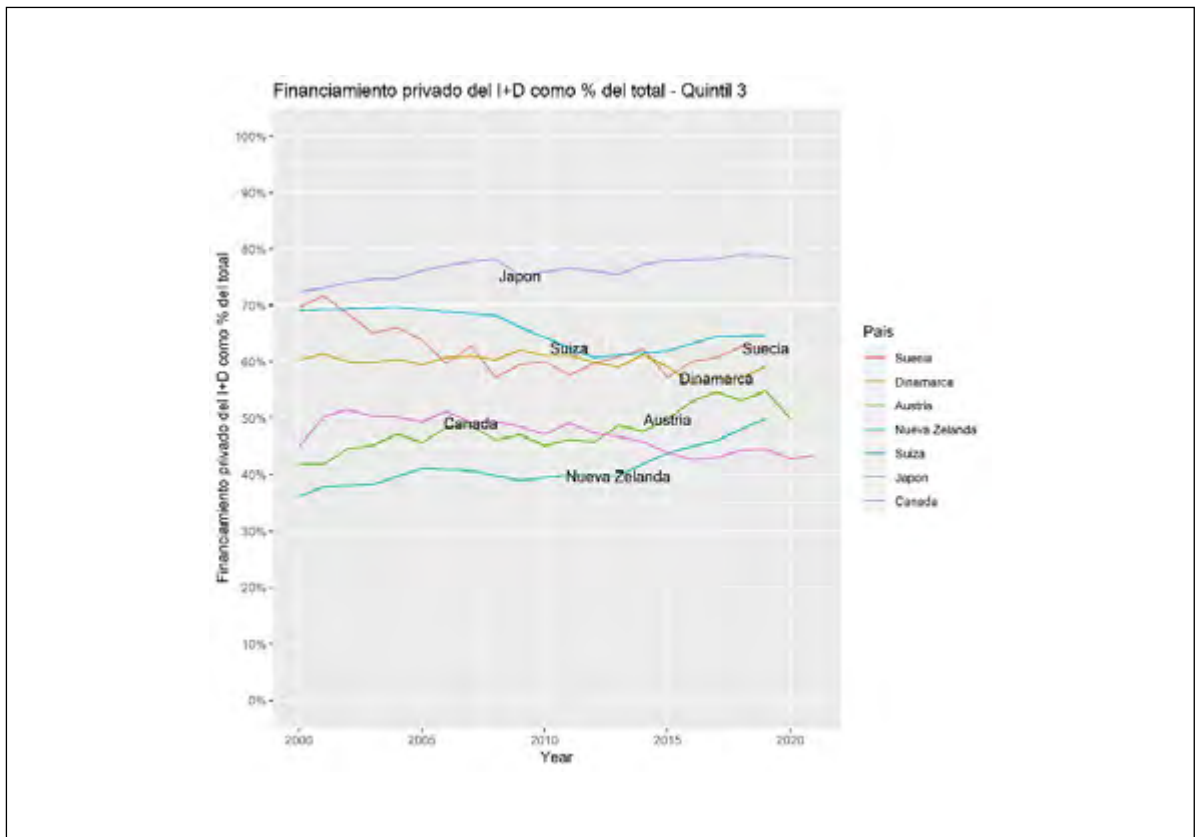


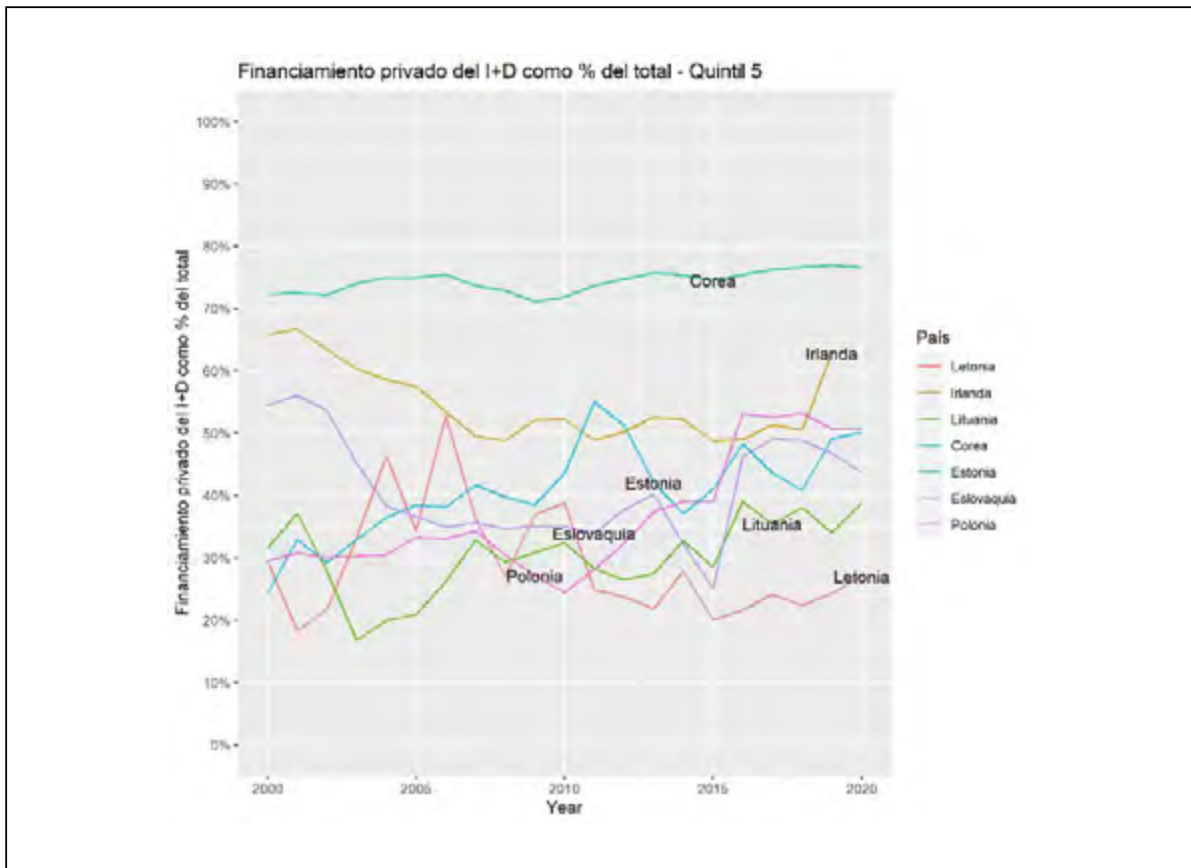


Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 3. Trayectorias del financiamiento privado del I+D como % del total – 2000 a 2021

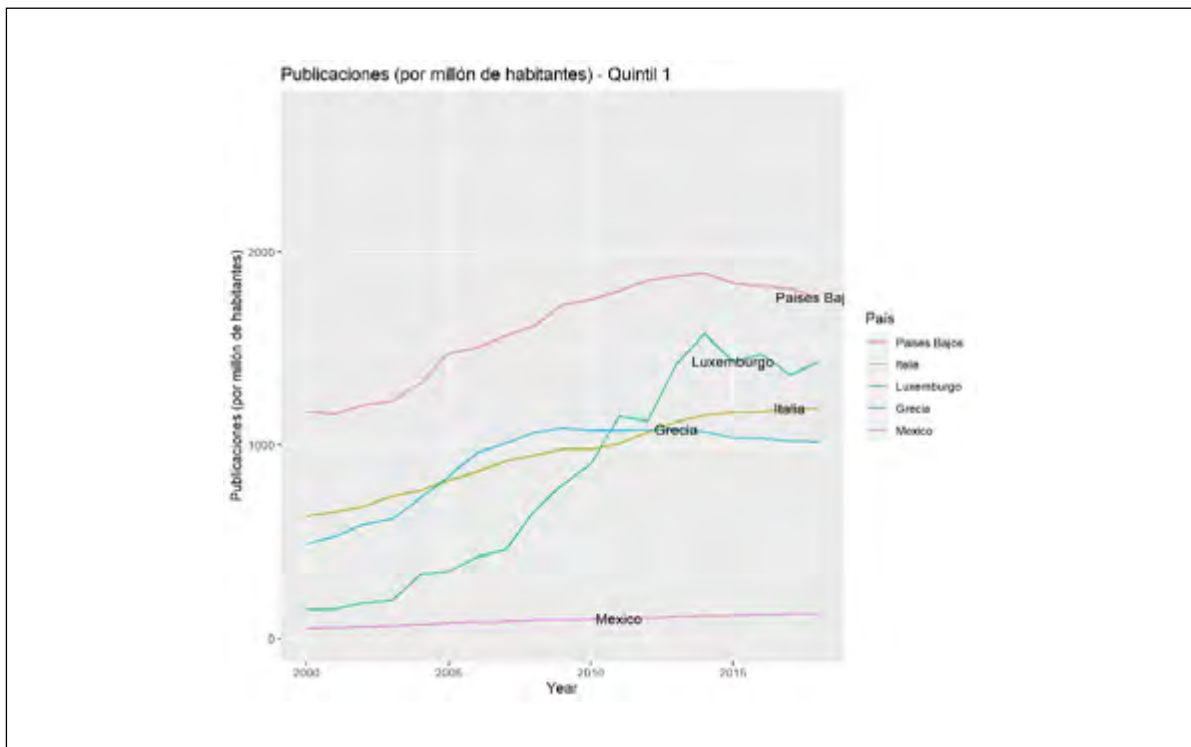


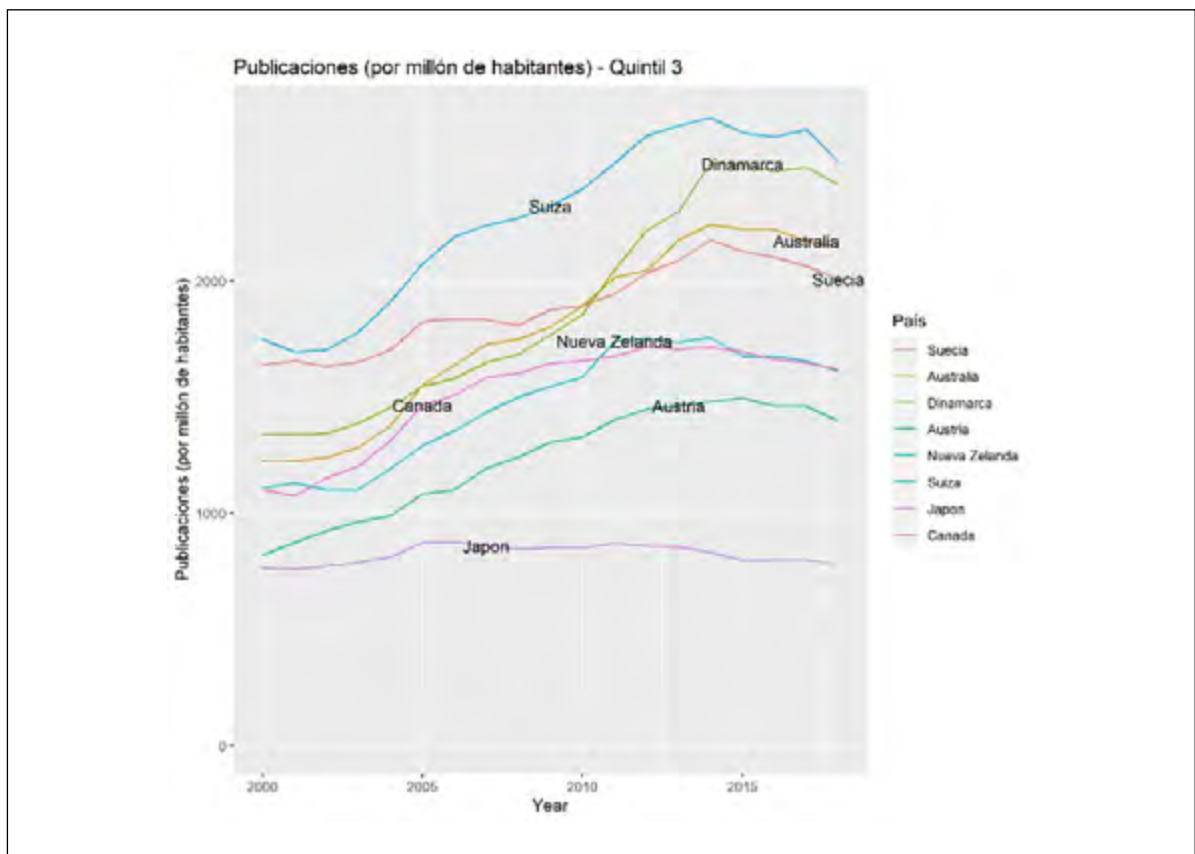
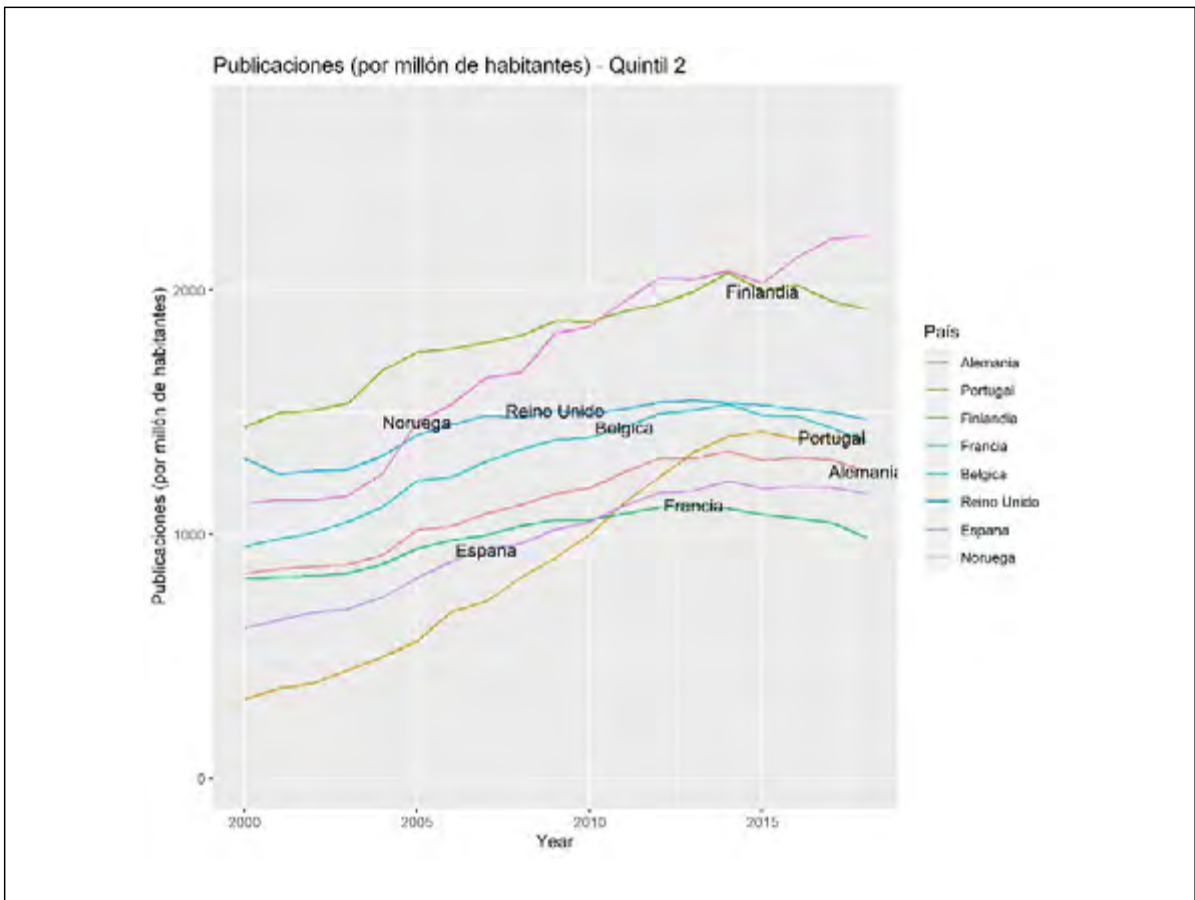


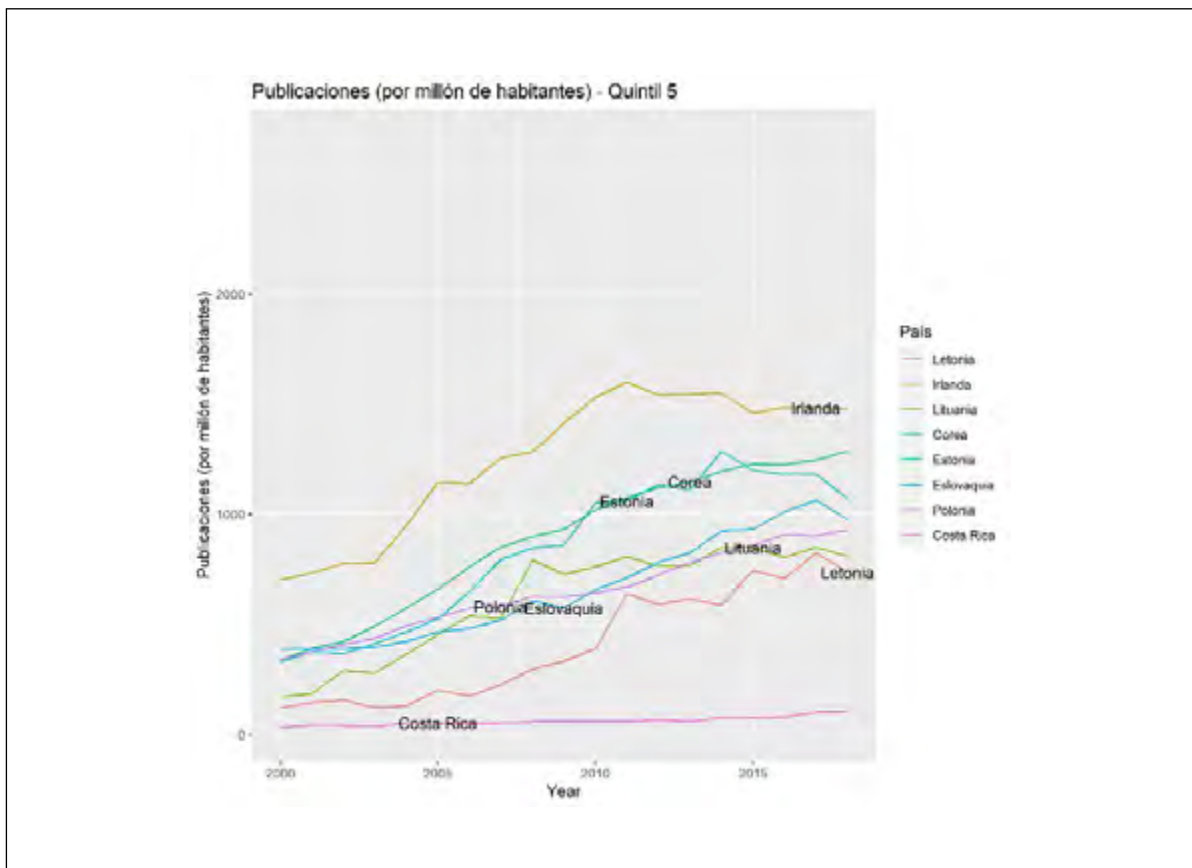
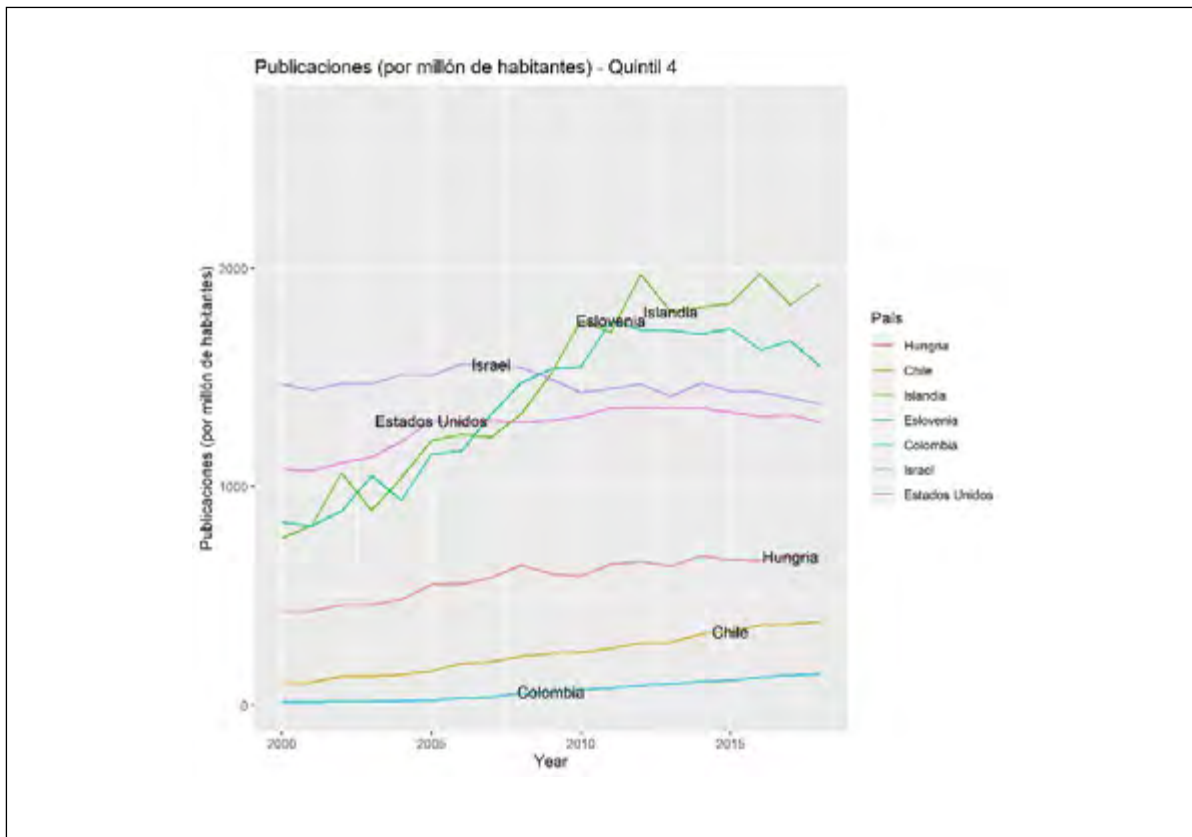


Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4. Trayectorias de publicaciones – 2000 a 2019



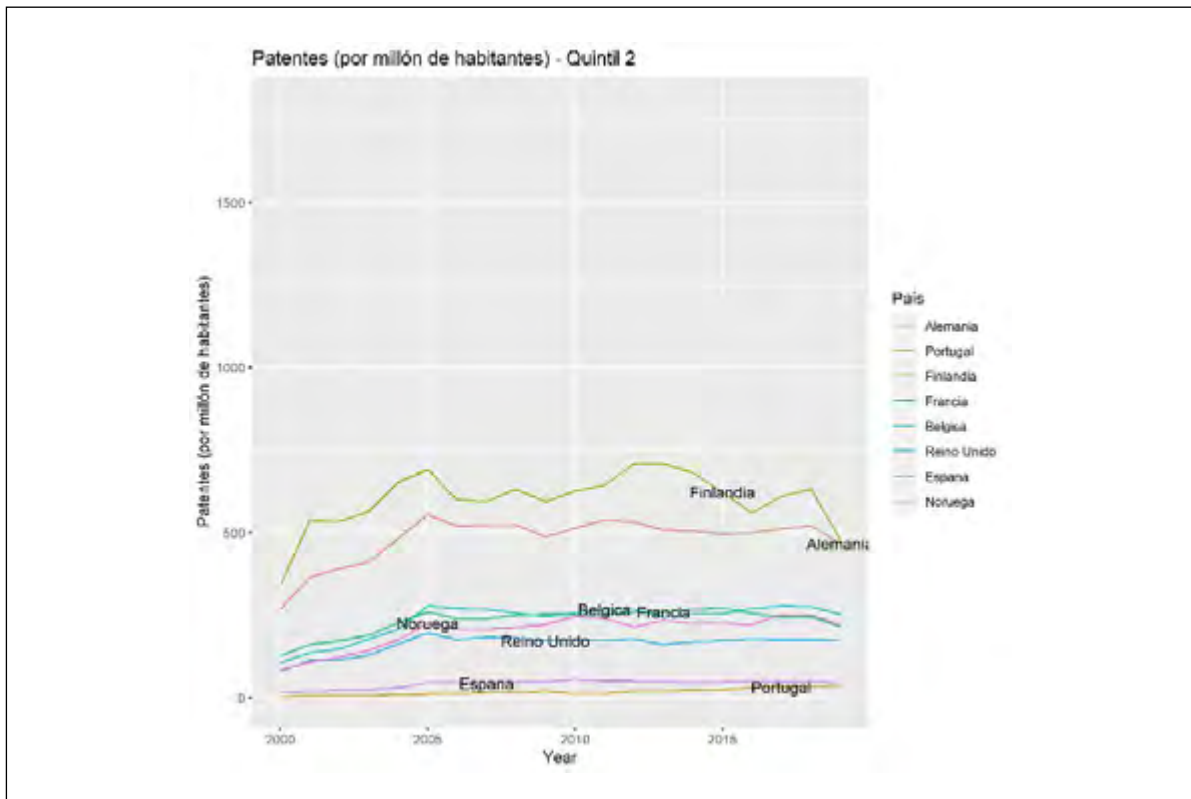
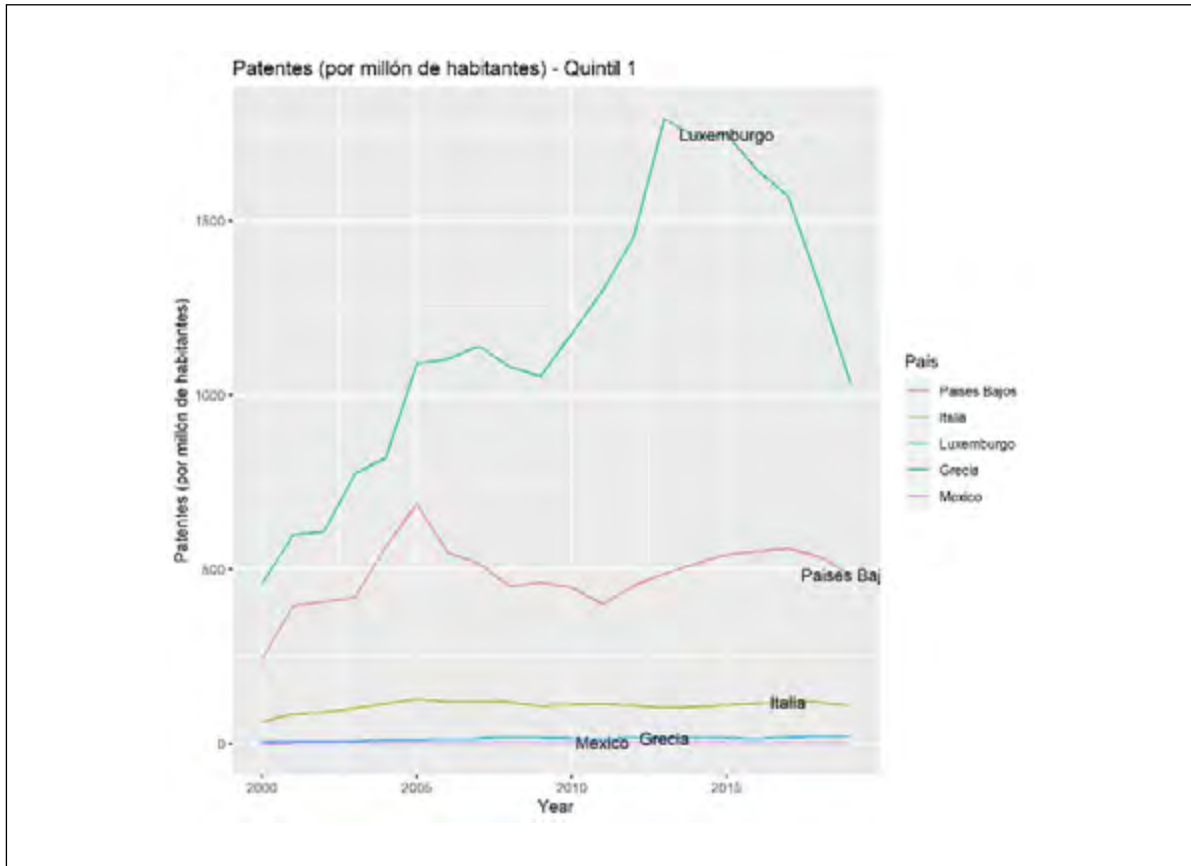


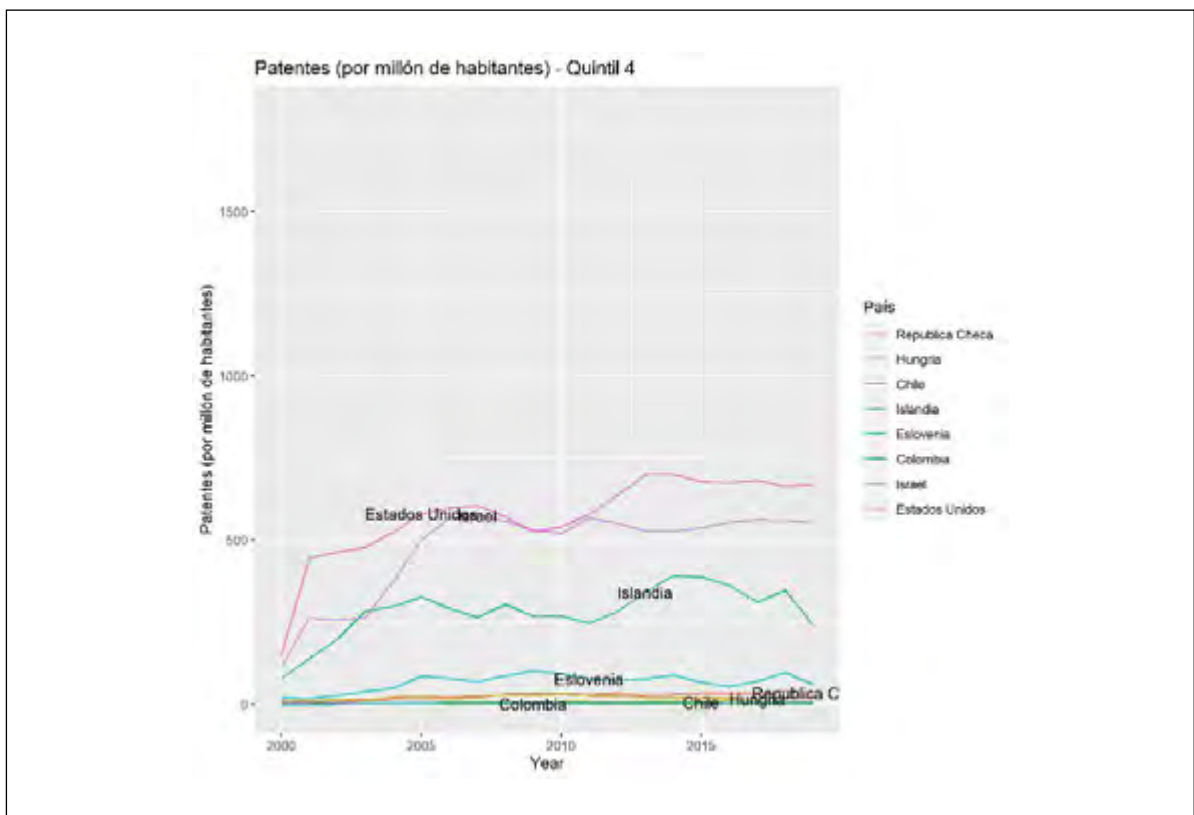
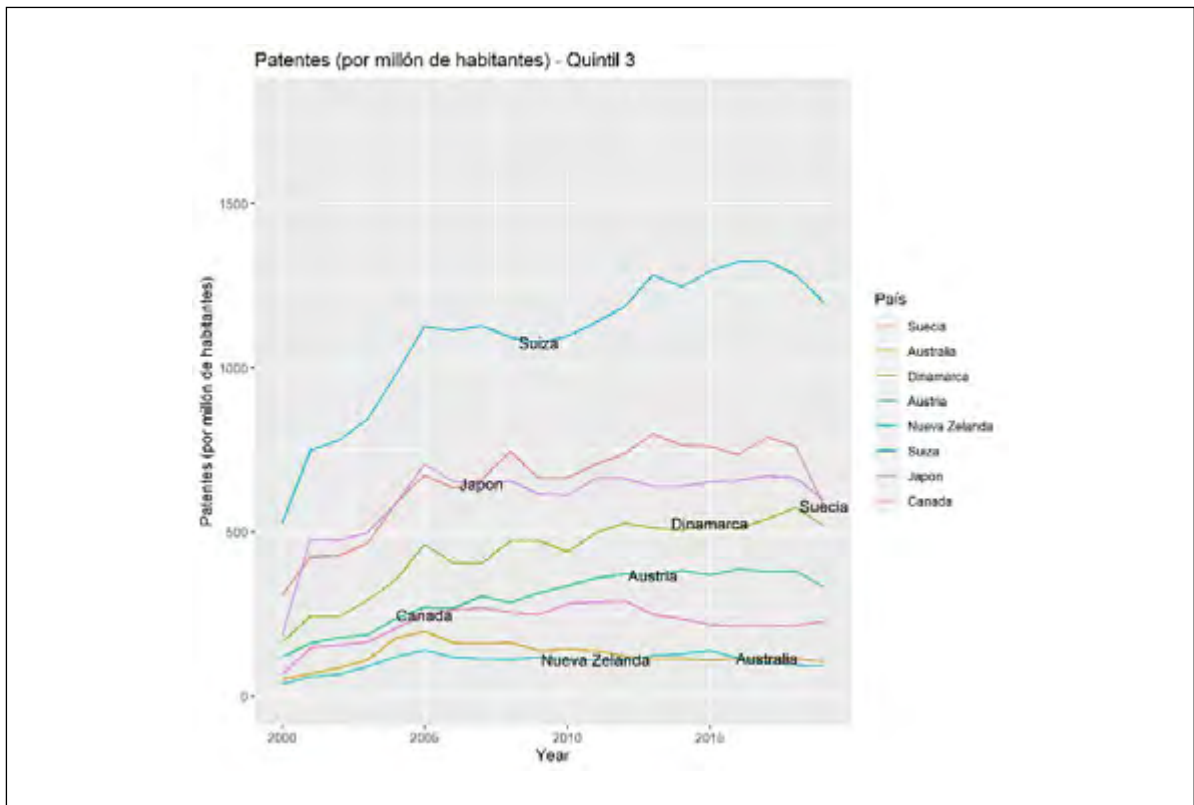


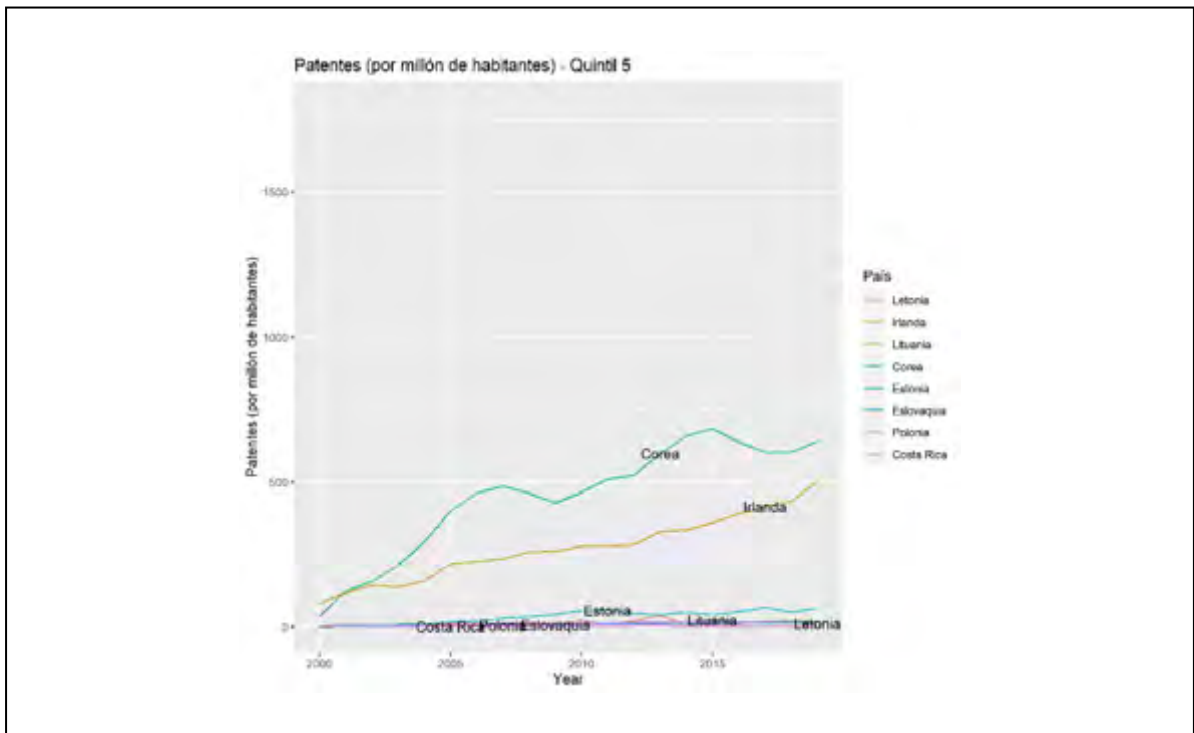
Fuente: Elaboración propia.



GRÁFICO 5. Trayectorias de patentes – 2000 a 2019





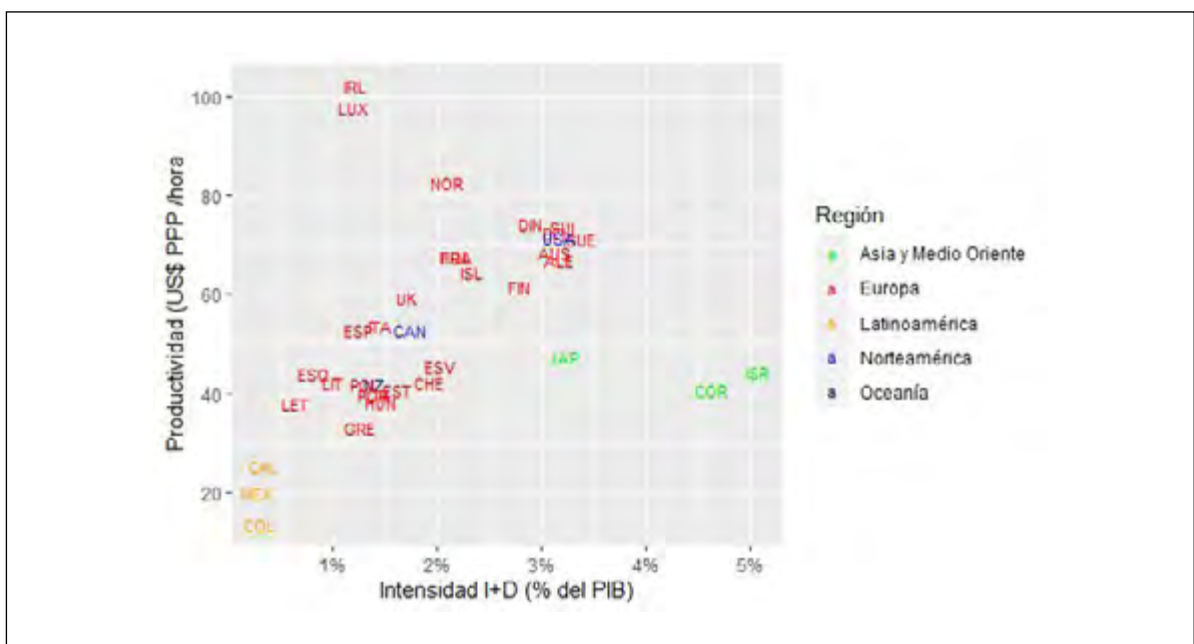


Fuente: Elaboración propia.

Una vez visualizadas las principales trayectorias en las diversas variables que conforman los sistemas CTCI, es interesante analizar las relaciones entre estas variables y aquellas que reflejan el desempeño económico general de las economías como lo es la productividad.

Para realizar lo anterior se hizo un análisis de corte transversal considerando el año 2019, y el total de las 37 economías consideradas.

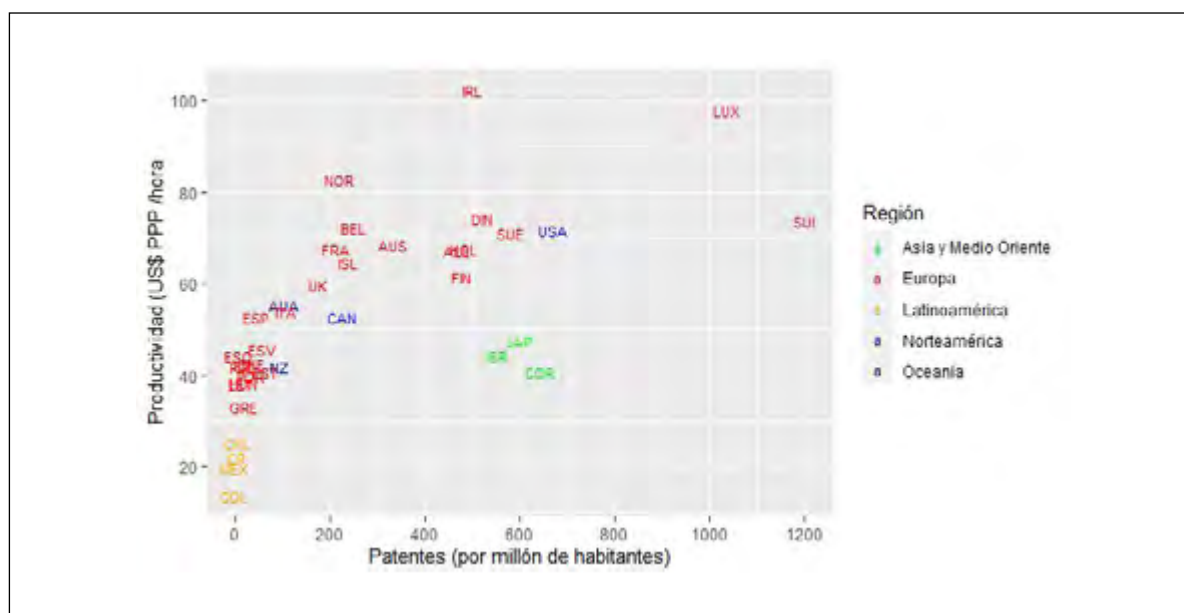
GRÁFICO 6. Relación entre intensidad I+D y productividad en 2019



Fuente: Elaboración propia.

Respecto al esfuerzo en I+D realizada se observa en el gráfico 6 una clara correlación positiva entre intensidad I+D y productividad. También se observan *outliers*: países que están fuera de la tendencia general. Por un lado, están Irlanda y Luxemburgo con intensidad I+D relativamente baja, pero productividad alta, y la relación inversa en Corea e Israel, con intensidad I+D muy alta y productividad modesta<sup>4</sup>. Los primeros han experimentado importantes acumulaciones de capital; mientras que los segundos son países que reflejan fenómenos más complejos y que no garantizan una relación lineal positiva entre el esfuerzo innovador y la productividad. Éstos están asociados, por un lado, a la actual definición de innovación la que permite incluir como tal, por ejemplo, la implementación de una nueva versión de software a las empresas (Mullan 2017); y, por otro lado, al hecho de que, en las economías más avanzadas, la productividad lleve años estancada, puesto que, en términos globales, la innovación se ha estancado<sup>5</sup>, si bien este hecho no es percibido por el aún boyante crecimiento de la innovación en el sector de las TIC, etc.<sup>6</sup> (Gutiérrez y Baumert. 2018).

GRÁFICO 7. Relación entre solicitudes de patentes y productividad en 2019



Fuente: Elaboración propia.

También se observa una correlación positiva entre patentes EPO y productividad (gráfico 7), pero con cierta tendencia a estabilizarse en la medida que aumenta el caso de sistemas de I+D con altas solicitudes de patentes.

Respecto a la correlación entre la variable publicaciones y la productividad, de acuerdo al gráfico 8, presenta una relación fuerte y positiva, toda vez que esta variable no solo considera el resultado del esfuerzo en I+D, sino que también refleja el stock de capital humano de una economía, la que por cierto tiene una correlación positiva con la productividad y el crecimiento económico (Mankiw et al., 1992).

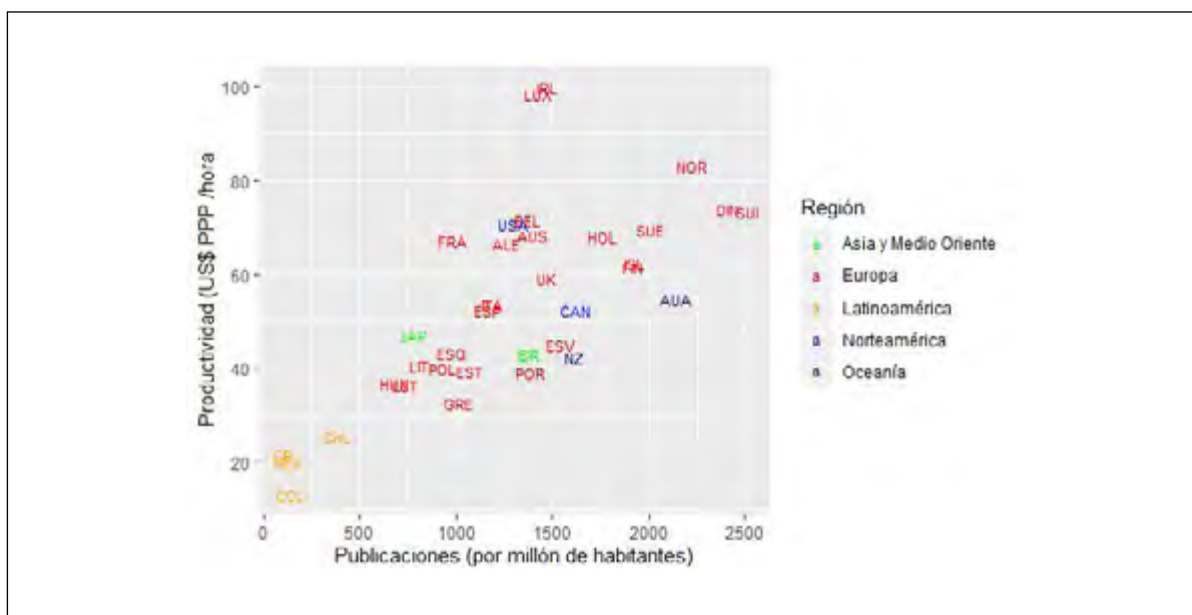
4. Aunque en el caso de Corea, la tendencia muestra que la productividad ha aumentado de manera sostenida en el período. El gráfico 6 es una foto puntual respecto a un año de la serie.

5. Frente a los casi inexistentes avances en otros sectores cruciales como el de la energía, transporte y demás ver Mullan, (2017, 61-79).

6. Para el caso de la inteligencia artificial y la "paradoja de la productividad moderna" ver Brynjolfsson et al. (2017).

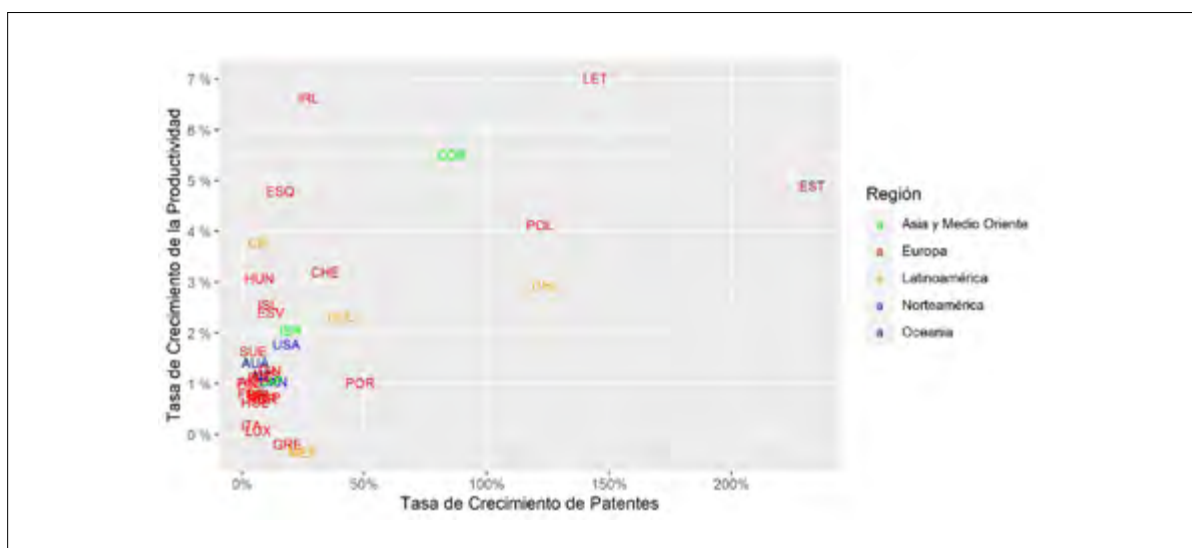
Para analizar el impacto de la innovación sobre la productividad en los sistemas de I+D de la OCDE, se relacionan las tasas de crecimiento de una variable de resultados, patentes (Gráfico 9), y otra variable de esfuerzo, intensidad de la I+D (Gráfico 10); ambas con la tasa de crecimiento de la productividad durante el período. Los resultados muestran que no existe una tendencia clara y positiva entre estas variables, destacando países con importantes aumentos en productividad, pero sin grandes aumentos en el crecimiento de solicitudes de patentes o en su intensidad en I+D como lo es el caso de Irlanda; un caso contrario es Portugal, con aumentos importantes en el crecimiento de las variables de innovación, pero con cambios modestos en productividad.

**GRÁFICO 8. Relación entre publicaciones y productividad en 2019**



Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 9. Relación entre tasas de crecimiento de patentes y productividad**



Fuente: Elaboración propia.





En el gráfico de dispersión (11) se observa una relación positiva entre la intensidad I+D y la productividad. Lo notorio es la clara diferenciación por regiones: Asia con alta inversión en I+D pero baja productividad, Europa y Norteamérica con mayor productividad y también más intensidad, Oceanía con intensidad I+D menor a Asia pero similar productividad, y Latinoamérica con un bajo desempeño en ambas variables.

Para encontrar evidencia que apoye la relación positiva entre inversión en I+D y productividad, es natural pensar en una regresión lineal entre estas dos variables, posiblemente usando variables dummy por país para controlar por los efectos fijos de éstos. Sin embargo, una relación entre dos variables que varían en el tiempo perfectamente puede ser espuria, como tan elocuentemente demostraron Granger y Newbold en su artículo seminal de 1974. Por consiguiente, para verificar cointegración entre las variables se realizó una prueba Engle-Granger para cada país (Enders, 2008). Para 35 de los 37 países, no se encontró cointegración, lo cual indica que no hay una relación significativa entre inversión en I+D y productividad. Esto podría ser consistente con el fenómeno mencionado de la investigación científica que es cada vez menos disruptiva (Park et al., 2023), y estimula el interés en profundizar el estudio de esta tendencia; o también la necesidad de modelar el impacto de la I+D sobre la productividad incorporando factores complementarios como lo son la educación, la infraestructura científica y tecnológica, la calidad del sector privado y el buen funcionamiento en general del sistema nacional de I+D (Goñi y Maloney, 2017).

## 5. Discusión y conclusiones

El presente estudio presenta un análisis descriptivo y exploratorio de las trayectorias de los sistemas nacionales de I+D para el período 2000 – 2021. Para realizar lo anterior se utilizaron variables de esfuerzo como la intensidad en I+D, y de resultado como las patentes y las publicaciones. Además, se consideró la productividad como variable para indicar el desempeño económico de los sistemas. Se dividió la muestra de 37 países OCDE en 5 quintiles de acuerdo al desempeño de la productividad durante el período de estudio. El análisis exploratorio arrojó como resultado que:

- Existen casos de sistemas de I+D que han dado un salto importante en productividad durante el período, destacando Irlanda y los países Bálticos.
- Destacan los casos de Corea e Israel que han visto aumentar su intensidad en I+D de manera sostenida durante todo el período, aunque en el segundo caso esto no se ha traducido en una productividad destacada. Lo opuesto sucede en el caso de Irlanda y Luxemburgo con intensidad I+D relativamente baja, pero productividad alta. Estos países han experimentado importantes acumulaciones de capital; mientras que los casos de Corea e Israel reflejan fenómenos más complejos donde no se garantiza una relación lineal positiva entre el esfuerzo innovador y la productividad.
- Es importante resaltar el caso de los países asiáticos, Japón y Corea, cuyos sectores privados sostienen más del 70% de la I+D de manera sostenida en el tiempo.
- Como lo sugiere la literatura, Dosi et al. (2006), los países asiáticos como Japón muestran pobre desempeño en la variable publicaciones, si bien destacan en patentes, es decir, en investigación aplicada.
- En las economías más desarrolladas se observa que al hecho de que sus productividades lleven años estancadas, se agrega que, en términos globales, la innovación también se ha estancado (Park et al., 2023).

Futuras investigaciones deben estar enfocadas en estudiar el impacto sistémico que tiene la I+D en las economías incorporando variables complementarias como la calidad de la educación o la infraestructura tecnológica, para así vislumbrar aquellas políticas públicas que hacen más eficaz el esfuerzo innovador



para traducirlo en mejoras de productividad.

### Referencias bibliográficas

- Abramowitz, M. (1956). Catching up, forging ahead and falling behind. *Journal of Economic History*, 46(2), 385-406.
- Brynjolfsson, E., Rock, D. y Syverson, C. (2017). *Artificial Intelligence and the modern productivity paradox: a clash of expectations and statistics*. <http://www.nber.org/papers/w24001>
- Coccia, M. (2009). What is the optimal rate of R&D investment to maximize productivity growth? *Technological Forecasting and Social Change*, 76(3), 433-446.
- Coccia, M. (2010). Public and private R&D investments as complementary inputs for productivity growth. *International Journal of Technology, Policy and Management*, 10(1-2), 73-91.
- Crafts, N. y O'Rourke, K. (2014). Twentieth Century Growth en Aghion, P. y Durlauf, S. (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (Volume 2, pp. 263-346). Elsevier.
- Dosi, G., Llerena, C. y Labini, M. (2006). The relationships between science, technologies and their industrial exploitation: An illustration through the myths and realities of the so-called 'European Paradox'. *Research Policy*, 35(10), 1450-1464.
- Enders, W. (2008). *Applied econometric time series*. John Wiley & Sons.
- Fagerberg, J. (1988). International competitiveness. *Economic Journal*, 98(391), 355-374.
- Fagerberg, J. y Srholec, M. (2017). Capabilities, economic development, sustainability. *Cambridge Journal of Economics*, 41, 905-926.
- Freeman, C. (1987). *Technology and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers.
- Freeman, C. (1994). *Innovation and growth*. Chapters.
- Goñi, E. y Maloney, W.F. (2017). Why don't poor countries do R&D? Varying rates of factor returns across the development process. *European Economic Review*, 94, 126-147.
- Granger, C. W. y Newbold, P. (2001). Spurious regression in econometrics. *Econometric Society Monographs*, 33, 109-118.
- Griliches, Z. (1986). Productivity, R&D and basic research at firm level, is there still a relationship. *American Economic Review*, 76(1), 82-99.
- Gutierrez, C. (2018). *Eficiencia de los sistemas regionales de innovación en Europa y análisis econométrico de sus determinantes*. [Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid, España.]
- Gutierrez, C. y Baumert, T. (2018). Smith, Schumpeter y el estudio de los Sistemas de Innovación. *Revista Economía y Política*, 5(1), 93-111.
- Mankiw, N., Romer, D. y Weil, D. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437.
- Mullan, P. (2017). *Creative destruction*. Policy Press.
- Navarro, M., Gibaja, J. J., Bilbao-Osorio, B. y Aguado, R. (2009). Patterns of innovation in EU-25 regions: A typology and policy recommendations. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 27(5), 815-840.
- Navarro, J. C., Benavente, J. M. y Crespi, G. A. (2016). *The new imperative of innovation: Policy perspectives for Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank.
- Nelson, R.R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: A comparative analysis*. Oxford University Press.
- OECD (2021a). *What future for science, technology and innovation after COVID-19?* OECD science, technology and industry policy papers, N° 107. OECD Publications.

- OECD (2021b). *R&D intensity as a policy target. Lessons from 11 international case studies*. Working party on innovation and technology policy Report. OECD Publications.
- Park, M., Leahey, E. y Funk, R. J. (2023). Papers and patents are becoming less disruptive over time. *Nature*, 613(7942), 138-144.
- Parrilla, J., Trujillo, J. L. y Berube, A. (2015). Skills and innovation strategies to strengthen us manufacturing lessons from Germany. *The Brookings Institution*, 25.
- Porter, M. (1990). *The comparative advantage of nations*. Free Press and McMillan.
- Rehman, N. U., Hysa, E. y Mao, X. (2020). Does public R&D complement or crowd-out private R&D in pre and post economic crisis of 2008? *Journal of Applied Economics*, 23(1), 349-371.
- Schot, J. y Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554-1567.
- SCHUMPETER, J. A. (1939). *Business cycles: a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process*. McGraw-Hill.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.