



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Una aproximación a la innovación como  
determinante en el crecimiento económico

An approach to innovation as a determinant of  
economic growth

Autor

Javier Lahuerta Sánchez

Director/es

Eva María Pardos Martínez

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA  
2017

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivos la demostración de la importancia que tiene el proceso innovador para el crecimiento económico a través de la comprobación empírica de las teorías económicas aportadas por los economistas a lo largo de los dos últimos siglos, así como la medición de dicho proceso.

Esta medición nos permitirá comparar a través de indicadores simples y compuestos entre diferentes grupos de países, para poder observar cómo evolucionan en materia de innovación. Sin embargo, la cuantificación del proceso innovador es una tarea compleja, ya que abarca un gran número de campos. Dado este inconveniente, los indicadores simples serán limitados para la correcta medición de este fenómeno, aunque sin embargo se sigan utilizando por su facilidad para cuantificarlos.

Al demostrar la necesidad de la innovación para conseguir un aumento del crecimiento y desarrollo económico de manera sostenida, podemos verificar la importancia de la aplicación de políticas de apoyo a la innovación a corto y medio plazo para impulsar el progreso tecnológico y, así, la productividad de la economía.

**Palabras clave:** crecimiento económico, innovación, tecnología, desarrollo

## ABSTRACT

This work has as objectives to show of the importance of the innovating process for economic growth through the empiric testing of the economic theories contributed by the economists in the last two centuries, as well as the measurement of this process.

This measurement will allow us to compare through simple and compound indicators between different groups of countries, in order to observe how they evolve in regarding innovation. However, the quantification of the innovation process is a complex task, as it compromises a large amount of fields. Given this downside, simple indicators offer limited results when measuring these phenomena, although they are still being used given their ease of quantification.

By showing the need for innovation in order to achieve a sustained growth and economic development, we can verify the importance of carrying out innovation support policies, both in the short and mid terms, to promote technological progress and, with it, an increase of the economic productivity.

**Keywords:** economic growth, innovation, technology, development

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción .....	1
2. ¿Qué es la innovación?.....	2
3. Relación entre innovación y crecimiento económico .....	3
3.1. Modelo neoclásico de Solow con progreso técnico .....	4
3.2. Modelos de crecimiento endógeno .....	6
4. Situación de la innovación en perspectiva internacional .....	8
4.1. Índices simples.....	9
4.2. Índices compuestos .....	21
5. Análisis empírico.....	30
6. Conclusiones .....	37
7. Bibliografía .....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Gasto medio en I+D (en millones de \$ PPP corrientes)(2006-2015)	10
Gráfico 4.2: Esfuerzo total en I+D (Gasto en I+D como % del PIB)(2006-2015)	11
Gráfico 4.3: N° de investigadores por cada mil ocupados (2006-2015) .....	13
Gráfico 4.4: N° de investigadores por cada mil ocupados (1995-2015) .....	14
Gráfico 4.5: Porcentaje de financiación de I+D según su fuente (2015) .....	15
Gráfico 4.6: N° medio de solicitudes de patentes vía PCT (2006-2015) .....	16
Gráfico 4.7: Número medio de familias de patentes triádicas (2006-2015) .....	17
Gráfico 4.8: Número de documentos (2015) .....	18
Gráfico 4.9: Número de citas por documento (2015) .....	19
Gráfico 4.10. Índice Sintético de Innovación 2016 (rendimiento relativo en comparación con la UE en el 2010).....	22
Gráfico 4.11: Índice Global de Innovación (Insead y WIPO) .....	25
Gráfico 4.12: Subíndice Insumos para la Innovación .....	27
Gráfico 4.13: Subíndice Resultados de la Innovación .....	29
Gráfico 5.1: Relación entre el PIB per cápita y esfuerzo en I+D en la UE (2014)	31
Gráfico 5.2 Relación entre el PIB per cápita y el gasto medio en I+D (2014).....	34
Gráfico 5.3: Relación entre el PIB per cápita y el número medio de solicitudes de patentes vía PCT (2014) .....	35
Gráfico 5.4: Relación entre el PIB per cápita y Índice Sintético de Innovación (Comisión Europea) (2014) .....	36
Gráfico 5.5: Relación entre el PIB per cápita y Índice Global de Innovación (Insead y WIPO) (2014).....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Índice Global de Innovación .....	24
---	----

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la innovación cada vez ha ido cobrando más fuerza como determinante del crecimiento económico. Economistas clásicos como Adam Smith ya se interesaban en el análisis del crecimiento de las sociedades a través del papel que ejercía el conocimiento y el avance tecnológico.

En la actualidad, nadie duda del fuerte impacto que realiza la innovación en las sociedades para avanzar no sólo en sentido económico, sino para mejorar también la calidad de vida de los individuos y solucionar los problemas sociales a los que nos enfrentamos.

El objetivo que se plantea en este trabajo es demostrar la importancia que tiene el proceso innovador para el crecimiento económico a través de las diversas teorías aportadas por economistas a lo largo del siglo XX y principios del siglo XXI y comparar la situación de varios grupos relevantes de países a través de indicadores que intentan medir el grado de innovación.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: en el segundo apartado repasamos las diversas definiciones de innovación, observando que el concepto es mucho más amplio y completo de lo que se puede llegar a intuir inicialmente. El apartado tercero hace una revisión de las principales teorías económicas que consideran la innovación como determinante del crecimiento económico. Para ello explicaremos dos tipos de modelos: el modelo neoclásico de Solow con progreso técnico y los modelos de crecimiento endógeno. En el apartado cuarto, definiremos la necesidad de medir el proceso innovador y los problemas con los que nos vamos a encontrar. A través de dos tipos de indicadores (simples y compuestos) realizaremos una comparativa internacional entre tres grupos de países y España. En el apartado cinco, revisaremos estudios empíricos que relacionan innovación y crecimiento económico y mostraremos a través de diferentes relaciones entre indicadores obtenidos en el apartado cuatro, si se puede corroborar tal relación. Y por último, en el sexto apartado se resumen las conclusiones de la investigación.

## 2. ¿QUÉ ES LA INNOVACIÓN?

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define la innovación como “un proceso iterativo activado por la percepción de una oportunidad proporcionada por un nuevo mercado y/o nuevo servicio y/o avance tecnológico que se puede materializar a través de actividades de definición, diseño, producción, marketing y éxito comercial del invento”.

Por otra parte, en el Manual de Oslo<sup>1</sup> (OCDE, Eurostat), “una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones externas”.

Podemos observar que, tanto en estas dos definiciones como en otras que pueden encontrarse, la coincidencia está en la idea de cambio, de introducir algo nuevo, y en que la innovación es tal cuando se incorpora con éxito en el mercado. El punto que marca la diferencia está con respecto a qué es lo que se modifica.

Joseph Schumpeter (1935) fue uno de los primeros autores en definir el término de innovación y tuvo en cuenta diferentes tipos de cambio para poderlas interpretar como innovación: inclusión en el mercado de un nuevo tipo de bien, incorporación de un nuevo método de producción (innovación de proceso), el empleo de una nueva fuente de materias primas o la apertura de un nuevo mercado en un país.

Howard Stevenson, profesor de la Universidad de Harvard, introdujo en los años 80 unas nuevas ideas en relación con el emprendimiento y la innovación. Según él, innovar no conlleva sólo crear un nuevo producto, puede innovarse al crearse una nueva organización, de este modo se está agregando un nuevo concepto que Schumpeter no había mencionado, y que es la innovación de la organización.

De manera que el concepto de innovación es mucho más amplio y ha ido evolucionando según fueron pasando los años, haciéndose cada vez más completo y abarcando un mayor número de áreas. Las innovaciones pueden suceder tanto en la gestión pública como en

---

<sup>1</sup> “Medición de las Actividades Científicas y Tecnológicas. Directrices propuestas para recabar e interpretar datos de la innovación tecnológica”. Es un referente sustancial para el análisis y recopilación de datos sobre innovación, propuesto y elaborado por la OCDE junto con Eurostat.

la organización de una empresa o en la elaboración de un producto, entre otros, de modo que el conocimiento se transforma en un nuevo producto, proceso o servicio que incorpora nuevas ventajas al sector empresarial y a la sociedad.

En la actualidad, y siguiendo las sugerencias del Manual de Oslo, las innovaciones se pueden agrupar en cuatro áreas:

- 1) Innovación en productos y/o servicios: es decir, introducción de nuevos productos y/o servicios o bien mejora de los existentes.
- 2) Innovación en organizaciones: innovación en las prácticas y métodos en la organización.
- 3) Innovación en procedimientos y procesos: introducción de un nuevo proceso productivo o comercial o bien una mejora de los existentes. Corresponde a cambios en las técnicas, los materiales y/o programas informáticos.
- 4) Innovación en comercialización: mediante aportaciones o mejoras en lo relativo a promociones, envasado de un producto, posicionamiento y diseño, es decir, en la forma en que se presentan los productos en el mercado.

### **3. RELACIÓN ENTRE INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO ECONÓMICO**

En el marco de la literatura económica, la innovación en estas últimas cinco décadas ha cobrado cada vez más importancia, evolucionando de ser exógena a endógena; de asumir que los rendimientos son decrecientes a escala, a crecientes o constantes; le ha restado importancia al capital físico para atribuírselo al capital humano y le han dado más trascendencia a las políticas económicas para conseguir a largo plazo una creación de conocimiento de calidad, de investigación y de desarrollo para alcanzar una senda de crecimiento económico sostenible.

Schumpeter (1942) destacó también la trascendencia que tiene la innovación para el crecimiento y desarrollo económico a través de la noción de la destrucción creativa. Para el economista austriaco, las innovaciones de los emprendedores son la fuerza que hay

detrás de un crecimiento económico sostenido a largo plazo, pese a que puedan destruir en el camino el valor de compañías bien establecidas.

La innovación es primordial para que las naciones aumenten su riqueza y, además, permite al hombre cambiar su calidad de vida. Puede dar lugar no sólo a una mayor cantidad de bienes, sino también a nuevos bienes y servicios. Así, la innovación es relevante, no sólo para acelerar el crecimiento económico, sino también para mejorar la calidad de vida de los individuos. Por eso resulta importante para la conservación de los recursos en el largo plazo y para la mejora del medio ambiente (Freeman, 1974).

El cambio climático, la salud, el acceso al agua potable o la seguridad alimentaria son algunos de los diversos problemas a los que se enfrenta la sociedad en la actualidad, por lo que la innovación es decisiva para solventar estos problemas de una forma más conveniente y a un precio más asequible, consiguiendo así seguir creciendo económicamente de una manera sostenible y solucionando los problemas sociales a los que nos enfrentamos.<sup>2</sup> (OCDE, 2015)

### **3.1. MODELO NEOCLÁSICO DE SOLOW CON PROGRESO TECNOLÓGICO**

El estudio de la relación entre innovación y crecimiento recibió un fuerte estímulo con la aportación del primer modelo neoclásico de crecimiento de Robert Solow y Trevor Swan (1956 y 1957), dando lugar a la afirmación de que la acumulación de capital productivo a través de la inversión no asegura un aumento estable del nivel de vida, debido a los rendimientos decrecientes del capital. Es por ello que se identifica un factor tecnológico “exógeno” para poder mantener un crecimiento per cápita a largo plazo.

Este modelo supone que existe pleno empleo, los rendimientos de escala son constantes (si se duplican los inputs, se doblará el output obtenido), los rendimientos marginales son

---

<sup>2</sup> Por ejemplo, el trabajo de la OCDE sobre sistemas de innovación en alimentos y agricultura explora las relaciones entre innovación, productividad y sostenibilidad y examina las funciones respectivas para el gobierno y el sector privado en el fortalecimiento de los sistemas de innovación agrícola y la facilitación de la asimilación a nivel de empresa agrícola y agroalimentaria.

decrecientes para cada factor, se cumplen las condiciones de Inada<sup>3</sup> y hay competencia perfecta en el mercado de productos y factores.

El modelo de Solow se caracteriza por ser un modelo de oferta en el que se analiza la relación que hay entre la tasa de ahorro de una economía y su nivel de ingresos en el largo plazo.

La población activa crece a una tasa constante  $n$ , todos los factores de producción se utilizan de manera plena, la tasa de depreciación del capital  $\delta$  es constante y hay una tasa de ahorro  $s$  exógena sobre la renta.

La producción de una economía se obtiene con la combinación de tres inputs: capital ( $K$ ), trabajo ( $L$ ) y tecnología o eficacia en el trabajo ( $A$ ) que expresa las mejoras en la productividad debido al proceso innovador. La expresión general que combina los tres inputs nombrados:

$$Y = F(K, L, A)$$

Podemos expresarla como una función Cobb-Douglas de la siguiente manera:

$$Y = K^\alpha (AL)^{(1-\alpha)} \quad (0 < \alpha < 1)$$

Siendo  $\alpha$  la participación del capital en la producción,  $(1 - \alpha)$  la participación del trabajo, y  $A$  el nivel de la tecnología.

La existencia de rendimientos marginales decrecientes en  $K$  y  $L$  delimita que participaciones crecientes de inversión no influyan en un incremento sostenido de la productividad y del crecimiento de la renta, sino que estos son finalmente influidos de manera “exógena” por el cambio tecnológico (se le denomina “residuo de Solow”).

Uno de los problemas a destacar de este modelo es que no explica cómo se producen las innovaciones, cómo se incluyen en el proceso productivo ni cuál es el origen de éstas, simplemente acepta que el progreso técnico es puramente exógeno, lo que limita el

---

<sup>3</sup> Las condiciones de Inada nos dicen que:

1) La productividad marginal del capital (o del trabajo) tiende a infinito cuando la cantidad de capital (o de trabajo) tiende a 0.  
2) El producto marginal del capital tiende a 0 cuando la cantidad de capital (o el trabajo) tiende a infinito.

modelo debido a que las innovaciones son un elemento importante en la argumentación del mismo.

### **3.2. MODELOS DE CRECIMIENTO ENDÓGENO**

A finales de los 80, y después de las fuertes crisis que afectaron a la economía mundial, aparecieron los nuevos modelos de crecimiento endógeno, donde no se concibe el progreso como una variable exógena como ocurría con el modelo neoclásico de Solow, superando de esta manera la limitación comentada anteriormente.

Se produjeron diferentes aportaciones para explicar el crecimiento a partir de factores endógenos, destacando los trabajos de Romer (1986), Lucas (1990) y Rebelo (1991).

Por expresarlo de una forma resumida, estas teorías proponen encontrar un factor que<sup>4</sup>:

- 1) Sea generado por el propio proceso de crecimiento
- 2) Sea capaz de impulsar la dinámica económica
- 3) No esté sometido a rendimientos marginales decrecientes

Gran parte de las contribuciones establecieron el conocimiento como el factor endógeno buscado, debido a que cumple las tres condiciones nombradas anteriormente.

Becker (1983) dice que para poder explicar ciertos fenómenos macroeconómicos como, por ejemplo, el crecimiento del PIB, además del capital y el trabajo hace falta otro factor que abarque el conocimiento, la educación y la investigación.

Podemos distinguir dos grupos dentro de los modelos de crecimiento endógenos:

- 1) Modelos que consideran que el progreso técnico aumenta la cantidad de inputs, produciendo más bienes finales y especializados, dando lugar a un aumento de la productividad y el consiguiente aumento de la renta per cápita. Reciben el nombre de “innovación horizontal”. Debido a las características de estos modelos, el factor más importante es el gasto en I+D para poder aumentar la variedad de productos finales.

---

<sup>4</sup> José Antonio Alonso et al. (2013)

Tanto Romer (1990) como Barro y Sala-i-Martin (1996 y 2003) son los precursores que más han contribuido en este tipo de modelos. Coincidien en que la innovación tecnológica es concebida en el sector de I+D a través del capital humano y la acumulación del stock de conocimientos.

2) Modelos que consideran que el progreso técnico aumenta la productividad de los bienes intermedios a través de una mejora de la calidad de éstos, dando lugar a un aumento de la productividad y con ello, de la renta per cápita. Reciben el nombre de “escalera de calidad” e “innovación horizontal”. Al entender la innovación como una mejora de la calidad de un bien intermedio, produce que los inputs nuevos (de mejor calidad) desplacen a los inputs que ya existen.

Como se ha comentado anteriormente, Schumpeter (1942) denomina a este proceso “destrucción creativa” y explica por qué las empresas menos innovadoras desaparecen del mercado al ser sustituidas por otras empresas que innovan en la producción de nuevos productos a través de una mejora de la calidad de éstos.

Aghion y Howitt (1998) destacan por desarrollar un modelo endógeno en el que demuestran que los productos más innovadores desplazan a los que ya están en el mercado, ocasionando que los productos viejos se queden obsoletos tras la aparición de las innovaciones.

Para poder llevar a cabo los estudios empíricos de las teorías propuestas, es necesaria la cuantificación de la innovación a través de una serie de indicadores que analizaremos en el siguiente apartado. La elección de éstos, es una tarea compleja debido a la dificultad de medir la innovación como tal, pero como resultado, nos permitirá además de poder analizar empíricamente cómo afecta la innovación al crecimiento económico y desarrollo, ayudar a diseñar de manera precisa las políticas de apoyo a la innovación.

## 4. SITUACIÓN DE LA INNOVACIÓN EN PERSPECTIVA INTERNACIONAL

Uno de los problemas que tiene el proceso innovador es su dificultad para su medición, debido a la complejidad para evaluar algo cualitativo en términos cuantitativos.

La innovación se ve afectada por una amplia gama de factores en múltiples niveles de análisis (por ejemplo, los determinados a nivel de empresa, industria, región y país). A nivel de empresa, por ejemplo, los determinantes incluyen no solo la I + D, sino también otros activos intangibles complementarios, como el software, el capital humano y las nuevas estructuras organizativas.

La medición es fundamental para poder elegir de manera correcta las políticas de apoyo a la innovación, ya que facilita a los responsables del diseño de las políticas (OCDE, 2010):

- 1) Comprender los factores determinantes y los obstáculos a la innovación para diseñar políticas con mayores posibilidades de éxito.
- 2) Evaluar la efectividad de los diferentes enfoques de políticas y, en consecuencia, adaptar las políticas actuales o diseñar otras nuevas.
- 3) Evaluar la contribución de la innovación para alcanzar objetivos sociales y económicos.
- 4) Permitir la evaluación comparativa del rendimiento de la innovación y las condiciones para la innovación con las de otros países.

Por ello, se utilizan una serie de indicadores para intentar cuantificar de la manera más cercana posible el proceso de innovación. Podemos clasificarlos en dos tipos: indicadores simples e indicadores compuestos (conjunto de indicadores simples que se combinan entre sí, para dar como resultado un índice compilado).

Otro punto importante a destacar es la diferenciación entre indicadores de entrada (identifican los recursos invertidos en innovación) y los indicadores de salida (proporcionan información sobre productos que son el resultado de actividades innovadoras).

A continuación, se va a realizar un análisis comparativo de tres grupos de países y España mediante el uso de indicadores simples y compuestos que nos han parecido más idóneos para la medición de la innovación.

#### **4.1 ÍNDICES SIMPLES**

Como hemos comentado en las líneas anteriores, se procederá a realizar una comparativa internacional a través de una serie de indicadores simples y para ello vamos a analizar tres grupos de países: la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) constituido por 34 países que proporcionan el 70% del mercado global y aglutinan el 80% del Producto Nacional Bruto mundial en 2007(*«OCDE Rapport annuel 2007»*); la media de las economías que conforman la Unión Europea (28 países) y una media de los países que forman el grupo de “líderes de innovación”<sup>5</sup>, compuesto por Suiza, Suecia, Dinamarca, Finlandia, Holanda, Reino Unido y Alemania siendo referentes en cuanto a innovación.

Y finalmente, estos tres grupos de países los vamos a comparar con España para poder observar la situación en términos de innovación que vivimos actualmente en nuestro país. La elección de estos grupos de países nos permitirá la medición de las debilidades de España en un marco europeo y además poder relacionarlo con políticas de apoyo a la innovación (Horizonte 2020).

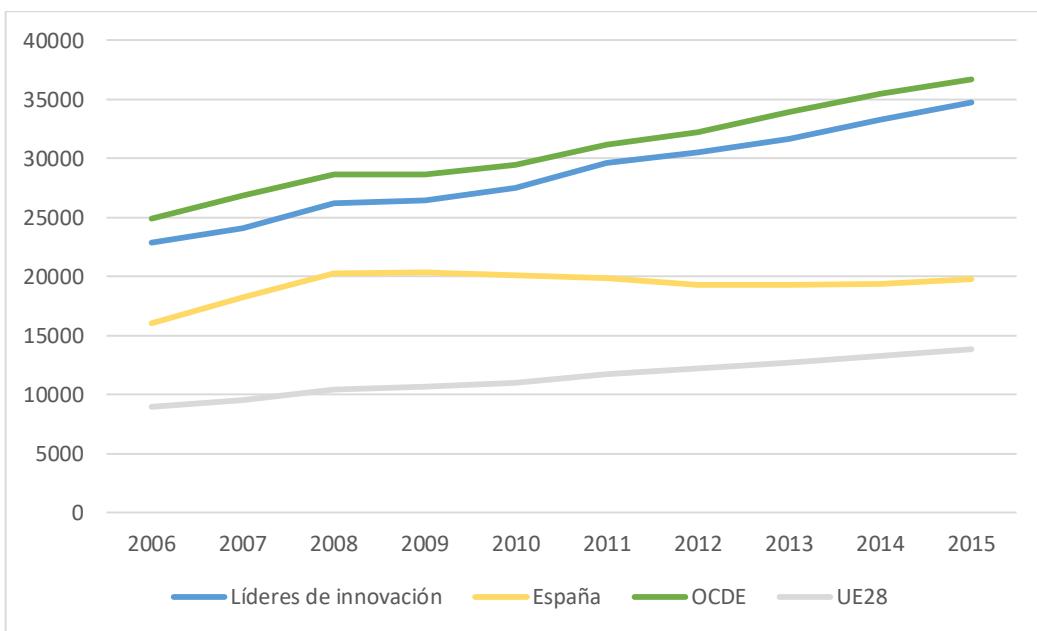
Los indicadores de entrada más habituales para la medición de la innovación son: gasto en I+D, esfuerzo total en I+D, número de investigadores por cada mil ocupados y el porcentaje de financiación de I+D según su fuente, los cuales vamos a analizar detenidamente en las siguientes páginas.

Uno de los indicadores simples más utilizados tradicionalmente es el Gasto en I+D, que mide el gasto interno bruto en I+D en millones de dólares con PPP (paridad del poder adquisitivo).

---

<sup>5</sup> Los países que forman el grupo de “Líderes de Innovación” han sido extraídos del análisis que se hará posteriormente sobre un indicador compuesto (Índice Sintético de Innovación de la UE). Este conjunto de países se encuentran también en los grupos de países de la OCDE y de la UE28 (a excepción de Suiza).

Gráfico 4.1: Gasto medio en I+D (en millones de \$ PPP corrientes) (2006-2015)



Fuente: Main Science and Technology Indicators (OCDE 2017) y elaboración propia

Como observamos en el Gráfico 4.1, hay una convergencia entre el gasto medio en I+D<sup>6</sup> en los países pertenecientes a la OCDE y los líderes de innovación. Ambos mantienen una trayectoria positiva desde el 2006, alcanzando un gasto en I+D de 36.705,32 y 34.711,32 millones de dólares respectivamente.

Fijándonos en España, observamos que sufre una divergencia con los dos primeros conjuntos de países, logrando tener un valor máximo de 20.253,70 millones de dólares en 2008, que luego disminuye hasta 19.269,16 millones de dólares en gasto en I+D en el 2012. Esta reducción de gasto puede ser explicada por la fuerte crisis económica acontecida en nuestro país. Hay que añadir que en los últimos años hay un leve incremento del gasto, debido a la finalización de ésta.

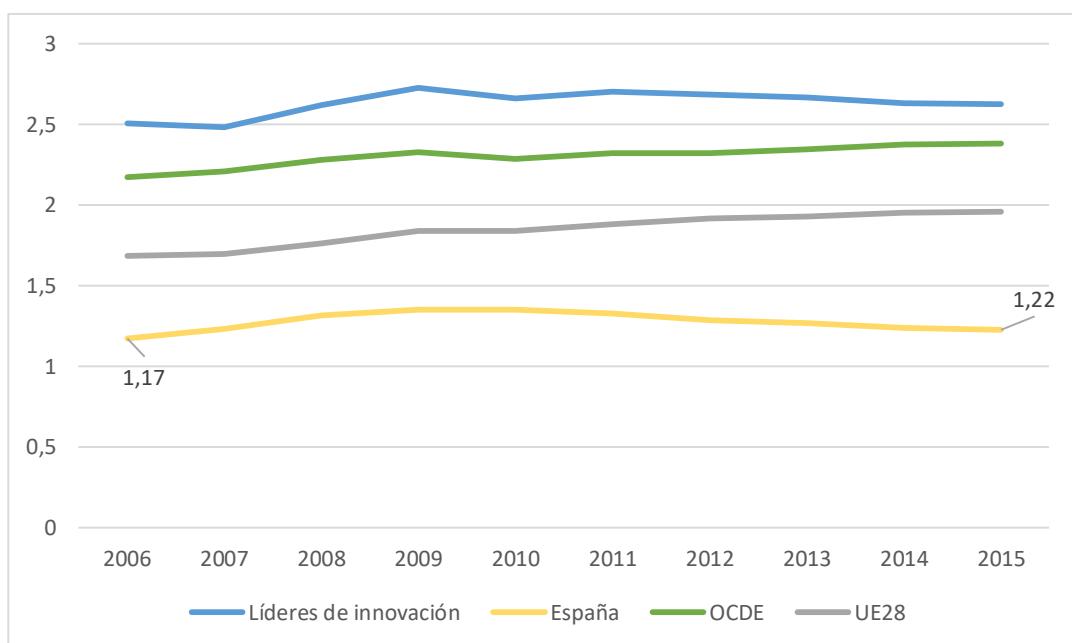
Un problema de este indicador es que mide el gasto total invertido en I+D, pero el resultado que ofrece puede resultar engañoso porque si el PIB aumenta en mayor medida que el gasto, en comparación este gasto será inferior. Para ello se utiliza otro tipo de

<sup>6</sup> Conjunto de actividades creativas emprendidas de forma sistemática, a fin de aumentar el caudal de conocimientos científicos y técnicos, así como la utilización de los resultados de estos trabajos para conseguir nuevos dispositivos, productos, materiales o procesos (Eustat).

indicador, que mide el esfuerzo en I+D (Gasto en I+D como porcentaje del PIB), que se recoge en el gráfico 4.2.

Precisamente este indicador se utiliza para medir el esfuerzo que realizan los países en materia de gasto en I+D, proporcionando una información útil para llevar a cabo el cumplimiento de objetivos propuestos por las políticas de apoyo a la innovación (como por ejemplo, “Horizonte 2020”).

Gráfico 4.2: Esfuerzo total en I+D (Gasto en I+D como % del PIB). 2006-2015



Fuente: Main Science and Technology Indicators (OCDE 2017) y elaboración propia

Los países líderes en innovación, han pasado de un gasto en I+D sobre el PIB del 2,72% en 2009 a 2,62% en 2015, disminuyendo 10 puntos porcentuales, sin embargo, su esfuerzo es muy superior al de España y al de la media de la OCDE y de la UE.

Por otro lado, los grupos de países formados por la OCDE y UE28 mantienen una trayectoria positiva, aumentando su esfuerzo en I+D año a año, obteniendo en 2015 unos valores de 2,38% y 1,96% respectivamente.

España muestra una trayectoria parecida a la observada en el gráfico 4.1, llegando al máximo esfuerzo total en I+D en 2010, dedicándole un 1,35% del PIB. Sin embargo, a partir de este año, el esfuerzo va disminuyendo hasta llegar a 1,22% del PIB. A diferencia del gráfico 4.1 en el que en los dos últimos años se observaba una tendencia positiva, si

nos fijamos en el esfuerzo total esta tendencia es negativa, lo que es bastante preocupante. Algo positivo que podemos encontrar es que en el transcurso de estos 10 años (2006-2015) el esfuerzo total es ligeramente superior en el último período comparado con el primero. Un dato interesante que hay que mencionar es que España tiene unos valores superiores a los de la Unión Europea si comparamos el gasto en I+D en valores brutos (Gráfico 4.1), sin embargo, en relación con el esfuerzo realizado en I+D (Gráfico 4.2), España obtiene unos valores inferiores que la UE.

Uno de los objetivos del programa “Horizonte 2020”<sup>7</sup> es el aumento de la inversión global en I+D en todos los países pertenecientes a la Unión Europea hasta un 3% en relación con el PIB en 2020. Aunque el objetivo formal era del 3% en el inicio del programa, en la actualidad el objetivo es de alcanzar el 2% de esfuerzo en I+D, que es la media del esfuerzo de la Unión Europea.

Los países líderes en innovación, en su conjunto, tienen un esfuerzo mayor que la media de la UE, sin embargo, no alcanzan el ambicioso objetivo inicial propuesto por el programa Horizonte 2020 (si analizamos los países pertenecientes al grupo, Finlandia y Suecia sí superan el 3%). España, como hemos analizado anteriormente, ha mejorado su esfuerzo en el transcurso de los últimos 10 años, sin embargo, la lenta evolución dista bastante de alcanzar el objetivo propuesto, por lo que es un dato alarmante por la falta de convergencia con los otros tres grupos de países.

Si se observa el número de investigadores por cada mil ocupados (Gráfico 4.3), puede verse que España se encuentra por debajo de la media de los países pertenecientes a la OCDE y la UE28, mostrando estos dos grupos de países unos datos muy parecidos (8,29 y 8,03 de investigadores por cada mil ocupados respectivamente) y también se muestra una clara diferencia con los países líderes de innovación llegando a distar en 5,14 investigadores.

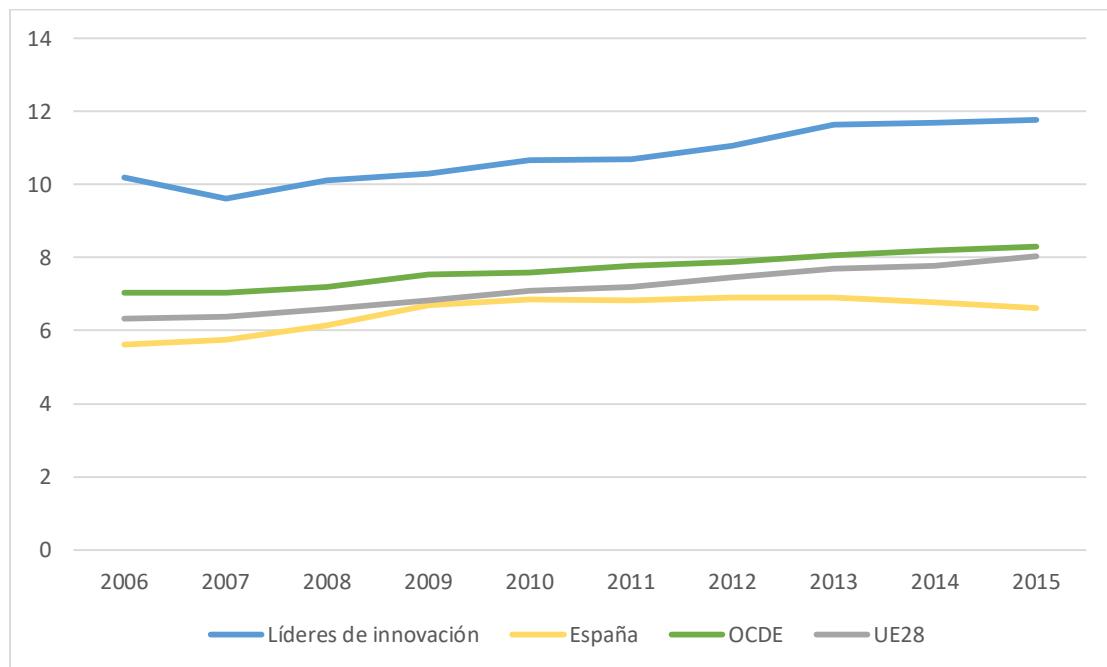
Los tres grupos de países nombrados anteriormente siguen una trayectoria positiva, sin embargo, hay que destacar que España no sigue la misma senda: el máximo número de investigadores lo alcanza en 2012 (6,91), (lo que indicaría que la destrucción de empleo afectó a los investigadores en menor medida que al promedio de la población hasta ese

---

<sup>7</sup> “Horizonte 2020” es un Programa de Financiación de Investigación e Innovación de la UE, el más ambicioso hasta la fecha.

momento) como resultado de un proceso de convergencia hasta obtener unos resultados similares a la media de países que conforman la Unión Europea, sin embargo, en 2015 alcanza los 6,63 investigadores por mil ocupados, un dato superior al del 2006 pero alejado de los otros países.

Gráfico 4.3: N° de investigadores por cada mil trabajadores (2006-2015)

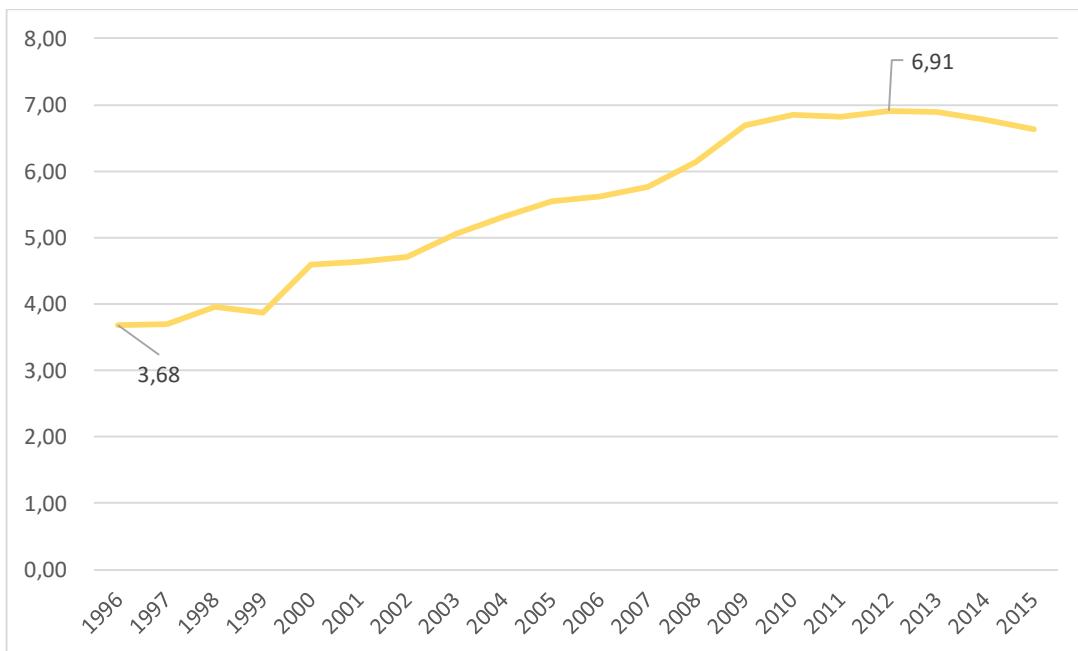


Fuente: Main Science and Technology Indicators (OCDE 2017) y elaboración propia

Aunque los datos de España no son muy alentadores comparados con los otros grupos de países, está bien analizar una trayectoria mucho más amplia para poder observar que su evolución ha sido positiva hasta entrada la crisis (2010), y a partir de este momento, ha ido disminuyendo el número de investigadores.

En 1996, había 3,68 investigadores por mil ocupados, dato que fue aumentando de manera constante hasta el 2012 donde alcanza su máximo (6,91). Al utilizar una serie de datos más prolongada, observamos que la evolución del número de investigadores no es tan negativa como hemos apreciado en el Gráfico 4.3, sino que debido a la crisis se ha producido una destrucción de estos puestos de trabajo.

Gráfico 4.4: N° de investigadores por cada mil ocupados (1996-2015)



Fuente: Main Science and Technology Indicators (OCDE 2017) y elaboración propia

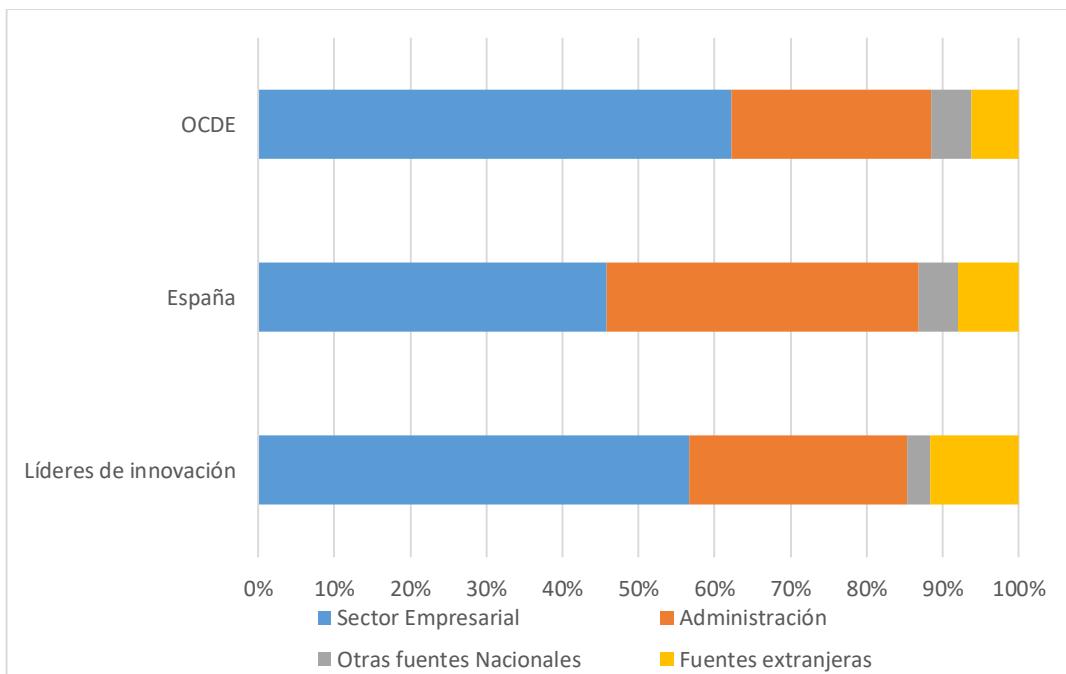
Cabe destacar que si utilizamos el indicador basado en el personal en I+D (comprende el personal investigador, técnico y auxiliar) por cada mil ocupados, observamos que España tiene unos valores parecidos a la media de la Unión Europea. En el 2010 había 11,30 trabajadores dedicados a la I+D, dato que superaba a la UE28 (11,25). Podemos concluir que España tiene menos investigadores que la media pero más técnicos y auxiliares.

En cuanto a la financiación de la I+D, la OCDE y los líderes en innovación siguen una distribución de financiación muy parecida. El mayor porcentaje de financiación proviene del sector empresarial. No obstante, la financiación de I+D en España tiene un peso más elevado por parte de la Administración Pública, hasta un 41% del total, 15 puntos porcentuales más que la media de los países pertenecientes la OCDE y 17 puntos porcentuales más que el conjunto de países que forman los líderes en innovación, frente al 45% del sector empresarial.

La disminución del gasto y el esfuerzo en I+D a partir del 2010 podría ser explicado al observar el gran peso que tiene la financiación por parte de las Administraciones Públicas, traduciéndose en una reducción de las partidas debido a la recesión ocurrida y a los ajustes

necesarios para cumplir con los objetivos impuestos por la Comisión Europea (reducción de déficit y deuda pública).

Gráfico 4.5: Porcentaje de financiación de I+D según su fuente (2015)



Fuente: Main Science and Technology Indicators (OCDE 2017) y elaboración propia

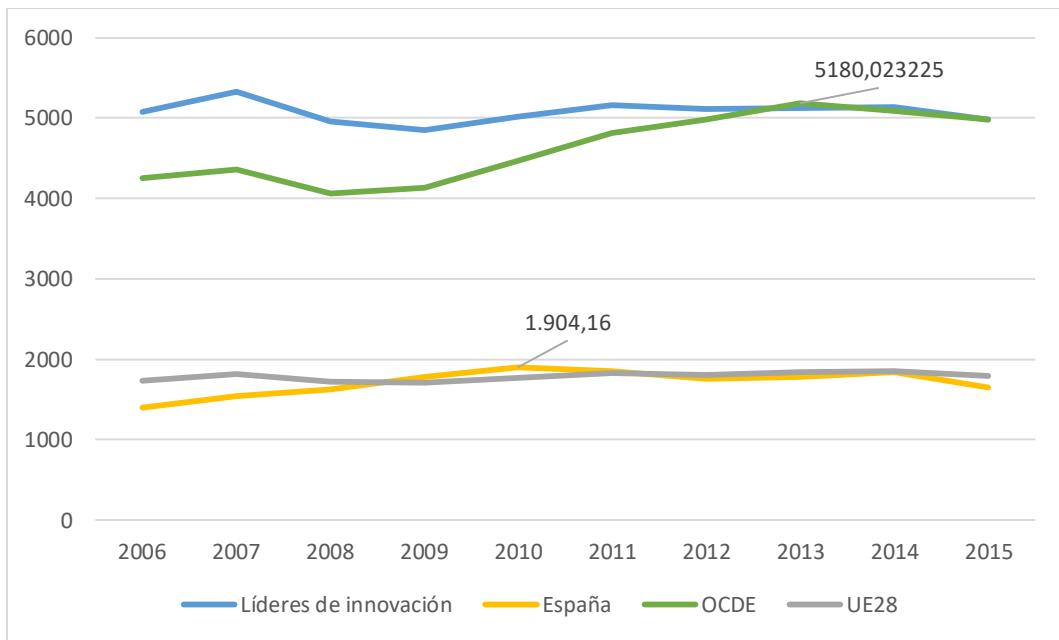
Si ahora nos centramos en los indicadores de salida, uno en el cual nos podemos apoyar para cuantificar los resultados de la innovación es el número de solicitudes de patentes vía PCT.<sup>8</sup>

Observamos una convergencia de la OCDE con los países que forman los líderes de innovación, consiguiendo superar sus números en 2013 (5.180 y 5.121,85 respectivamente). Las disparidades que hay entre la UE28 y los otros dos grupos mencionados en las anteriores líneas se deben al número de solicitudes de patentes que generan Estados Unidos (superan el número total de solicitudes de patentes de la Unión Europea), Japón y Alemania.

<sup>8</sup> Sistema internacional de patentes: Al presentar una solicitud internacional de patente según el PCT, los solicitantes tienen la posibilidad de proteger su invención a nivel mundial en un gran número de países (WIPO).

En este caso, España se encuentra en unos valores similares a la media de la UE28. Su valor máximo lo consigue en 2010 con 1904,16 solicitudes de patentes. En los siguientes años se mantiene en unos valores parecidos hasta llegar al 2016 donde se produce una reducción hasta llegar a 1652,85 solicitudes de patentes, valores aproximados a los que obtenía en 2008.

Gráfico 4.6: N° medio de solicitudes de patentes vía PCT (2006-2015)



Fuente: Main Science and Technology Indicators (OCDE 2017) y elaboración propia

Adicionalmente, la OCDE nos ofrece un indicador de salida interesante que vamos a analizar: el número de familias de patentes triádicas (Véase Gráfico 4.7).

Según la definición de la OCDE, las familias de patentes triádicas son aquellas que se presentan en la Oficina Europea de Patentes (EPO), la Oficina de Patentes de Japón (JPO) y la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos (USPTO) con el fin de proteger el mismo invento. Las patentes triádicas por lo general tienen mayor valor y eliminan los sesgos resultantes de las ventajas nacionales y de la influencia de la ubicación geográfica. Por lo tanto, la invención tiene que ser valiosa, ya que se toma la decisión de protegerla en Europa, Japón y en Estados Unidos, con la esperanza de obtener beneficios con ella y compensar los costes que se producen al proteger la innovación.

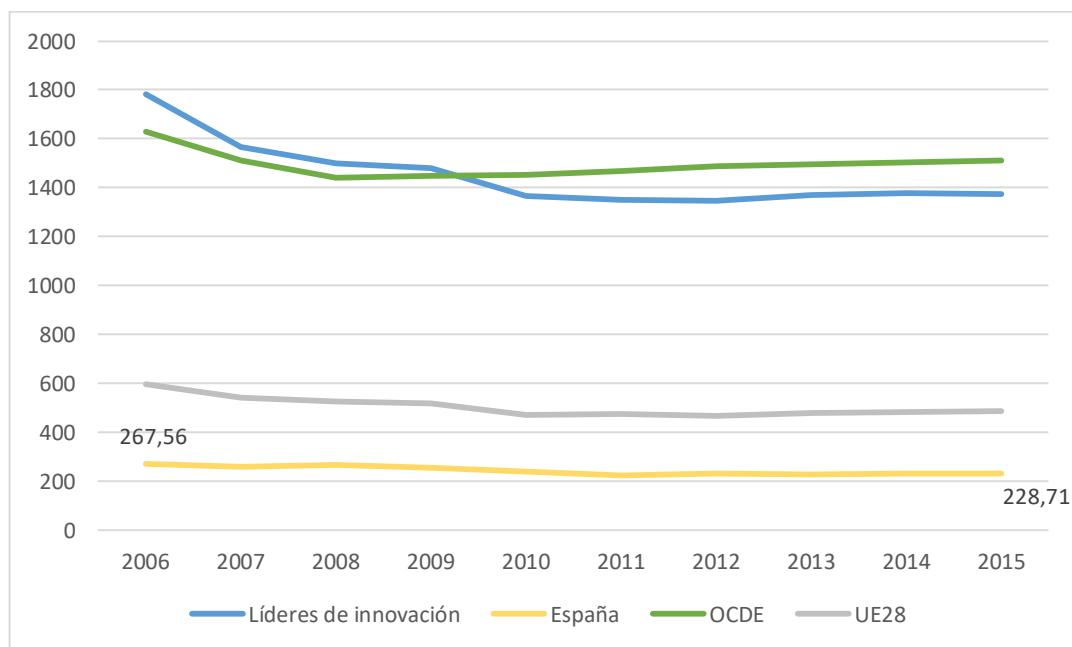
En general, todas las agrupaciones de países reducen el número de familias de patentes triádicas en el período analizado. Un dato curioso es la caída de 1782,45 a 1373,52 en los países líderes de innovación.

Si observamos los países que forman los líderes de innovación podemos ver que Alemania realizaba el 52% de solicitudes de patentes triádicas en 2006, lo que ha producido que una caída de 2077,44 de patentes haya propiciado una disminución en la media de países que forman los líderes de innovación debido a la gran cuota que tiene Alemania.

España disminuye en 38,85 las familias de patentes triádicas desde 2006 a 2015, un dato a destacar comparándolo con los demás grupos de países, que tienen, de media, una variación superior.

Las diferencias tan desmesuradas entre España y la media de los países pertenecientes a la OCDE y a los “líderes de innovación” se debe a la disparidad de solicitudes de patentes triádicas de algunos países como, por ejemplo: Estados Unidos (14.886,27), Japón (17.360,86) o Alemania (4.454,71).

Gráfico 4.7: Número medio de familias de patentes triádicas (2006-2015)



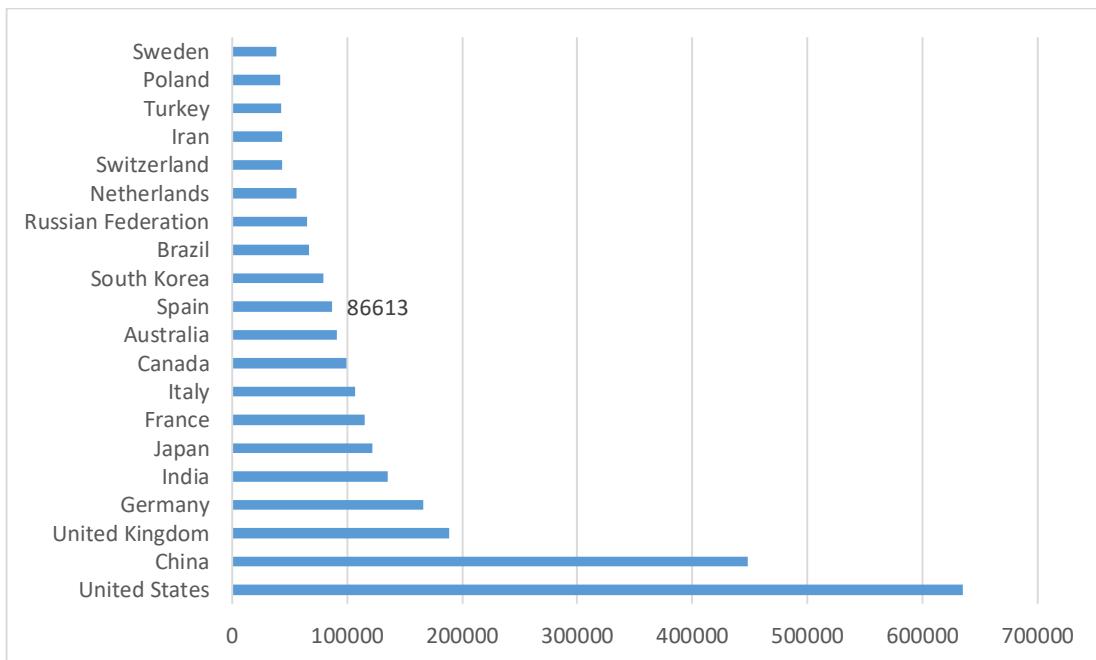
Fuente: Main Science and Technology Indicators (OCDE 2017) y elaboración propia

Otro indicador de salida, para cuantificar la producción científica, es el que recoge el número de documentos publicados (Gráfico 4.8).

Estados Unidos, China y Reino Unido representan el 50% de documentos generados de los 20 países analizados<sup>9</sup>, un dato que refleja la potente producción científica que realizan las potencias mundiales.

España se encuentra en el puesto número 11, con 86.613 documentos publicados en 2015. En 2010 generó 72.182 por lo que se nota una trayectoria ascendente, sin embargo, aunque cada vez haya generado más documentos, los demás países también lo han realizado, en mayor medida, y eso se refleja en el ranking de Scimago donde pasa del puesto número 10 (2010) al número 11 (2015).

Gráfico 4.8: Número de documentos (2015)



Fuente: Scimago y elaboración propia

Además de cuantificar la producción científica para analizar la innovación en los diferentes países es importante tener en cuenta la calidad científica. Para ello vamos a utilizar el indicador de salida SJR (Scimago Journal Rank) que mide la frecuencia con la

<sup>9</sup> Scimago recoge la información de 239 países pertenecientes a todos los continentes. Para el análisis, vamos a escoger los primeros 20 países del ranking del indicador “Número de Documentos (2015)”

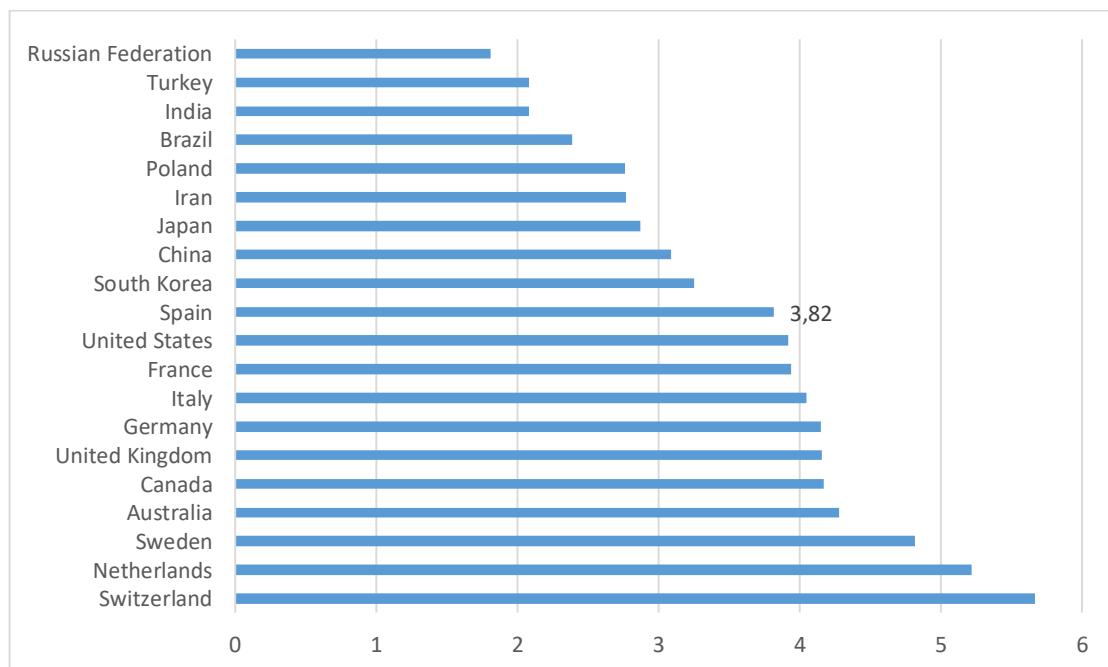
que los artículos de las revistas científicas se citan en un período de 3 años. Es elaborado a partir de la base de datos SCOPUS.

Fijándonos en el Gráfico 4.9, en el primer puesto se encuentra Suiza, seguido de Holanda y Suecia. Los tres países se ubican dentro del grupo de líderes de innovación. Es curioso observar que Estados Unidos y China que se hallaban en el primer y segundo puesto en cuanto a producción científica, ocupan el puesto número 10 y 13 respectivamente.

Observamos que España mantiene el mismo puesto que en producción científica, con una media de 3,82 citas por documento en 2015.

Fijándonos en el período de 2006-2016 (Scimago), España se sitúa en el puesto número 11, con 15,89 números de citas por documento, con datos muy cercanos a los demás países europeos.

Gráfico 4.9: Número de citas por documento (2015)



Fuente: Scimago y elaboración propia

Nota: Hemos tenido en cuenta en la extracción de datos los mismos países con el que se ha elaborado el indicador de número de documentos debido a la disparidad de datos mostrada si empleábamos todos los países de la base de datos de Scimago.

Los indicadores de resultados analizados anteriormente (Número de documentos y Número de citas por documento) nos muestran que la ciencia española se encuentra en una posición más que aceptable en el contexto internacional, sin embargo aún queda un gran margen de mejora si comparamos con algunos de los países pertenecientes a la Unión Europea y a la OCDE.

Si tenemos en cuenta el número de familias de patentes triádicas (Gráfico 4.7.), España se encuentra en una posición muy diferente. En cuanto a producción y calidad científica España está bien valorada, el problema es que no se transfiere el conocimiento al sector empresarial. Esta situación puede explicarse en parte porque la mayoría de los científicos españoles trabajan en el sector público, porque el sector privado en España realiza una financiación inferior al resto de países que se encuentran por encima en cuanto a innovación.

Uno de los problemas del uso de indicadores simples para la cuantificación de la innovación es el uso único de variables de entrada o de salida como referencia. Como definimos en el apartado uno, la innovación es “un proceso iterativo activado por la percepción de una oportunidad proporcionada por un nuevo mercado y/o nuevo servicio y/o avance tecnológico que se puede materializar a través de actividades de definición, diseño, producción, marketing y éxito comercial del invento” por lo que la medición de la innovación tiene un carácter más complejo y amplio, quedándose limitada con la utilización individual de indicadores de entrada o de salida (ya sea a través de la identificación de los recursos invertidos en innovación o de los resultados de las actividades innovadoras, debido a que no recogen toda la información necesaria para la medición de algo tan difícil como el proceso innovador). Sin embargo, los indicadores simples se siguen utilizando debido a su facilidad para la medición y por permitir la comparación entre series temporales de una manera sencilla.

Para superar el problema explicado en las anteriores líneas y facilitar de una manera más precisa la medición de la innovación se utilizan los índices compuestos, que analizaremos en el siguiente sub-apartado.

## 4.2 ÍNDICES COMPUESTOS

Los indicadores compuestos o sintéticos son la agregación en un único indicador, mediante técnicas estadísticas variadas, de indicadores simples. Esto nos permitirá seguir la evolución del componente de innovación con una visión más robusta y completa que la proporcionada por la, muchas veces, volátil y contradictoria evolución de los indicadores simples. Una de sus desventajas es el arduo proceso de elaboración y la necesidad de datos, debido a que se necesita un número elevado de indicadores simples para poder ofrecer una información más acorde con el proceso innovador.

Entre los indicadores compuestos disponibles, ofreceremos un análisis de dos de ellos: el Índice Compuesto de Innovación y el Índice Global de Innovación.

El Cuadro Europeo de Indicadores de la Innovación (EIS) anual proporciona una evaluación comparativa del rendimiento de la investigación y la innovación en los países de la UE, otros países europeos y regiones colindantes y las fortalezas y fragilidades relativas de los sistemas nacionales de investigación e innovación. De la elaboración del Índice se encarga la Comisión Europea. Lleva realizándolo desde el 2000, agregando y ajustando el número de indicadores presentes según iba avanzando la sociedad para conseguir un indicador con unos resultados más cercanos a la realidad.

Para realizar el índice compuesto de Innovación, se han basado en 27 indicadores, divididos en diez dimensiones que se agrupan en cuatro categorías:

- Las condiciones marco captan los principales impulsores del rendimiento de la innovación y abarcan tres dimensiones de la innovación: recursos humanos, sistemas de investigación atractivos y un entorno favorable a la innovación.
- Las inversiones incluyen inversiones públicas y privadas en investigación e innovación, distinguiendo entre financiación y apoyo externo, e inversiones en recursos propios.
- Las actividades de innovación captan los esfuerzos de innovación a nivel de empresa, abarcando tres dimensiones: innovadores, vínculos y activos intelectuales.
- Los efectos muestran cómo la innovación se traduce en beneficios para la economía en su conjunto: efectos en el empleo y efectos de ventas.

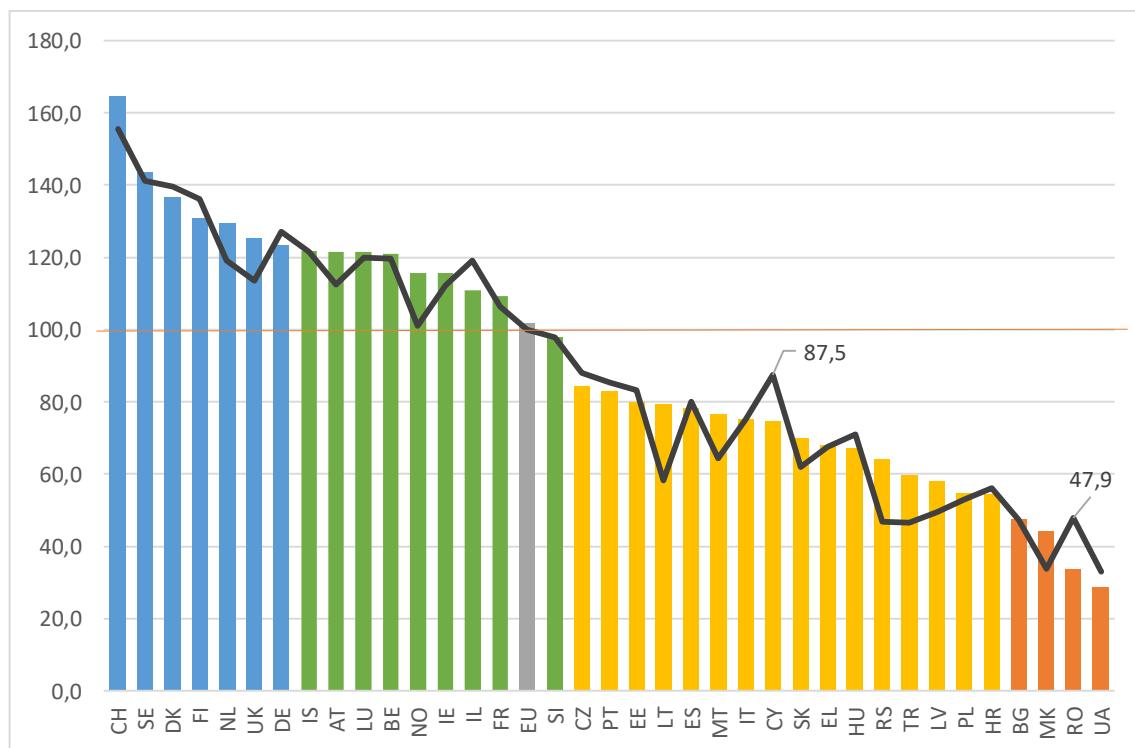
En el Gráfico 4.10 podemos observar el Índice Compuesto de Innovación del 2016. En comparación con el 2010 (se mide el rendimiento relativo en comparación con la Unión

Europea en el año indicado), la media de los países pertenecientes a la Unión Europea aumenta dos puntos porcentuales, lo que se traduce en un aumento del esfuerzo general en materia de innovación.

Si se comparan no sólo los países de la Unión Europea, sino con otros países europeos y vecinos, Suiza es el país más innovador de Europa (164,6), siguiéndole de cerca los países nórdicos.

El índice también revela que el desempeño en cuanto a innovación de la UE sigue aumentando especialmente debido a las mejoras en los recursos humanos, el entorno favorable a la innovación, las inversiones en recursos propios y los sistemas de incentivos a la investigación. Suecia sigue siendo el líder de innovación de la UE, seguido de Dinamarca, Finlandia, los Países Bajos, el Reino Unido y Alemania.

Gráfico 4.10. Índice Sintético de Innovación 2016 (rendimiento relativo en comparación con la UE en el 2010)



Fuente: European Comission y elaboración propia

Nota: Las columnas en color muestran los resultados de los Estados en 2016, utilizando los datos más recientes para veintisiete indicadores, en comparación con los de la UE en 2010 y la línea de color negro indica los resultados obtenidos por los Estados en 2010, en comparación con los de la UE en el mismo año.

Podemos dividir los países utilizados para elaborar el Índice de Innovación en cuatro grupos:

-Líderes de innovación: formado por Suiza, Suecia, Dinamarca, Finlandia, Holanda, Reino Unido y Alemania. Superan en más del 20% la media de la UE.

-Innovadores fuertes: Islandia, Austria, Luxemburgo, Bélgica, Noruega, Irlanda, Israel, Francia y Eslovenia, encontrándose por encima o cerca de la media de la UE.

-Innovadores moderados: República Checa, Portugal, Estonia, Lituania, España, Malta, Italia, Chipre, Eslovaquia, Grecia, Hungría, Serbia, Turquía, Letonia, Polonia y Croacia. Se encuentran por debajo de la media de la UE.

-Innovadores modestos: Bulgaria, Yugoslavia, Rumania y Ucrania. Su nivel es inferior al 50% de la media de la UE.

El rendimiento ha mejorado en Lituania, Malta, los Países Bajos, Austria, Noruega y el Reino Unido, y ha empeorado especialmente en Chipre y Rumanía. España se mantiene en el mismo nivel de rendimiento, en el puesto 22 (un 20% por debajo de la media de la UE).

Como aspectos positivos, España destaca en recursos humanos, en tener un entorno favorable para la innovación y en sistemas de investigación atractivos. Como debilidades, hay que tener en cuenta la financiación y apoyo e inversiones de las empresas.

Otro indicador a tener en cuenta para contemplar la perspectiva internacional referente a la innovación es el Global Innovation Index (GII) de la escuela de negocios francesa, Insead, y de The World Intellectual Property Organization (WIPO).

El índice mide la capacidad de innovación anualmente y evalúa 127 países.<sup>10</sup>

Según los creadores del GII, esta herramienta sirve para evaluar los factores de innovación a través de nuevos enfoques para mostrar de una manera más precisa la riqueza e importancia de la innovación de las sociedades analizadas. Su objetivo es crear un ambiente en el cual los factores de innovación son constantemente evaluados y

---

<sup>10</sup> Para mostrar una homogeneidad en los datos y así poder realizar comparaciones más realistas, usaremos para el análisis los mismos países utilizados en el anterior Índice compuesto.

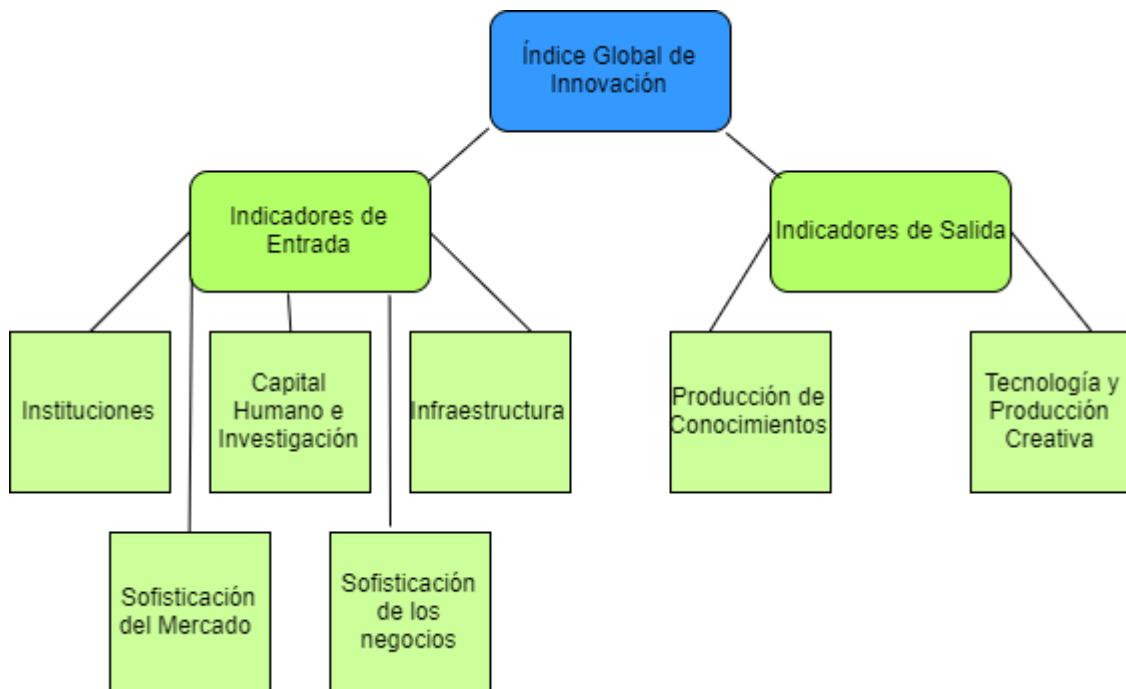
proveen de esta manera puntos de referencia basados en el uso de “big data” que ayuden a definir políticas públicas de provecho a la economía y a la sociedad.

El GII se basa en siete pilares, que a su vez se encuentran contenidos en dos sub-índices: “Insumos para la Innovación” (Indicadores de entrada) que identifica los recursos invertidos en innovación y “Resultados de la Innovación (Indicadores de salida). Cada sub-índice está compuesto por entre tres y seis indicadores individuales. La puntuación de cada sub-índice se calcula como la media ponderada de sus indicadores individuales.

En definitiva, nos encontramos con un indicador compuesto por 81 indicadores, divididos en tres categorías:

- Datos cuantitativos, formando 57 indicadores
- Indicadores compuestos, compuesto por 19 indicadores
- Datos cualitativos (encuestas), compuesto por 5 indicadores

Figura 4.1: Índice Global de Innovación



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 4.11 observamos unos resultados parecidos al indicador compuesto analizado anteriormente (Gráfico 4.10). Los países que se encuentran en los primeros

puestos del ranking son Suiza, Suecia, Noruega, Reino Unido y Dinamarca. Su variación respecto a la puntuación obtenida en 2013 es positiva en los países mencionados exceptuando Reino Unido, que sufre una variación de -0,3 puntos.

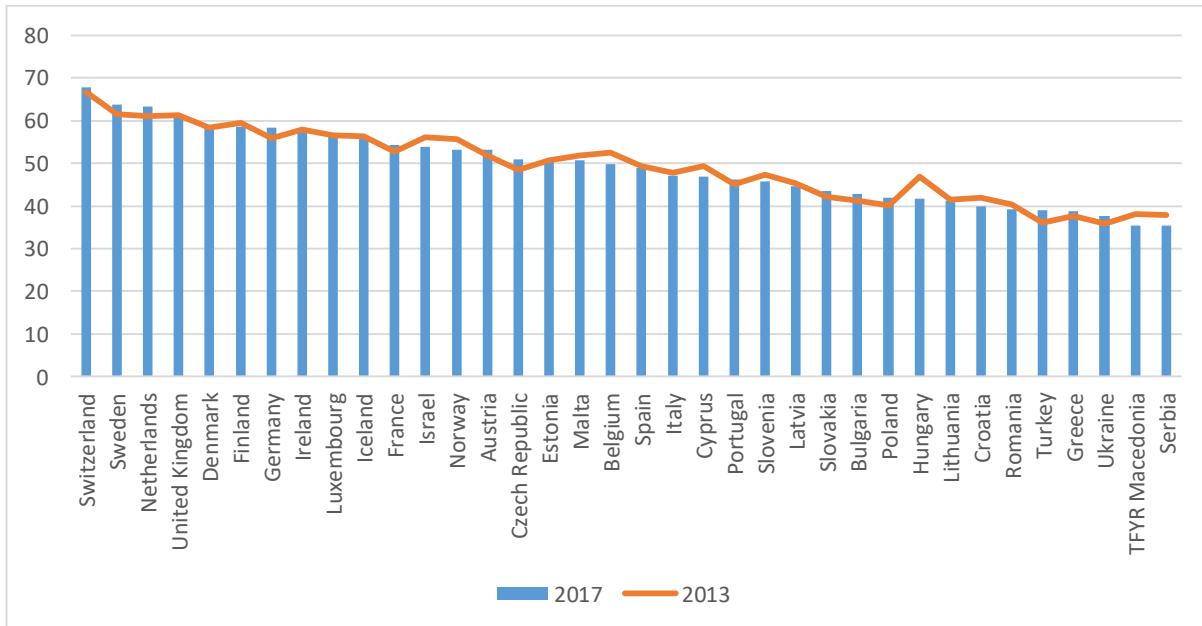
Podemos destacar a Suecia, Alemania, República Checa y Turquía por ser unos de los países donde se ha producido mayor variación positiva respecto al 2013 (2,4; 2,6; 2,6 y 2,9 respectivamente).

El rendimiento ha empeorado drásticamente en Noruega (-2,5), Bélgica (-2,6), Chipre (-2,5), Macedonia (-2,8), Serbia (-2,6) pero sobre todo en Hungría (-5,2) en relación con las puntuaciones obtenidas en 2013.

Si nos fijamos en España, ocupa la posición 19 del ranking del Índice Global de Innovación, unos puestos por encima que en el anterior índice compuesto analizado.

Analizando el indicador con los 127 países disponibles, observamos que los países que se encuentran en los primeros puestos siguen manteniendo su posición, pero con la inclusión de Estados Unidos en el puesto número cuatro, Corea del Sur en el puesto número 11 y Japón en el 14. España pasa a ocupar la posición 28.

Gráfico 4.11: Índice Global de Innovación (Insead y WIPO)



Fuente: Índice Global de Innovación y elaboración propia

El primer subíndice es el de “Insumos para la Innovación” y lo constituyen cinco pilares que describen los puntos que conducen hacia la innovación en las sociedades: Instituciones, Sofisticación del Mercado, Capital Humano e Investigación, Sofisticación de los negocios e Infraestructura.

El pilar “Instituciones” recoge el marco institucional de un país. Éste se encuentra formado por un número de sub-pilares: ambiente político, entorno regulatorio y ambiente de negocios. Cada uno de estos sub-pilares forman otro conjunto de indicadores que no se van a nombrar y analizar de manera exhaustiva debido a su larga extensión (hay que recordar que el Índice Global de Innovación está formado por 81 indicadores).

El pilar “Sofisticación del Mercado” tiene tres sub-pilares estructurados en torno a las condiciones del mercado y el nivel total de las transacciones. Estos sub-pilares están compuestos por diversos indicadores: facilidad en obtener crédito, crédito al sector privado (se refiere a los recursos financieros proporcionados al sector privado por las corporaciones financieras).

El pilar “Capital Humano e Investigación” mide el capital humano de los países. Para ello utiliza una serie de indicadores relacionados con la educación: gasto del funcionamiento del gobierno en educación, matriculación en terciaria, graduados en ciencias y tecnología...; y con el I+D: investigadores por millón de habitantes, esfuerzo en I+D (Gasto de I+D como porcentaje del PIB), gasto medio en I + D de las tres principales empresas globales...

El cuarto pilar, “Sofisticación de los negocios”, intenta recoger el nivel de la sofisticación del negocio para evaluar cómo las empresas contribuyen a la actividad de la innovación a través de varios indicadores: absorción del conocimiento a través de importaciones de alta tecnología y servicios TIC (Telecomunicaciones, informática y servicios de información), porcentaje del gasto bruto en I + D financiado por el exterior, empleo en servicios intensivos en conocimiento...

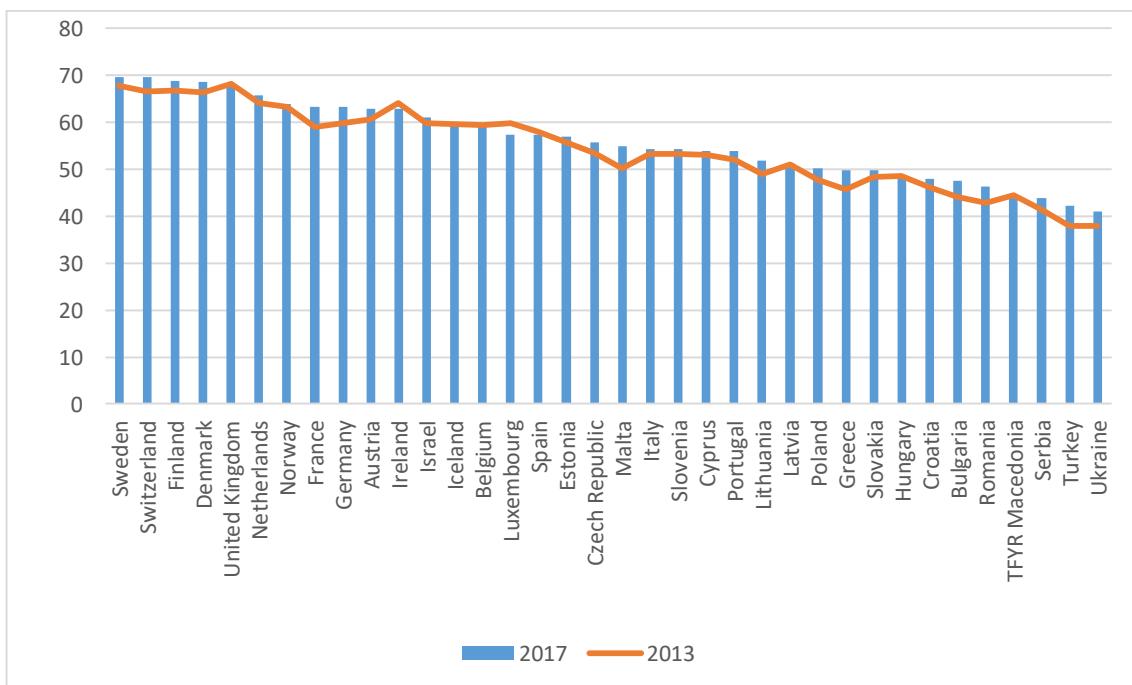
Como último pilar de éste subíndice, “Infraestructuras” que miden las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la infraestructura general y la sostenibilidad ecológica. Podemos encontrar diversos indicadores para cumplir el cometido nombrado anteriormente: acceso y uso de las TIC, producción de electricidad, rendimiento medioambiental (miden la cercanía de los países a los objetivos establecidos en materia de política ambiental)...

Centrándonos en el subíndice “Insumos para la Innovación” (Indicadores de entrada) a través del Gráfico 4.12 observamos que Suecia, Suiza, Finlandia, Dinamarca y Reino Unido son los países que se encuentran en las primeras posiciones del ranking en materia de recursos invertidos en innovación.

El rendimiento ha mejorado notablemente en Francia, Alemania, Malta, Bulgaria, Romania y Turquía con una variación positiva superior a los 3,5 puntos en comparación con el 2013. Como parte negativa, Luxemburgo ha empeorado con una variación negativa de 2,5 puntos en relación con el 2013.

Globalmente, todos los países han mejorado sus rendimientos en materia de recursos empleados para obtener nuevas ideas y aplicarlas en el período de 5 años analizado. Sólo tres países han sufrido una variación negativa, y entre ellos, se encuentra España (-0,6 puntos).

Gráfico 4.12: Subíndice Insumos para la Innovación



Fuente: Índice Global de Innovación y elaboración propia

España se encuentra en el puesto 16, en el mismo que en el 2013 aun sufriendo una variación negativa. Si analizamos más detalladamente el subíndice, observamos que España tiene como debilidades: el coste por despido (es superior al resto de países), la

facilidad para comenzar un negocio (más trabas), el gasto en educación y la importación de nuevas tecnologías para la absorción de conocimiento.

Por otro lado, España destaca en: la esperanza de vida escolar (número total de años de escolaridad que un niño de cierta edad puede esperar recibir en el futuro), matrículas en la universidad, en el rendimiento ambiental (lo cerca que se encuentra de los objetivos sobre política ambiental establecidos) y en uso y acceso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación).

El segundo subíndice llamado “Resultados de la Innovación” se refiere a los resultados de los procesos de innovación en una economía y cuenta con dos pilares: Producción Creativa y Producción de Conocimientos y Tecnología.

El primer pilar trata sobre la “Producción Creativa” el cual mide el papel de la creatividad para la innovación. Entre sus sub-pilares podemos destacar los activos intangibles: número de solicitudes de marca registrada, número de diseños contenidos en solicitudes de diseños...; productos y servicios creativos destacando los indicadores de exportaciones de servicios creativos y culturales, largometrajes nacionales producidos... Cabe mencionar un nuevo sub-pilar añadido recientemente y el que cada vez adquiere mayor importancia en nuestra sociedad globalizada e informatizada: creatividad online, compuesto por varios indicadores como las subidas de vídeos a YouTube, ediciones anuales de Wikipedia o los dominios registrados.

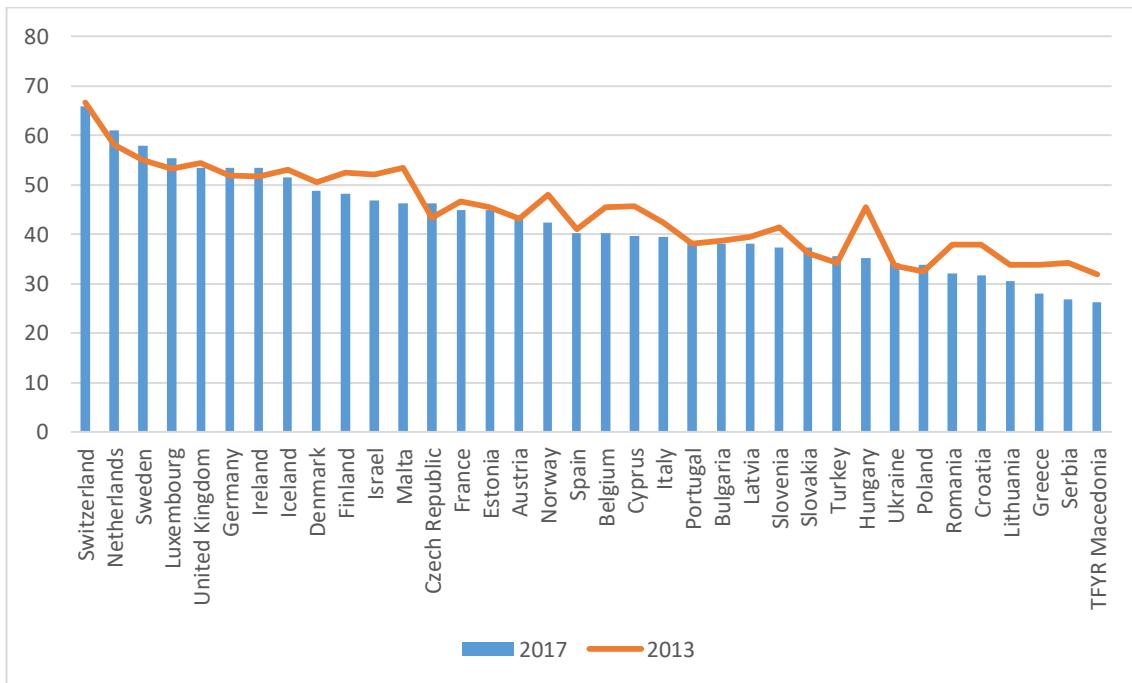
Y por último el pilar “Producción de Conocimientos y Tecnología” que recoge todas aquellas variables que se consideran fruto de invenciones e innovaciones. Destacan como creación de conocimiento los indicadores referentes a solicitudes de patentes, publicaciones científicas y técnicas y citas de publicaciones. Otros indicadores que componen este pilar y es obligatorio nombrar son las exportaciones de alta tecnología y de servicios TIC.

Analizando el subíndice “Resultados de la Innovación” (Indicadores de salida) a través del Gráfico 4.13 observamos más disparidades que en el anterior subíndice examinado.

En el ranking utilizamos el mismo conjunto de países que hemos analizado tanto en el Índice Sintético de Innovación (Véase el Gráfico 4.10) elaborado por la Comisión Europea como en el Índice Global de Innovación (Gráfico 4.11), por lo que observamos una homogeneidad en las estimaciones.

De los 36 países analizados, 24 de ellos han sufrido una variación negativa respecto al 2013. Hungría ha variado en -10,3 puntos seguido de Serbia y Malta (-7,3 y -7,1 respectivamente). Esta variación negativa reside en el descenso de puntuación conseguida a través de los indicadores de creación y la difusión de conocimiento.

Gráfico 4.13: Subíndice Resultados de la Innovación



Fuente: Índice Global de Innovación y elaboración propia

España se encuentra en el grupo de los países con variación negativa en el puesto 18 (dos puestos por debajo de su posición en el subíndice Insumos para la Innovación), sin embargo, no es muy elevada (-0,6 puntos en relación al 2013). En relación al resto de países, España destaca por: documentos citables índice H (El índice H es el número de artículos publicados de una economía que han recibido al menos H citas en el período 1996-2014) y el gasto total en software.

Como puntos para mejorar, hay que destacar la tasa de crecimiento del PIB por persona empleada (el crecimiento del producto interno bruto por persona empleada proporciona una medida de la productividad laboral y está relacionada con el impacto de conocimiento en la sociedad) y la difusión de conocimiento a través de las exportaciones de alta tecnología.

Con la utilización de los indicadores simples y compuestos propuestos en este apartado, la innovación se puede cuantificar y de esta manera contribuir para llevar a cabo diferentes políticas de apoyo a la innovación que ayuden a alcanzar diferentes objetivos, tanto sociales, como económicos.

Otra ventaja de la cuantificación de la innovación es el poder analizar empíricamente las teorías propuestas, y demostrar si la innovación tiene una relación con el crecimiento económico y el desarrollo.

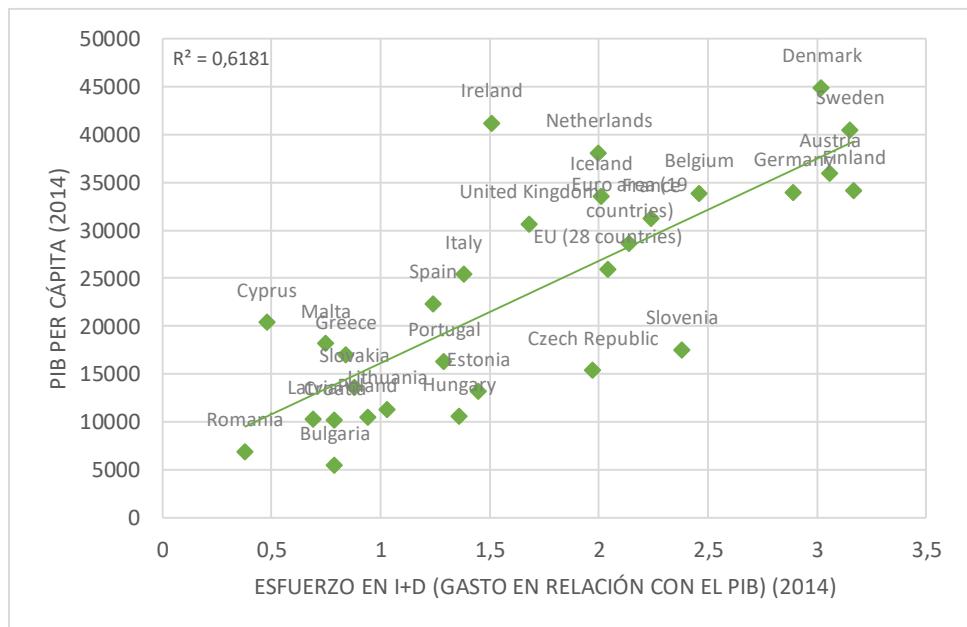
## 5. ANÁLISIS EMPÍRICO

Como se explicó en el epígrafe anterior, la medición de la innovación a través de indicadores simples y compuestos nos permite analizar empíricamente como afecta la innovación al crecimiento económico y al desarrollo.

Como primera aproximación, en el gráfico 5.1 podemos observar la relación entre el PIB per cápita (miles de euros por habitante en el 2014) y el esfuerzo en I+D (gasto como porcentaje del PIB en 2014)

El PIB per cápita es un indicador idóneo para mostrar el nivel de riqueza o bienestar de una región en un determinado momento y el esfuerzo en I+D es un indicador que hemos utilizado en el anterior apartado y sirve para medir el gasto que se realiza en Investigación y Desarrollo como porcentaje del PIB y, como su nombre indica, manifiesta el esfuerzo que realizan los países en términos de I+D.

Gráfico 5.1: Relación entre el PIB per cápita y esfuerzo en I+D en la UE



Fuente: Eurostat y elaboración propia

Se ha utilizado una muestra de los países pertenecientes a la Unión Europea<sup>11</sup>, junto con la media de los países pertenecientes a la Zona Euro y a la UE para comprobar esta relación.

Se observa una relación positiva entre las dos variables estudiadas, dando lugar a una doble proposición: los países ricos invierten más en I+D y/o el esfuerzo en I+D enriquece más a los países.

El grupo de países que mayor PIB per cápita presentan, en general, son los que mejores puntuaciones han obtenido en los dos índices compuestos analizados en el anterior epígrafe: Dinamarca, Suecia, Alemania, Bélgica...

El esfuerzo de España en inversión en I+D es inferior a la media de la Zona Euro y de la Unión Europea. El PIB per cápita es también menor que la media de los dos grupos de países nombrados anteriormente, observándose de nuevo la relación positiva entre ambos indicadores.

<sup>11</sup> Se ha retirado Luxemburgo por ser un valor atípico (Outlier): es un país con una población muy reducida, además de disponer de PIB per cápita mucho más elevado que el resto (80.000€ frente a la media de 26000€ de la UE28).

La realidad nos muestra que los países con mayor PIB per cápita invierten en I+D porque están convencidos de que esa es la trayectoria para seguir creciendo, apostando en una economía basada en la tecnología y el conocimiento.

Por ello se incentiva la inversión en I+D a través de diferentes organismos. Un ejemplo es el programa “Horizonte 2020” impulsado por la Unión Europea, con una duración de 7 años (2014-2020) y un presupuesto de 80.000 millones de euros tiene como objetivos impulsar el crecimiento económico y crear empleos de calidad, sostenibles e inclusivos, además de facilitar la coordinación entre el sector público y privado para ofrecer innovación. Se dedica a financiar proyectos de investigación e innovación de diversas áreas, integrando por primera vez todas las fases desde la generación del conocimiento hasta las actividades más contiguas al mercado (investigación básica, desarrollo de tecnologías, proyectos de demostración, líneas piloto de fabricación, innovación social, transferencia de tecnología, pruebas de concepto, apoyo a las compras públicas pre-comerciales, capital riesgo y sistema de garantías).<sup>12</sup>

Referente al análisis empírico, surgen varios trabajos basados en modelos de crecimiento endógeno para intentar demostrar la aplicabilidad de los planteamientos teóricos sobre la relación entre innovación y crecimiento económico.

Destacamos varios de ellos: la aportación de Romer (1986), que desarrolla un modelo donde el sector de I+D tiene una gran importancia para el crecimiento económico. La relación positiva entre países en relación con la I+D y el crecimiento económico ha sido también confirmado por diferentes estudios utilizando datos de panel, tales como Frantzen (2000) y Majcen, Ivanova y Cok (2011).

Hay una fuerte evidencia que el gasto en I+D tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo tiene efectos positivos sobre el crecimiento de la productividad, tal como lo comprueban Griffith, Reading y Reenen (2000).

También el Banco de Inversión Europeo (2011), encuentra evidencias de una relación positiva de la I+D en el crecimiento económico en algunos países europeos.

Aghion y Howitt (1998) desarrollan un modelo donde la innovación vertical (el progreso técnico aumenta la productividad de los bienes intermedios a través de una mejora de la

---

<sup>12</sup> Comisión Europea.

calidad de éstos), originada por la inversión en I+D, constituye la fuente que subyace al crecimiento económico.

Jones (2002) analiza un entorno en el que las ideas circulan de manera libre. Sus estimaciones indican que el 70% del crecimiento se debe a un aumento del stock de las ideas producidas por los investigadores.

Savvides y Zachariadis (2003) demuestran que el gasto en I+D y la inversión extranjera directa aumentan la productividad nacional y el crecimiento del valor añadido.

Maloney y Lederman (2003) estudian la relación entre el gasto en I+D y el logaritmo del PIB per cápita, demostrando que la inversión en I+D contribuye al progreso económico y que la tasa de crecimiento de esta inversión también aumenta a medida que crece el PIB per cápita.

Jungmitage (2004), analiza los efectos de las innovaciones y el impacto de las difusiones tecnológicas. Los resultados muestran que el conocimiento técnico transferible es un motor de crecimiento para la convergencia entre países.

Fraumeni y Okubo (2005) analizan el impacto de la I+D sobre el PIB y el ahorro nacional en Estados Unidos. Obtienen resultados positivos donde el gasto en I+D contribuye de manera significativa al crecimiento del PIB.

Jorgenson, Ho y Stiroh (2005) demuestran que hay una relación positiva entre la participación de inversiones en TIC y el aumento del PIB en Estados Unidos.

También hay trabajos basados en modelos de crecimiento endógeno que no muestran una evidencia positiva, como por ejemplo el de Jones (1995) entre el efecto de I+D sobre el crecimiento de la productividad de los factores.

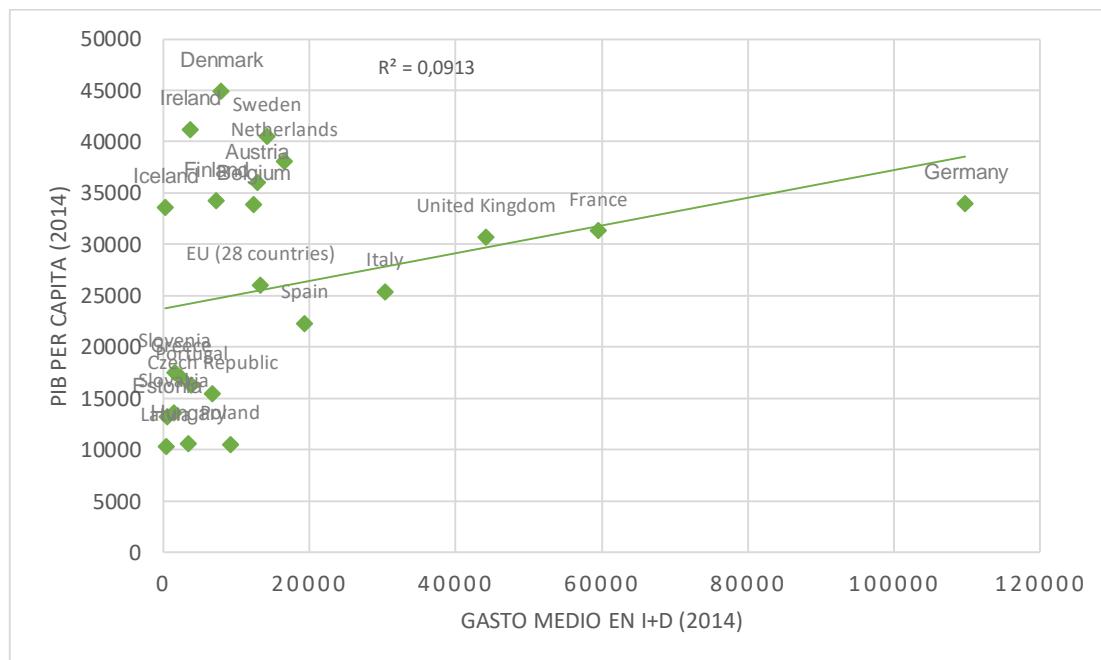
Podemos concluir que existe una evidencia empírica positiva importante sobre la relación de innovación y crecimiento económico, lo que nos hace pensar en el papel trascendental que tiene el sector público a través de la implantación de políticas de innovación, y el de las empresas para poder obtener unos beneficios más elevados.

A continuación, para intentar corroborar la idea de que existe una relación positiva entre innovación y crecimiento económico, vamos a comprobar la relación entre el indicador PIB per cápita a través de dos indicadores simples: el gasto en I+D y el número de solicitudes de patentes vía PCT y dos indicadores compuestos: el Índice Sintético de

Innovación (Comisión Europea) y el Índice de Innovación Global (Insead y WIPO), los cuales hemos utilizado para la medición y cuantificación de la innovación en el apartado cuatro. Para ello se ha utilizado una muestra de los países pertenecientes a la Unión Europea junto con la media de la UE28.

Se observa una relación positiva en el Gráfico 5.2 entre el PIB per cápita (2014) y el gasto medio en I+D (en millones de \$ PPP corrientes), sin embargo, el grado de relación entre las dos variables es bajo (su coeficiente de determinación es 0,09 y el coeficiente de correlación tiene un valor de 0,30).

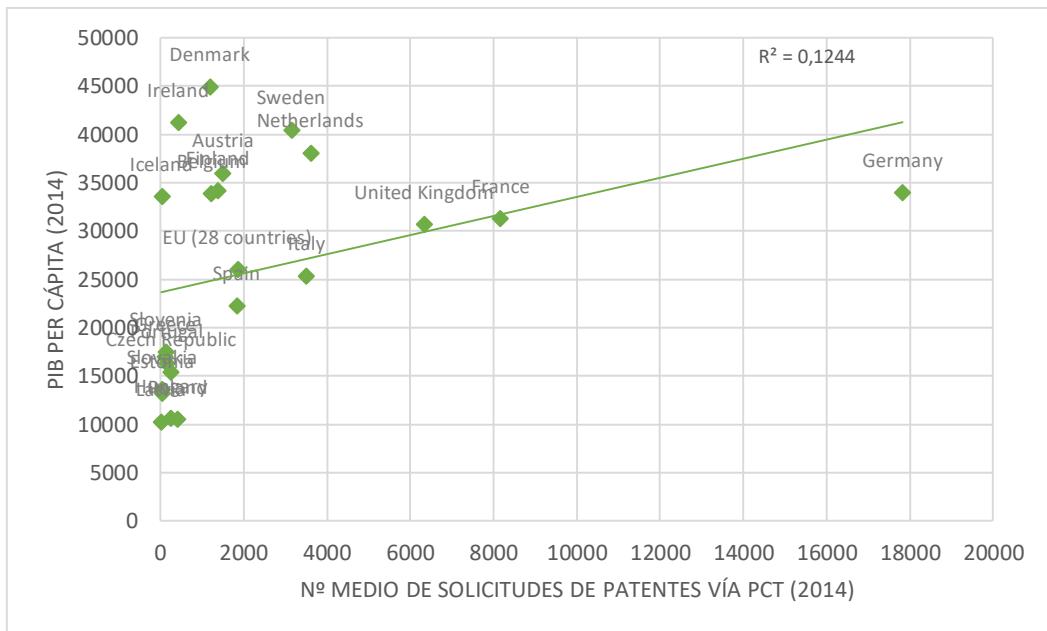
Gráfico 5.2 Relación entre el PIB per cápita y el gasto medio en I+D (2014)



Fuente: Main Science and Technology Indicators (OCDE 2017, Eurostat y elaboración propia

El resultado es ligeramente mejor si analizamos la relación entre el PIB per cápita (2014) y el número medio de solicitudes de patentes vía PCT en el 2014 (Gráfico 5.3). La correlación lineal entre los indicadores es pequeña y la relación que existe entre ellas es menos débil que en el gráfico 5.2. Esta conclusión se basa en el coeficiente de determinación (0,12) y el coeficiente de correlación (0,35), verificándonos lo comentado en las anteriores líneas.

Gráfico 5.3: Relación entre el PIB per cápita y el número medio de solicitudes de patentes vía PCT (2014)



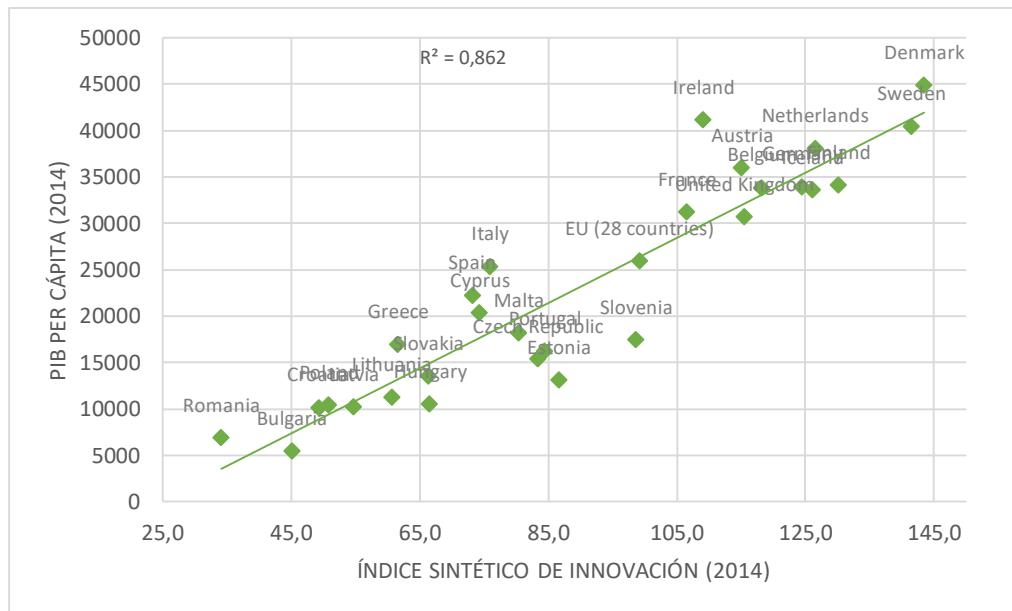
Fuente: Índice de Innovación Global, Eurostat y elaboración propia

Si utilizamos los indicadores compuestos, podemos observar (Gráfico 5.4) la relación entre el PIB per cápita (2014) y el Índice Sintético de Innovación (muestra los resultados de los Estados en 2014, en comparación con los de la UE en 2010).

En el primer caso, hay una relación positiva entre ambos indicadores, indicándonos que los países que más rendimiento innovador tienen, son los que mayor PIB per cápita presentan. Si examinamos el coeficiente de determinación ( $R^2=0,8643$ ) y el coeficiente de correlación (0,92) llegamos a la conclusión que la relación lineal entre las variables se ajusta a una recta con pendiente positiva y que la correlación es fuerte debido a su valor cercano al 1.

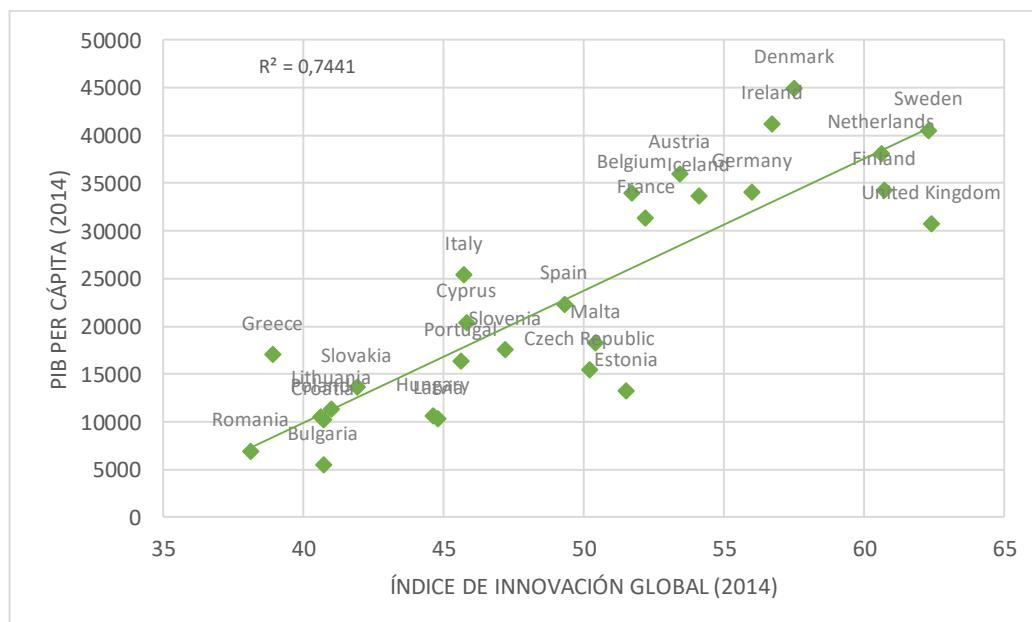
En el gráfico 5.5 analizamos la concordancia entre el PIB per cápita (2014) y el indicador compuesto “Índice Global de Innovación” (2014). Como en la anterior relación, también obtenemos una correlación positiva entre los dos indicadores. El grado de relación entre las dos variables es alto (El coeficiente de correlación tiene un valor de 0,75 y el coeficiente de determinación tiene un valor de 0,86), pero en comparación con el gráfico 5.4, tienen una dependencia algo menor.

Gráfico 5.4: Relación entre el PIB per cápita y Índice Sintético de Innovación (Comisión Europea) (2014)



Fuente: European Comission, Eurostat y elaboración propia

Gráfico 5.5: Relación entre el PIB per cápita y Índice Global de Innovación (Insead y WIPO) (2014)



Fuente: Índice de Innovación Global, Eurostat y elaboración propia

Podemos percibir que hay una disparidad de resultados al utilizar unos índices u otros: con los índices simples hemos obtenido una correlación positiva, pero débil. El indicador peor parado en esta relación es el gasto en I+D, obteniendo unos resultados muy débiles, con los que podríamos deducir que la relación entre gasto en I+D y el PIB per cápita es mínima. Sin embargo, con el indicador en términos relativos, el esfuerzo en I+D, si aparece una relación más clara.

Con la utilización de los indicadores compuestos, obtenemos unos datos más positivos. En ambos indicadores, hay una relación directa positiva entre el PIB per cápita y los índices utilizados. Destaca el Índice Sintético de Innovación en el que se obtiene una relación muy fuerte entre ambas variables. Siempre con la cautela de recordar que estas correlaciones no nos aclaran las posibles relaciones de causalidad entre las variables.

Los resultados nos dan a entender que los índices compuestos, que recogen más información para llevar a cabo la cuantificación del proceso innovador (miden muchos más ámbitos que pueden afectar a la innovación como la situación política del país, temas institucionales...), permiten reflejar más adecuadamente el entorno claramente positivo con mayores logros en renta per cápita, como esperaríamos de acuerdo con la renta.

## 6. CONCLUSIONES

Hemos observado que el concepto de innovación es más amplio y completo, abarcando un mayor número de áreas de lo que esperábamos, esto se ha traducido en una tarea complicada de medir el proceso innovador, debido a la complejidad para evaluar algo cualitativo en términos cuantitativos. Por ello, se han utilizado una serie de indicadores para cuantificar de la manera más concreta la innovación.

Sin embargo, observamos que el uso de indicadores simples no puede ser suficiente para medir el complejo proceso innovador, ya que esto no sólo conlleva la creación de un nuevo producto, sino también cambios de proceso, marketing, en las organizaciones... Uno de los problemas es el uso único de indicadores de entrada o de salida. Un ejemplo es el empleo del gasto o empleo de I+D como referencia, siendo estas variables muy limitadas debido a que miden los recursos empleados, pero ello no nos asegura que obtengamos una innovación.

El uso de indicadores compuestos nos permitirá seguir la evolución del componente de innovación con una visión más robusta y completa al proporcionarnos un conjunto de indicadores simples que abarcan más áreas, relacionadas con el marco institucional, la situación del mercado, la disposición política...

La medición del proceso innovador nos ha permitido observar que, a pesar de ser complejo, es necesario para poder realizar una comparativa de los países para examinar sus debilidades y facilitar la tarea a los responsables de políticas de apoyo a la innovación.

En general, nos encontramos con un grupo de países líderes en innovación en la UE que se encuentran por encima de la media de la UE28 y de la OCDE en la mayoría de los indicadores analizados (ya sean simples o compuestos). Estos tres grupos de países tienen una trayectoria positiva y sostenida en el tiempo, sin embargo, no podemos corroborar lo mismo para España: alcanza sus máximos en 2010-2012, convergiendo hacia los principales países más avanzados en innovación y a partir de esa fecha ha desarrollado una trayectoria negativa.

Otro punto importante de la necesidad de medición del proceso innovador es su uso para constatar la evidencia empírica sobre la relación entre innovación y crecimiento económico. Por medio de la relación entre el PIB per cápita y diferentes indicadores, hemos podido constatar que aunque en todos las relaciones hay una pendiente positiva, es a través de los indicadores compuestos donde observamos una correlación más fuerte entre las variables, por lo que nos hace pensar que el uso de indicadores compuestos nos permite cubrir más ámbitos para poder explicar el proceso de innovación y relacionarlo con el crecimiento económico.

Como hemos podido comprobar, hay pocos estudios que discrepen que la innovación es una un factor fundamental de progreso económico. Podemos concluir que es necesario que los gobiernos implementen políticas de apoyo a la innovación en el corto y medio plazo que impulsen el progreso tecnológico, y, así la productividad de la economía. “Horizonte 2020” es una de ellas cuyo objetivo es impulsar el crecimiento económico y crear empleos de calidad de manera sostenible.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aghion, P. y Howitt, P., (1998). *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Alonso, José Antonio (2013). *Lecciones sobre Economía Mundial*, Sexta edición, Editorial Civitas, Navarra.
- Banco de Inversión Europeo (BIE), (2011). *Productivity and Growth in Europe*.
- Baumert, Thomas, *et al.* (2016). *Innovación y Crecimiento Económico*. Aplicación de Análisis Factorial y Modelos Dinámicos de Datos de Panel.
- Becker, G., (1983). *El capital humano*. Madrid: Alianza
- Borondo Arribas, Carlos (2008). “La innovación en la literatura reciente del crecimiento endógeno”. *Principios: estudios de economía política*, Nº. 12, 2008, págs. 11-42
- Castillo, A. (1999). *Estado del arte en la enseñanza del emprendimiento*. Programa Emprendedores como creadores de riqueza y desarrollo regional.
- Cornell University, INSEAD, and WIPO (2017). *The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World*, Ithaca, Fontainebleau, and Geneva.
- David, Romer (2002). *Macroeconomía Avanzada*, Editorial McGraw Hill, Madrid.
- European Commission, (2017). *European Innovation Scoreboard 2017*, [http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards\\_es](http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards_es)
- European Commission, (2017). *La innovación en la Unión: ha habido algunas mejoras, pero es necesario un progreso más equilibrado*. [http://ec.europa.eu/rapid/press-release\\_IP-17-1673\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/rapid/press-release_IP-17-1673_es.pdf)
- Eurostat, (2017). Bruselas: European Commission.  
<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

- Frantzen, D., (2000). “R & D, Human Capital and International Technology Spillovers: A Cross country analysis”, *Scandinavian Journal of Economics*, 102(1), pp. 57-75
- Fraumeni, B. y Okubo, S. (2005). “R&D in the National Income and Product Accounts: A First Look at Its Effect ” on *GDP* en CORRADO et al. (eds.), *Measuring Capital in the New Economy*, NBER and the University of Chicago Press
- Freeman, Christopher (1974). “*La teoría económica de la innovación industrial*”, Editorial Alianza Universidad, pág. 17 -27
- Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica (2017). *Informe Cotec 2017*. Madrid
- Jones, C. (2000). *Introducción al Crecimiento Económico*, Pearson Educación, México.
- Marroquín Arreola, Juan, & Ríos Bolívar, Humberto. (2012). “Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+D”. *Investigación económica*, 71(282), pág. 15-33.
- Marta Formichella, María (2005). *La evolución del concepto de innovación y su relación con el desarrollo*, INTA.
- OECD (2010). “*Improving Governance and Measurement*”, The OECD Innovation Strategy: Getting a Head Start on Tomorrow
- OECD (2016). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*, OECD Publishing, Paris.
- OECD y Eurostat. 2006. *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, Third edition.
- OECD. *Main Science and Technology Indicators*, <http://www.oecd.org/sti/msti.htm>
- Quiñones Montellano, Ainoa (2013). *Impacto de la innovación y la ayuda científicotecnológica en los países en desarrollo*. [Tesis]
- Romer, P.M., (1990). “Endogenous Technological Change”. *Journal of Political Economy Journal of Economy*, nº 98, pág. 71-102.
- Schumpeter, J. (1935). *Ánalisis del cambio económico*. Ensayos sobre el ciclo económico. Ed. Fondo de cultura económica, México
- SCImago. (2007). SJR — *SCImago Journal & Country Rank*. Retrieved July 21, 2015, from <http://www.scimagojr.com>