



## Trabajo Fin de Grado

Eficiencia en la producción farmacéutica española  
*Efficiency in Spanish pharmaceutical production*

Autor/es

Eduardo José Serrano Ibáñez

Director/es

Mª Dolores Esteban Álvarez  
José María Hernández García

Facultad de Economía y Empresa  
2022

## **Resumen**

Este trabajo tiene como objetivo estudiar la eficiencia de la industria farmacéutica en España. Para ello, en primer lugar, realizo un breve repaso a la historia reciente de esta industria, presentando sus principales características y resaltando la importancia que tiene en el sector la inversión en investigación y la presencia de polos industriales. A continuación, y utilizando la información contenida en la base de datos SABI, estimamos una frontera de eficiencia por el método DEA y obtenemos índices de eficiencia para cada empresa del sector. Para finalizar, analizamos (i) si existe relación entre la inversión en investigación y desarrollo y el grado de eficiencia de las empresas y (ii) si, debido a economías de aglomeración, situarse en un polo industrial afecta significativamente a la eficiencia. Los resultados obtenidos sugieren que no existe una influencia significativa de estas variables sobre la eficiencia de las empresas.

## **Abstract**

The aim of this paper is to study the efficiency of the pharmaceutical industry in Spain. To do so, first, I briefly review the recent history of this industry, presenting its main characteristics and highlighting the importance of investment in research and the presence of industrial clusters in the sector. Then, using the information contained in the SABI database, we estimate an efficiency frontier by the DEA method and obtain efficiency indices for each firm in the sector. Finally, we analyse (i) whether there is a relationship between R&D investment and firm efficiency and (ii) whether, due to agglomeration economies, being located in an industrial cluster significantly affects efficiency. The results suggest that there is no significant influence of these variables on firm efficiency.

Autor: Eduardo José Serrano Ibáñez

Tutores: M<sup>a</sup>. Dolores Esteban Álvarez y José M<sup>a</sup>. Hernández García

Titulación vinculada: Grado en Economía (Facultad de Economía y Empresa – Universidad de Zaragoza)

## **Índice**

<b>1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Contexto.....</b>	<b>7</b>
2.1.	Evolución de la industria farmacéutica. ....	7
2.2.	La industria farmacéutica en España. ....	8
2.3.	Regulación del sector y demanda interna.....	13
<b>3.</b>	<b>Marco teórico .....</b>	<b>16</b>
3.1.	El concepto de eficiencia.....	16
3.2.	Medida de la eficiencia productiva: las medidas de Farrell. ....	16
3.3.	Métodos paramétricos en la estimación de fronteras de producción.....	18
3.4.	Métodos no paramétricos en la estimación de fronteras de producción.....	18
<b>4.</b>	<b>Resultados obtenidos .....</b>	<b>20</b>
4.1.	Obtención de la muestra y análisis. ....	20
4.2.	Obtención de la envolvente de datos. ....	23
4.3.	Eficiencia en la industria farmacéutica española: una aproximación.....	24
<b>5.</b>	<b>Análisis de la eficiencia .....</b>	<b>28</b>
5.1.	¿La inversión en investigación y desarrollo afecta a la eficiencia?.....	28
5.2.	¿Ubicarse en un polo industrial afecta a la eficiencia?.....	34
<b>6.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>41</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>43</b>

## **Índice de gráficos**

Gráfico 1 - VAB de la Industria Farmacéutica y cociente en porcentaje entre VAB de la Industria Farmacéutica y de la Industria en su conjunto. ....	9
Gráfico 2 - Afiliados medios a la Seguridad Social en el código CNAE 2110 en el mes de agosto .....	10
Gráfico 3 - Importaciones y exportaciones de la Industria Farmacéutica a lo largo del tiempo. ....	11
Gráfico 4 - Gasto en innovación como porcentaje del total de la industria manufacturera para 2020 .....	12
Gráfico 5 - Tasa de natalidad y mortalidad y esperanza de vida en España a lo largo del tiempo .....	15
Gráfico 6 - Porcentaje de empresas por CCAA en el sector .....	21
Gráfico 7 - Distribución de las empresas por tamaño .....	23
Gráfico 8 - Histograma de eficiencias .....	25
Gráfico 9 - Distribución de las empresas por tamaño .....	26

## **Índice de tablas**

Tabla 1 - Producción, gasto en empleo, en capital y en materias primas en miles de euros y porcentaje por Comunidades Autónomas en el sector de estudio en 2020.....	22
Tabla 2 - Criterio de clasificación de empresas UE .....	22
Tabla 3 - Estadística descriptiva de los datos obtenidos .....	24
Tabla 4 - Empresas más eficientes del sector incluyendo su tamaño.....	27
Tabla 5 - Empresas menos eficientes del sector incluyendo su tamaño.....	27
Tabla 6 - Modelo 1 MCO .....	28
Tabla 7 - Contraste de hipótesis para Modelo1 .....	29
Tabla 8 - Contraste de White para Modelo 1.....	30
Tabla 9 - Contraste de Breusch - Pagan para Modelo 1.....	30
Tabla 10 - Contraste Jarque-Bera para Modelo 1.....	31
Tabla 11 - Contraste Reset de Ramsey para Modelo 1.....	31
Tabla 12 - Modelo 2 MCO. ....	32
Tabla 13 - Contraste de hipótesis para Modelo 2 .....	33
Tabla 14 - Contraste de White para Modelo 2 .....	33
Tabla 15 – Estimación robusta para Modelo 2 .....	34

Tabla 16 - Modelo 3 MCO .....	36
Tabla 17 - Contraste de hipótesis para Modelo 3 .....	36
Tabla 18 - Contraste de White para Modelo 3 .....	36
Tabla 19 - Contraste de Breusch - Pagan para Modelo 3 .....	37
Tabla 20 - Contraste Jarque-Bera para Modelo 3 .....	37
Tabla 21 - Contraste Reset de Ramsey para Modelo 3l .....	37
Tabla 22 - Modelo 4 MCO .....	38
Tabla 23 - Contraste de hipótesis para Modelo 4 .....	39
Tabla 24 - Contraste de White para Modelo 4 .....	39
Tabla 25 - Contraste de Breusch - Pagan para Modelo 4 .....	40
Tabla 26 - Contraste Jarque-Bera para Modelo 4.....	40
Tabla 27 - Contraste Reset de Ramsey para Modelo 4.....	40

## **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1 - Medidas de Farrell.....	17
---	----

## **1. Introducción**

La industria farmacéutica es la responsable de fabricar, preparar y vender productos químicos con fin de prevenir y tratar enfermedades. Este sector resulta fundamental en cualquier sociedad actual y ha permitido, entre otras cosas, el aumento de la esperanza de vida. Como puede intuirse, en este sector es fundamental invertir en investigación, puesto que su negocio se basa también en la creación de nuevos medicamentos y la mejora de los existentes.

Según Farmaindustria, patronal del sector, la industria farmacéutica emplea a 45.000 trabajadores, de los cuales 6.000 se dedican a tareas de investigación y desarrollo, siendo el 52% mujeres. Su producción total alcanza 14.900 millones de euros, de los que exportan 12.777 millones de euros. Este sector se encuentra altamente regulado, debido a que afecta directamente a la calidad de vida de las personas, estando sujeto a las directrices marcadas por la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, a nivel nacional, y a la Agencia Europea del Medicamento, a nivel europeo.

El objetivo de este trabajo es abordar un análisis de eficiencia de las empresas de la industria farmacéutica y, posteriormente, analizar algunos de los factores que pueden influir significativamente sobre esta eficiencia, en concreto, localización geográfica e inversión en investigación. Para realizar el análisis he utilizado la base de datos ‘Sistema de Análisis de Balances Ibéricos’ (SABI), centrando el estudio de eficiencia sobre las empresas clasificadas dentro del código 2110 de la clasificación CNAE, correspondiente a la ‘Fabricación de productos farmacéuticos de base’. En este epígrafe podemos encontrar empresas productoras de medicamentos tanto para consumo humano como animal, productos sanitarios y principios activos para la producción de medicamentos.

El trabajo se ha dividido en cinco apartados:

- En la primera parte ofreceré una contextualización del sector, a través de un repaso del proceso histórico que ha desembocado en la situación actual de la industria, y realizaré un breve análisis sectorial, centrándome especialmente en aspectos de investigación y desarrollo, y señalando las principales diferencias que caracterizan el comportamiento de esta variable frente al resto de sectores industriales.

- La segunda parte repasa brevemente la literatura económica acerca del análisis de eficiencia. Para ello, se distingue entre eficiencia técnica, asignativa y de escala. También se comparan diferentes métodos de obtención de las fronteras de eficiencia: métodos paramétricos y no paramétricos. Finalmente, me centro en los métodos de Análisis Envolvente de Datos (DEA) que ha sido el método seleccionado para realizar el análisis de eficiencia.
- En la tercera parte realizo un análisis descriptivo de los datos obtenidos de la base de datos, clasificando por localización y tamaño de la empresa. A continuación, se analizan los índices de eficiencia obtenidos tras realizar la estimación DEA.
- La cuarta parte estudia dos relaciones diferentes, por una parte si la inversión en I+D afecta a la eficiencia y, por otra parte, si el hecho de pertenecer a un ‘polo industrial’ afecta la eficiencia de las empresas. Este análisis está motivado por la observación de que la mayoría de las empresas del sector se encuentran en ubicaciones muy concretas y por el alto grado en inversión en investigación y desarrollo realizado.
- Para finalizar, en el último apartado resumiré los principales resultados y conclusiones que se pueden obtener de este trabajo.

La motivación principal para la realización del trabajo ha sido el papel fundamental que ha tenido este sector en la economía actual, debido a la crisis causada por la COVID-19, el aumento de la esperanza de vida en las sociedades avanzadas y las implicaciones que la investigación científica privada tienen sobre nuestro país.

## 2. Contexto

### 2.1. Evolución de la industria farmacéutica.

La industria farmacéutica nace, como la mayor parte de las industrias actuales, en el siglo XIX, con la Revolución Industrial, cuando, de una manera primigenia, se sintetizó por primera vez un medicamento. La farmacéutica Bayer fue la primera empresa en producir en 1885 el primer fármaco sintético en masa. Se distinguen dos evoluciones diferentes de la industria farmacéutica en Europa: por un lado, los países de tradición protestante y por otro lado los países de tradición católica. Los primeros, entre los que encontramos a Alemania y Reino Unido, experimentaron un desarrollo mucho más rápido y fuerte. Estos países centraron su desarrollo en la industria química, predominando la química orgánica y buscando moléculas farmacológicamente activas. Por el contrario, los países de tradición católica, entre ellos Francia y España, experimentaron un desarrollo más tardío. Estos últimos centraron sus esfuerzos en productos específicos y sin una industria química potente.

Centrándonos en España, y tal y como propone Rodríguez-Nozal (2021), se distinguen cuatro etapas en el desarrollo de la industria farmacéutica española: primera fase, a principios del siglo XIX, marcada por las revoluciones liberales, segunda fase, a finales del siglo XIX, con la adopción de las técnicas desarrolladas por países extranjeros, tercera fase, hacia 1920, en la que finalmente se sientan las bases de esta industria con la instauración del Registro obligatorio de especialidades farmacéuticas, y una cuarta fase, tras la Guerra Civil. Como puede intuirse, este desarrollo ha estado ligado intrínsecamente a la inversión extranjera, primero por parte de empresas de origen alemán (antes de la Segunda Guerra Mundial) y más tarde por norteamericanas (tras los Pactos de Madrid de 1953).

En la actualidad esta industria es fundamental dentro de los sistemas sanitarios de todos los países del mundo y, por tanto, en España. No obstante, la industria farmacéutica no es homogénea en todos los sitios y responde, principalmente, a dos tipos de mercados: por un lado, a los países desarrollados, entre los que se encuentra España, donde ha de proporcionar fármacos que actúen sobre el sistema cardiovascular, el sistema nervioso central, el sistema gastrointestinal, los antiinfecciosos, los antidiabéticos y los quimioterapéuticos. Por otro lado, ha de responder a los países en vías de desarrollo con

fármacos que traten enfermedades infecciosas, vitaminas y suplementos nutricionales. (Tait 1998).

La investigación y el desarrollo es el pilar fundamental de esta industria puesto que, aunque es arriesgado ya que no todas las investigaciones son fructíferas, cuando estas lo son, la legislación vigente en materia de patentes hace que los beneficios sean extraordinarios. Esto tiene como resultado que esta industria sea la segunda en investigación y desarrollo a nivel mundial, por detrás de la industria aeronáutica. Este sistema de patentes y derechos hace que sea difícil describir el mercado de una manera única, ya que las empresas compiten según el producto comercializado.

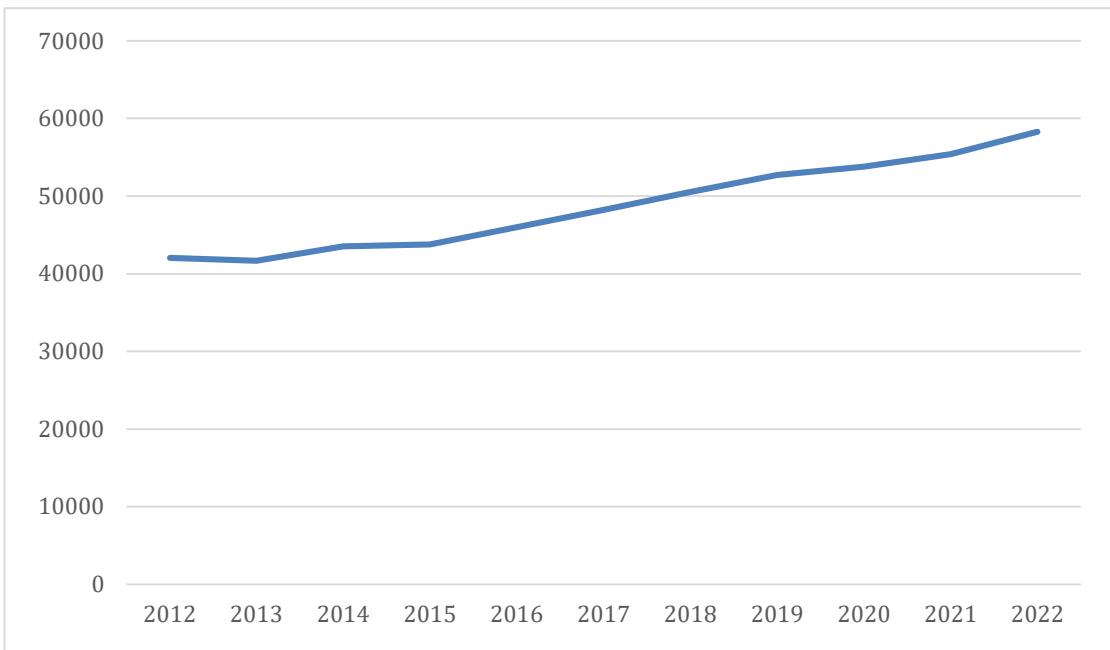
## 2.2. La industria farmacéutica en España.

La industria farmacéutica española es actualmente el octavo sector industrial más importante, con una aportación al valor añadido bruto (VAB) de 6.846 millones de euros (Contabilidad Nacional 2019). Esto supone un 0,6% del total de la economía española y un 5% del VAB de la industria manufacturera (véase Gráfico 1). Además, aunque su peso sea pequeño dentro del cómputo global de la economía española, este sector tiene importantes ramificaciones sobre otros sectores, sobre todo en el sector sanitario y en el comercio minorista dada la extensa cadena de oficinas de farmacias existentes en España. CaixaBank Research calcula que el efecto arrastre de esta industria es del 76%, es decir, por cada 100€ de VAB producidos directamente, se generan 76€ de VAB adicionales en otros sectores.



*Gráfico 1 - VAB de la Industria Farmacéutica y cociente en porcentaje entre VAB de la Industria Farmacéutica y de la Industria en su conjunto. Fuente: Contabilidad Nacional (INE). Elaboración propia. Herramienta: Excel*

La distribución geográfica de esta industria es muy desigual, localizándose la mayor parte de las empresas entre Cataluña y la Comunidad de Madrid. Esta desigualdad puede deberse a razones históricas y económicas, dado que la industria química en España se ha situado tradicionalmente en Cataluña.



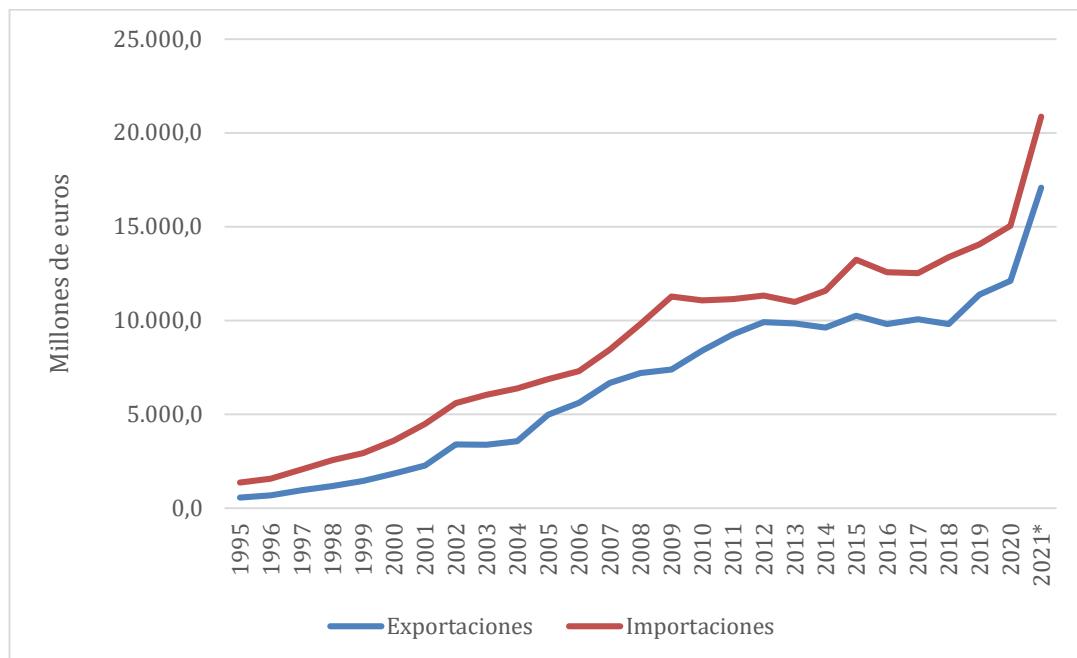
*Gráfico 2 - Afiliados medios a la Seguridad Social en el código CNAE 2110 en el mes de agosto. Fuente: Seguridad Social. Elaboración propia. Herramienta: Excel*

Como puede observarse en el Gráfico 2, el empleo sigue una senda creciente y constante en el sector desde 2012, contando en agosto de 2022 con 58.298 personas afiliadas a la Seguridad Social.

Además, esta industria es mucho más productiva que la media de la economía española y que el resto de industria manufacturera. En concreto, el valor añadido por empleado es de 168.620€ (año 2019), mientras que el promedio de la economía española es de 61.461€ (CaixaBank Research 2022). Esta superioridad en productividad se debe, según CaixaBank Research, a tres factores: la mayor parte de los empleados de este sector (62%) son titulados superiores, su gran esfuerzo inversor en investigación y desarrollo, y la presencia de grandes empresas, siendo el segundo sector industrial con más empresas de más de 250 empleados.

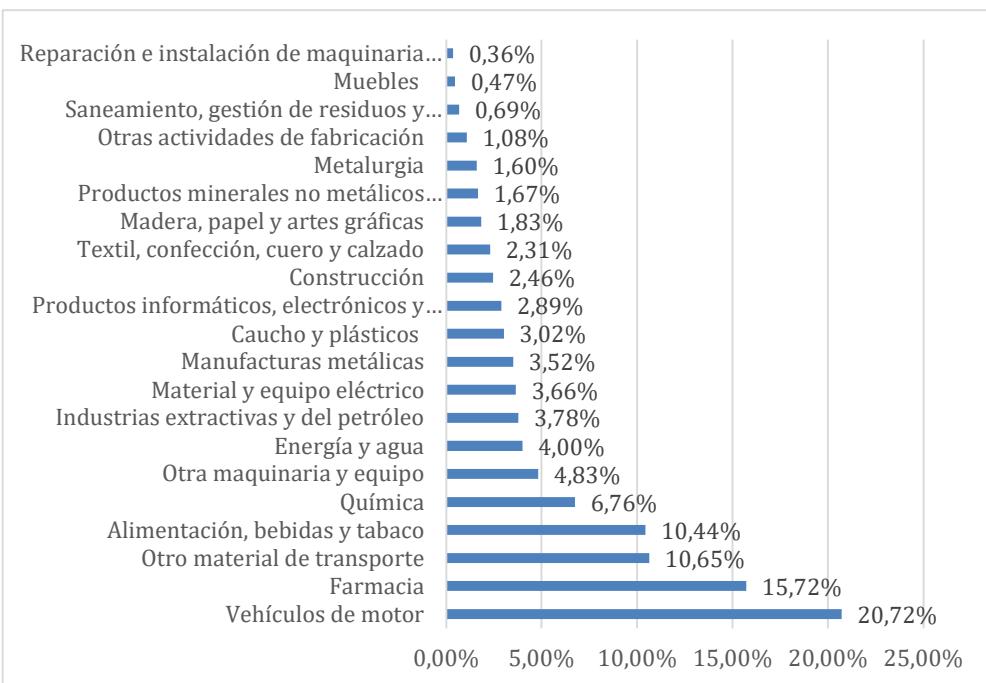
Otro punto fuerte del sector son sus exportaciones. Los productos farmacéuticos fueron el cuarto producto más exportado en 2020, contando con el 4,9% de las exportaciones totales de bienes (12.777 millones de euros, Gráfico 3). Además, estas exportaciones, han crecido mucho más de lo que crecieron las exportaciones de la industria manufacturera y de la economía española en su conjunto, ya que el crecimiento promedio anual de las exportaciones de esta industria fue en 2020 del 10,7% y las de la economía española del 5,4% (CaixaBank Research 2022). No obstante, nuestro país presenta déficit en su

balanza comercial de productos farmacéuticos. En 2020 las exportaciones de productos farmacéuticos fueron del 1,1% mientras que las importaciones fueron del 1,6%, lo que sugiere la existencia de una posible mejora en la producción farmacéutica en España.



*Gráfico 3 - Importaciones y exportaciones de la Industria Farmacéutica a lo largo del tiempo. Fuente: Comercio Exterior (INE). Elaboración propia. Herramienta: Excel*

La industria farmacéutica movilizó en 2020 el 4,9% de la inversión en I+D total realizada (8,8% si se descuentan las universidades y a la Administración Pública), en el Gráfico 4 se aprecia que en 2020 la inversión en investigación y desarrollo representó el 15% de la inversión de la industria manufacturera. Esta inversión es muy importante para la sociedad, porque no solo tiene implicaciones económicas, sino que también afecta al bienestar de la población al ser ‘fundamental para prevenir, tratar, curar enfermedades y mejorar la calidad de vida’ (Lobo 2019).



*Gráfico 4 - Gasto en innovación como porcentaje del total de la industria manufacturera para 2020. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística, 2022). Elaboración propia. Herramienta: Excel.*

Si bien se ha mencionado previamente que este sector no es muy relevante en términos de VAB, sí que es relevante en el aspecto de la innovación ya que, como puede observarse en el Gráfico, gracias a este, los ratios de inversión en I+D mejoran sustancialmente. Por otro lado, cuenta con la ventaja de que ‘las principales compañías líderes en investigación mundial’ ya se encuentran implantadas en España, lo que hace de polo de atracción para nuevas inversiones productivas y de I+D a España (Sánchez 2019).

Según Sánchez la innovación farmacéutica tiene tres impactos principales:

- Impactos sobre la esperanza y la calidad de vida de la población: la inversión en I+D en el sector farmacéutico tiene como último fin el desarrollo de medicamentos nuevos y mejorar los existentes para así incrementar la salud de los pacientes. Se ha estimado que ‘la contribución de los medicamentos al incremento de la esperanza de vida es superior al 70 por 100’, por lo que estas innovaciones resultan indispensables para aumentar la esperanza de vida, que no deja de ser ‘uno de los principales parámetros que definen el progreso sanitario de un país’.
- Impacto sobre la eficiencia del sistema sanitario: el autor considera a este efecto como colateral, defendiendo que, la dispensación de medicinas innovadoras

genera ahorros para los sistemas sanitarios. Estos ahorros se dan por dos vías; se sustituyen terapias costosas antiguas y se generan ‘efectos de complementariedad’.

- Impacto sobre el crecimiento económico: el tener una población más saludable genera trabajadores más saludables lo que pone a la sociedad innovadora en ventaja competitiva frente a otras menos saludables. Los trabajadores sanos son más productivos que los menos sanos.

Como espejo de esta inversión podemos valorar el número de patentes concedidas. En 2021, este sector fue el sector industrial que más patentes solicitó (189). Estas patentes suponen el 9,7% de la totalidad de patentes solicitadas en España (Farmaindustria 2022).

### 2.3. Regulación del sector y demanda interna

Este sector, por sus importantes implicaciones sociales, está altamente regulado por la Administración. La Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS) es un organismo dependiente del Ministerio de Sanidad encargada de velar por (Duranton & Puga, 2003) (Marshall, 1890) (Real Decreto Legislativo 1/2015, de 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios., 2015) (Sánchez Martínez, 2020) ‘la calidad, seguridad, eficacia y correcta información de los medicamentos y productos sanitarios, desde su investigación hasta su utilización’ (web de la AEMPS). Esta Agencia a su vez es dependiente de la Agencia Europea del Medicamento, por lo que a este sector le afecta tanto legislación nacional, como europea.

La Agencia autoriza y supervisa, entre otros, todos los laboratorios fabricantes e importadores de medicamentos para consumo humano o animal, cosméticos, productos de higiene y biocidas. También evalúa, autoriza y controla todos los medicamentos de consumo humano o animal que son vendidos en España o autoriza los ensayos clínicos desarrollados en España.

Aun existiendo esta Agencia, en este sector, se dan grandes problemas de asimetría de la información ya que las empresas del sector no son siempre del todo transparentes frente a la administración, al personal sanitario y a los consumidores. Como muestra de ello se puede nombrar el caso Oxycontin, caso en el que la ocultación sobre los efectos

secundarios que generaba este medicamento ha generado en Estados Unidos una de las peores catástrofes sanitarias de la historia.

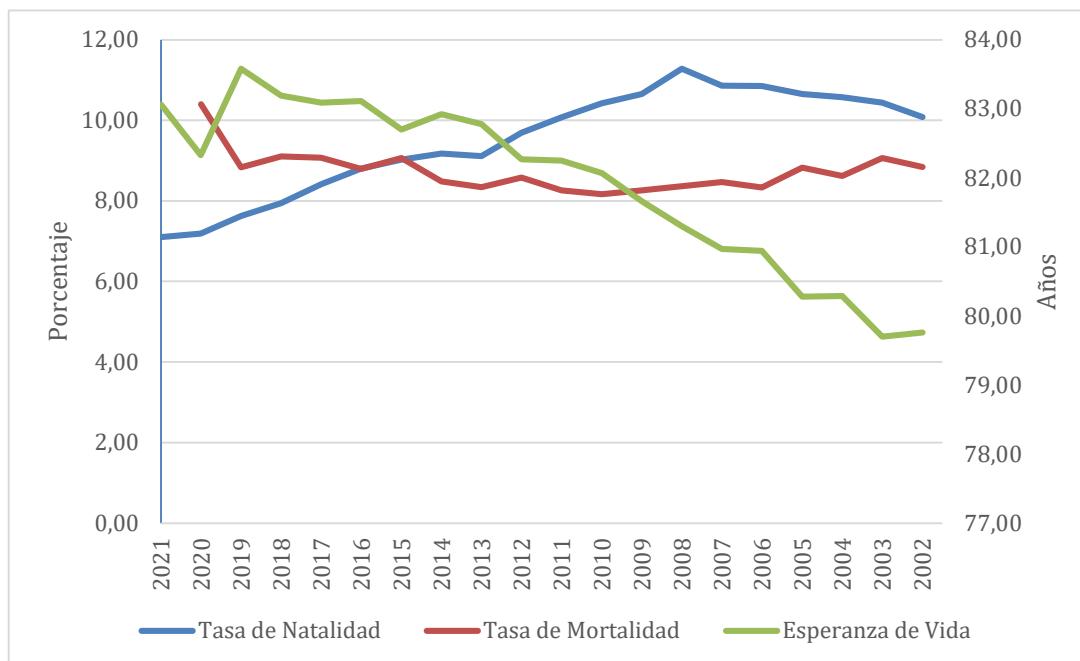
El precio de los medicamentos también es una variable regulada por el Estado. Se puede distinguir entre medicamentos financiados (aquellos de los que una vez recetados al paciente el Estado se hace cargo de una parte de su precio) y medicamentos no financiados (ya sean recetados o no). Esta fijación de precios viene regulada por el RDL 1/2015, de 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios. Los medicamentos innovadores, aquellos que son fruto de una innovación empresarial, gozan de beneficios en cuanto a su precio: el Estado será el único demandante y la empresa que posea la patente será la única vendedora (monopolio bilateral) fijando el precio en una negociación común. Por otro lado, otros medicamentos no son considerados indispensables, no pudiéndose financiar por parte de la Administración, y pudiendo establecerse su precio libremente.

Analizar la demanda interna de este sector es complejo, ya que se pueden encontrar tres ‘consumidores finales’: los sanitarios, los pacientes y el Estado.

- Los sanitarios (demandantes): son los encargados de indicar a los pacientes (consumidores finales), en términos generales, qué artículos han de comprar. Pueden disponer de gran parte de la información, pero en muchas ocasiones, no pueden transmitir correctamente a los pacientes esta información.
- Los pacientes (consumidores finales): tienen normalmente una gran falta de información sobre lo que adquieren. No tiene gran capacidad decisoria sobre la compra, ya que viene definida por lo recetado.
- El Estado: gracias al sistema sanitario implantado en España se hace cargo de gran parte del precio final de los productos sanitarios dispensados. Dispone de un gran poder negociador frente a la industria.

La demanda de este tipo de productos viene definida en gran medida por la estructura poblacional del país. Por ejemplo, en un país cuya población es joven se demandarán menos productos farmacéuticos que en un país envejecido, como es nuestro caso. Se observa en el Gráfico 5 que en España, las tendencias son claras, la tasa de natalidad decrece, la esperanza de vida crece y la tasa de mortalidad permanece constante

Conociendo estos datos sobre la estructura de la población española se puede afirmar que las necesidades de productos farmacéuticos crecerán conforme avance el tiempo ya que la población española cada vez estará más envejecida.



*Gráfico 5 - Tasa de natalidad y mortalidad y esperanza de vida en España a lo largo del tiempo. Fuente: Estadísticas del INE. Elaboración propia. Herramienta: Excel.*

La brecha existente entre importaciones e importaciones revela que este sector dispone de cierta capacidad para crecer, por ellos y de manera relacionada, es interesante estudiar la eficiencia de las empresas del sector, ya que puede darse el caso de que se pueda incrementar la producción con los mismos recursos utilizados o incluso reducir estos recursos. También, comprobando las características del sector, es interesante estudiar si el elevadísimo gasto en I+D realizado o esta aglomeración de empresas en dos polos industriales afecta a esta eficiencia obtenida.

### **3. Marco teórico**

#### **3.1. El concepto de eficiencia.**

La maximización del beneficio es el pilar fundamental de una empresa y, para ello, el primer paso es organizar su actividad productiva de una manera eficiente, es decir, minimizando sus costes. Álvarez-Pinilla (2001) indica que, en la práctica, la existencia de ineficiencia se justifica porque, aunque la totalidad de las empresas comparten el objetivo de maximizar los beneficios, no todas lo consiguen. Para este autor la maximización del beneficio exige tres decisiones para la empresa:

- a) Para todos los niveles de producción que se pueden dar, la empresa ha de elegir el nivel de output que maximiza el beneficio.
- b) Para todas las combinaciones de input posibles para producir el output definido previamente ha de escoger la que menor coste tenga.
- c) La empresa no ha de malgastar recursos.

Finalmente distingue entre tres tipos de eficiencia:

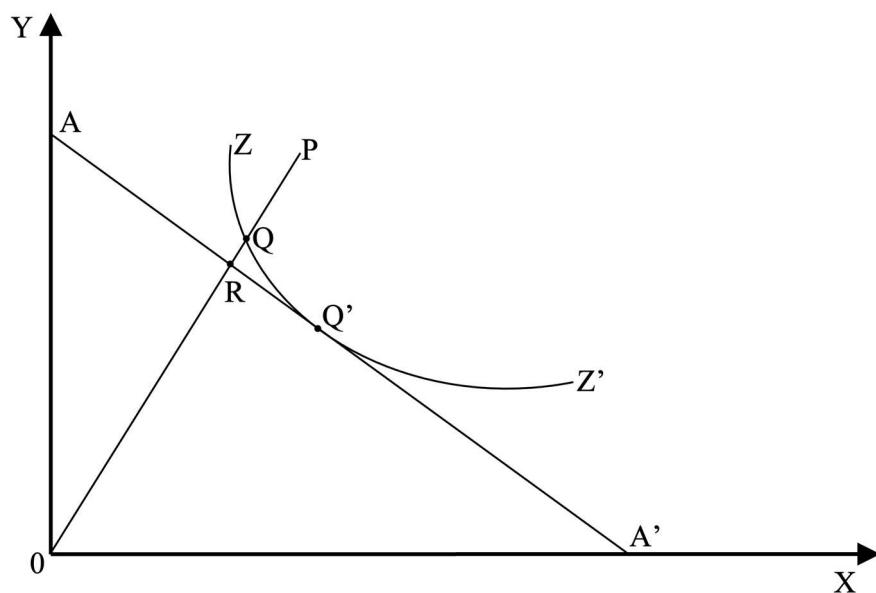
- a) Eficiencia técnica: esta se da cuando la empresa maximiza el output con el input usado.
- b) Eficiencia asignativa: se da cuando la empresa escoge el input para minimizar el coste de producción.
- c) Eficiencia de escala se da cuando la empresa produce ajustándose a su tamaño, permitiendo maximizar el beneficio.

#### **3.2. Medida de la eficiencia productiva: las medidas de Farrell.**

Farrell (1957), quien inició el estudio sobre la eficiencia productiva, distinguió dos variables dentro del concepto de eficiencia, eficiencia técnica y eficiencia asignativa, dejando de lado la eficiencia de escala. Este autor interpretó que para valorar la eficiencia de una empresa debe compararse con otras empresas similares, y para ello enfrenta a la empresa a analizar con una empresa ficticia que se sitúa en la frontera ( $Q$ ). El modelo nace de la existencia dos únicos inputs ( $X$  e  $Y$ ) necesarios para producir un único output. En su análisis, Farrell, parte del supuesto de la existencia de rendimientos constantes a escala, es decir, que la producción aumenta tanto en cuanto lo hacen los inputs, por tanto, la tecnología existente se representa por una única curva isocuanta ( $ZZ'$ ) (ver ilustración).

Todos los puntos de esta curva son situaciones eficientes técnicamente, los superiores ineficientes y los inferiores inalcanzables con los medios disponibles. La recta  $OP$  representa el uso de los dos factores productivos. El punto  $P$  es la combinación de los dos inputs empleados para la producción de una unidad de bien por la empresa, de una manera ineficiente. El punto  $Q$  es el uso eficiente de los dos inputs para producir un bien por parte de la eficiente empresa ficticia. Es importante saber que ambas empresas producen la misma cantidad de output, por tanto, la empresa que usa  $P$ , está siendo ineficiente para el segmento  $QP$ . Se puede medir la eficiencia técnica según la razón  $OQ/OP$ .

La recta  $AA'$  es una recta isocoste. Una recta isocoste representa las posibles combinaciones de inputs posibles a un mismo coste. El punto  $Q$  es más caro que el punto  $Q'$ , ya que  $Q$  se sitúa en una isocoste superior. El segmento  $RQ$  es una medida de ineficiencia asignativa en los recursos, dada la isocuanta anterior. Finalmente, la ineficiencia asignativa se mide como  $OQ/OQ'$ . Del producto entre la medida de eficiencia técnica anteriormente obtenido y de la medida de eficiencia asignativa nace la eficiencia económica según Farrell.



*Ilustración 1 - Medidas de Farrell. Elaboración propia.*

Como es lógico, la investigación en medición de la eficiencia se ha desarrollado mucho desde esta primera aproximación. Los métodos para obtener una frontera de producción se han dividido en dos grandes bloques: los métodos paramétricos y los métodos no paramétricos.

### 3.3. Métodos paramétricos en la estimación de fronteras de producción.

Los métodos paramétricos para la obtención de una frontera de producción se basan en la especificación de una forma funcional específica, ya sea por programación matemática o por estimación econométrica. Según cómo se cuantifique la perturbación aleatoria de la estimación se distinguen dos enfoques diferentes:

- Enfoque determinístico: la perturbación aleatoria solo incluye desviaciones de la ineficiencia, no se tienen en cuenta los errores de medida que incluyen los datos.
- Enfoque estocástico: la perturbación aleatoria incluye las desviaciones de la ineficiencia y los errores de medida o factores exógenos inesperados.

### 3.4. Métodos no paramétricos en la estimación de fronteras de producción.

Los métodos no paramétricos no requieren de una forma funcional para estimar una frontera de producción, sino que sólo se requieren unos supuestos básicos en relación con las tecnologías existentes. El método seleccionado para la elaboración de este trabajo es el Análisis Envolvente de Datos, en adelante DEA. Este método, que es no paramétrico, pero de enfoque determinista, fue propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). El DEA (Fernández, Martínez y Fernández 2013) se basa en medir la eficiencia de las Unidades de Decisión (DMUs) homogéneas, que no dejan de ser las empresas. A partir de las mejores DMUs se construye una frontera de producción eficiente, de manera que se pueda medir la ineficiencia del resto de DMUs. Este método ofrece algunas ventajas frente otros, algunas de estas son la no especificación de forma funcional a la frontera, la flexibilidad ya que se pueden estudiar procesos (Gutiérrez & Lozano, 2010) productivos en los que es imposible modelizar y que no se requiere información sobre precios, preferencias o tecnología.

Los modelos DEA puede formularse de diferentes maneras (Gutiérrez y Lozano 2010): modelo con rendimientos constantes a escala (CRS), modelo con rendimientos variables a escala (VRS), modelo aditivo y modelo multiplicativo. Las diferencias entre los modelos con rendimientos constantes y variables son simples: los primeros suponen que aumentos en el input resulta en aumentos iguales en el output, los segundo que aumentos en el input supone un incremento no proporcional en el output.

Córdova y Alberto (2018) exponen que los modelos CRS solo son apropiados si las DMUs ‘operan a una misma escala’, es decir, si las empresas son homogéneas. Por tanto, este modelo no es recomendable ya que en ningún mercado todas las empresas son homogéneas. Los modelos VRS no exigen esta condición de operar en una misma escala, por tanto, no es necesario ‘mostrar una escala de operación óptima’. En el modelo VRS las empresas de un tamaño se comparan con las unidades de un tamaño relativo. Un modelo VRS puede ser:

$$\min_{\Theta, \lambda} \Theta$$

s. a.:

$$-\gamma_i + Y\lambda \geq 0$$

$$\Theta\chi_i - X\lambda \geq 0$$

$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

Siendo N el número de empresas (DMUs).

Donde: X es la matriz de inputs de todas las DMUs, Y es la matriz de outputs correspondientes a las DMUs,  $\lambda$  es un vector de constantes de tamaño  $N \times 1$  multiplicador de la matriz de input – output y, por último,  $\Theta$  es un escalar que multiplica al vector de inputs.  $\chi_i$  y  $\gamma_i$  son respectivamente los vectores de coeficientes de inputs y outputs de cada DMU. También se incluye la restricción  $N1'\lambda = 1$  que es una restricción de convexidad necesaria para el funcionamiento del modelo.

## **4. Resultados obtenidos**

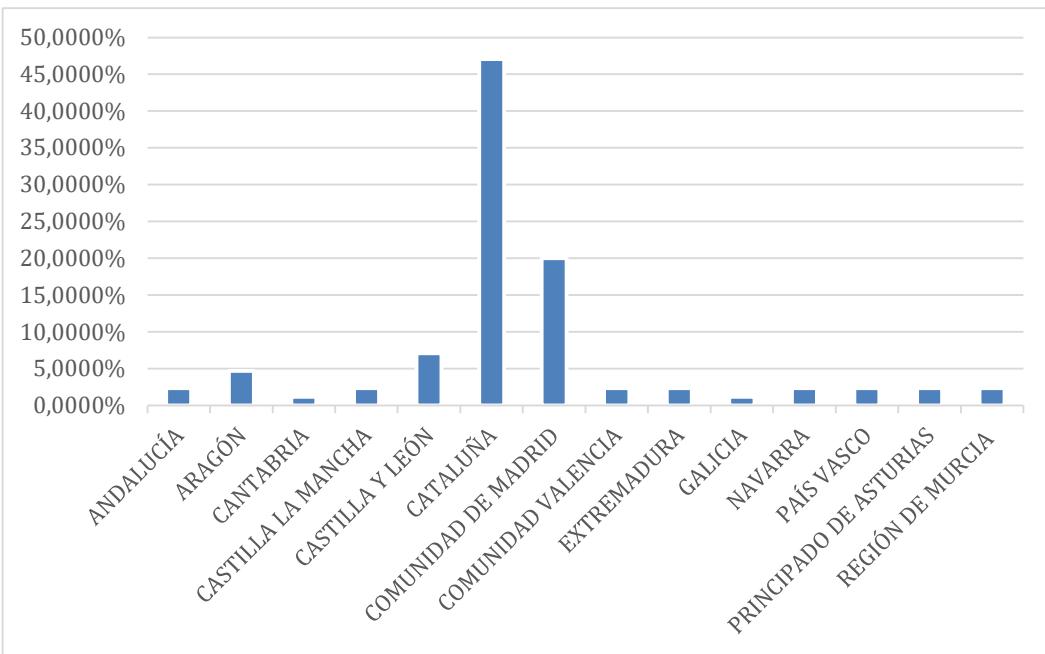
### **4.1. Obtención de la muestra y análisis.**

Para analizar la eficiencia del sector farmacéutico he seleccionado un subsector concreto. Los datos necesarios para realizar el estudio los he extraído de la base de datos del Sistema de Análisis de Balances Ibéricos (SABI). En esta base de datos se pueden encontrar los balances de situación y cuentas anuales de la práctica totalidad de las empresas de España y Portugal. La muestra utilizada la completan 85 empresas que, dentro de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas, tienen como código principal el 2110, correspondiente al subsector ‘Fabricación de productos farmacéuticos de base’. Dentro de esta categoría se encuentran empresas productoras de medicamentos, productos químicos y artículos sanitarios.

Para que la base de datos sea correcta y por tanto las posibles conclusiones sean válidas se han extraído de la muestra aquellas empresas que no se encontraban en activo en 2020. Este trabajo prestará especial atención a las siguientes variables:

- Localización: he detectado que parecen existir dos principales ‘polos industriales’, es decir, las empresas se aglomeran prácticamente en dos localizaciones, Cataluña y la Comunidad de Madrid.
- Tamaño: en el sector destaca la existencia de empresas muy grandes, por ejemplo, Bayer facturó en 2020 la cantidad de 1.615.858.000€.
- Gasto en investigación y desarrollo: como he expuesto previamente el sector es muy relevante en términos de inversión en innovación, siendo el segundo sector industrial más inversor.

La primera variable a analizar será la localización geográfica. En el Gráfico 6 se clasifican las empresas por Comunidades Autónomas (tanto en número como en porcentaje). En la figura se observa que casi el 50% de las empresas se localizan en Cataluña, el 20% en la Comunidad de Madrid y el 30% restante en el resto de España. Existe una gran concentración de esta industria en Cataluña, esto se debe a razones históricas, ya que fue la primera región española en industrializarse (junto al País Vasco). Es de destacar que hay algunas Comunidades Autónomas que no poseen ninguna empresa categorizada en este subsector.



*Gráfico 6 - Porcentaje de empresas por CCAA en el sector. Fuente: Base de datos.*

*Elaboración propia. Herramienta: Excel*

Del Gráfico anterior se deduce que será Cataluña la Comunidad Autónoma que más output produce en el subsector. En la Tabla 1, en la que se ven el volumen de ventas (output), gastos de personal (empleo), capital y gasto en materias primas clasificados por CCAA tanto en número (en miles de euros), como en porcentaje puede destacarse que el volumen total de ventas fue de 4.519.136.000€. De este total el 66% fue producido el Cataluña. La Comunidad de Madrid vuelve a destacar dentro de este computo nacional con el 16% de las ventas totales.

Comunidad Autónoma	Output/%	Output	Empleo/%	Empleo	Capital/%	Capital	Materias Primas/%	Materias Primas
ANDALUCÍA	2,67%	120876	2,01%	12830	1,02%	1598	5,03%	78440
ARAGÓN	2,33%	105204	3,08%	19652	5,66%	8845	2,60%	40625
CANTABRIA	1,06%	47732	1,29%	8225	0,66%	1026	0,74%	11476
CASTILLA LA MANCHA	0,77%	34864	0,56%	3571	1,78%	2779	1,35%	21114
CASTILLA Y LEÓN	3,73%	168468	6,31%	40200	9,55%	14910	3,67%	57207
CATALUÑA	66,66%	3012558	57,10%	363801	46,36%	72398	61,88%	965789
COMUNIDAD DE MADRID	16,92%	764441	19,42%	123753	24,31%	37965	16,73%	261052
COMUNIDAD VALENCIA	0,03%	1459	0,04%	227	0,00%	5	0,07%	1031
EXTREMADURA	0,10%	4739	0,08%	517	0,08%	130	0,13%	1964
GALICIA	2,66%	120142	4,19%	26727	4,76%	7441	4,52%	70597
NAVARRA	0,91%	41247	1,96%	12514	1,88%	2942	0,78%	12178
PAÍS VASCO	0,79%	35872	1,41%	9008	1,43%	2230	0,76%	11881
PRINCIPADO DE ASTURIAS	0,32%	14661	0,64%	4060	0,51%	800	0,47%	7329
REGIÓN DE MURCIA	1,04%	46873	1,89%	12045	1,99%	3110	1,29%	20145
TOTAL NACIONAL	100,00%	4519136	100,00%	637130	100,00%	156179	100,00%	1560828

Tabla 1 - Producción, gasto en empleo, en capital y en materias primas en miles de euros y porcentaje por Comunidades Autónomas en el sector de estudio en 2020.

Fuente: Base de datos. Elaboración propia.. Herramienta: Excel

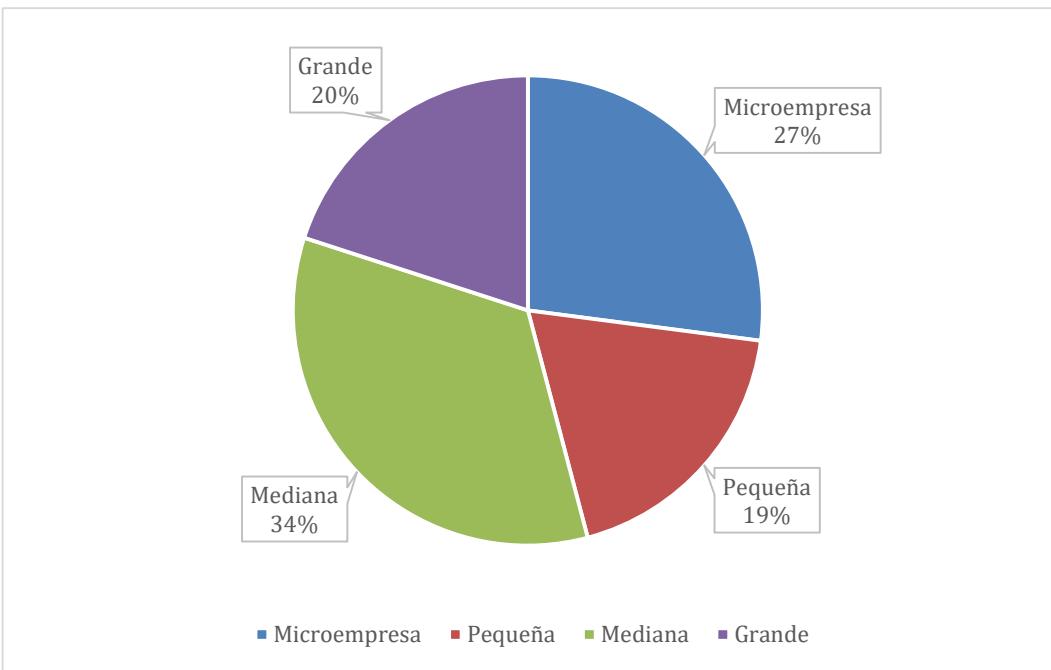
Viendo que la distribución de la empresas de este subsector es muy desigual dentro del territorio nacional, voy a clasificar la totalidad de las empresas por su tamaño siguiendo el criterio establecido por el Reglamento (UE) nº651/2014 de la Comisión Europea (Tabla 2), usando el criterio ‘Volumen de negocio’ (ventas).

Clasificación de empresa	Trabajadores	Volumen de negocio	Balance general
Microempresa	<250	≤2.000.000€	≤2.000.000€
Pequeña	<50	≤10.000.000€	≤10.000.000€
Mediana	<10	≤50.000.000€	≤43.000.000€
Grande	>250	>50.000.000€	>43.000.000€

Tabla 2 - Criterio de clasificación de empresas UE. Fuente: Reglamento (UE)

nº651/2014 CE. Elaboración propia.

En el Gráfico 7 se refleja que este subsector no cumple una de las características fundamentales de la economía española que es la predominancia de microempresas y empresas pequeñas en el tejido empresarial. En esta industria el 20% de las empresas son grandes, un 34% son medianas, un 19% pequeñas y un 27% son microempresas.



*Gráfico 7 - Distribución de las empresas por tamaño. Fuente: Base de datos.*

*Elaboración propia. Herramienta: Excel.*

Esta característica es clave para entender el funcionamiento de gran parte de las empresas de este sector, ya que al ser empresas productoras en su mayoría de activos farmacéuticos necesitan de las economías de escala para poder realizar su actividad. Por otra parte, las empresas grandes presentan una propensión mayor a patentar (fundamental para obtener beneficios extraordinarios) y desarrollar nuevos productos, ambas fruto de la investigación y el desarrollo, que las empresas medianas y pequeñas (Modrego Rico & Barge-Gil, 2019).

#### 4.2. Obtención de la envolvente de datos.

Para estimar las eficiencias de las empresas se ha utilizado el programa R (R Development Core Team), este programa es un entorno y lenguaje de programación libre diseñado para estadística. Es uno de los programas más frecuentes para el análisis estadístico, la minería de datos o la econometría. El programa permite la implementación de paquetes, librerías y otros, haciéndolo muy versátil y útil. Para desarrollar este trabajo se ha usado el paquete *dearR*, que permite realizar el análisis envolvente de datos (DEA).

Para especificar cualquier función de producción la Teoría Económica recomienda establecer las variables en unidades físicas. Esto resulta complicado materializarlo en la práctica, puesto que habitualmente no se encuentran disponibles estos datos, por lo que

lo usual es medir las variables en unidades monetarias. La función de producción queda de la siguiente manera:

$$V = f(L, K, MP)$$

Con V siendo los ingresos de explotación de las empresa (output), L el gasto en personal, K es el capital (dotación para la amortización del inmovilizado material) y MP es el gasto en materias primas. Las variables están expresadas en miles de euros.

Previamente a realizar el análisis envolvente de datos, he realizado un sencillo análisis descriptivo de las variables empleadas. Se aprecia una diferencia abismal entre la media y la mediana de todas las variables, el valor de la desviación típica también es muy alto. Esto es resultado de la existencia de algunas empresas demasiado grandes en comparación con el resto de empresas de la categoría, de hecho, si se eliminase del estudio la empresa más grande (Bayer) el valor de la desviación típica caería a menos de la mitad.

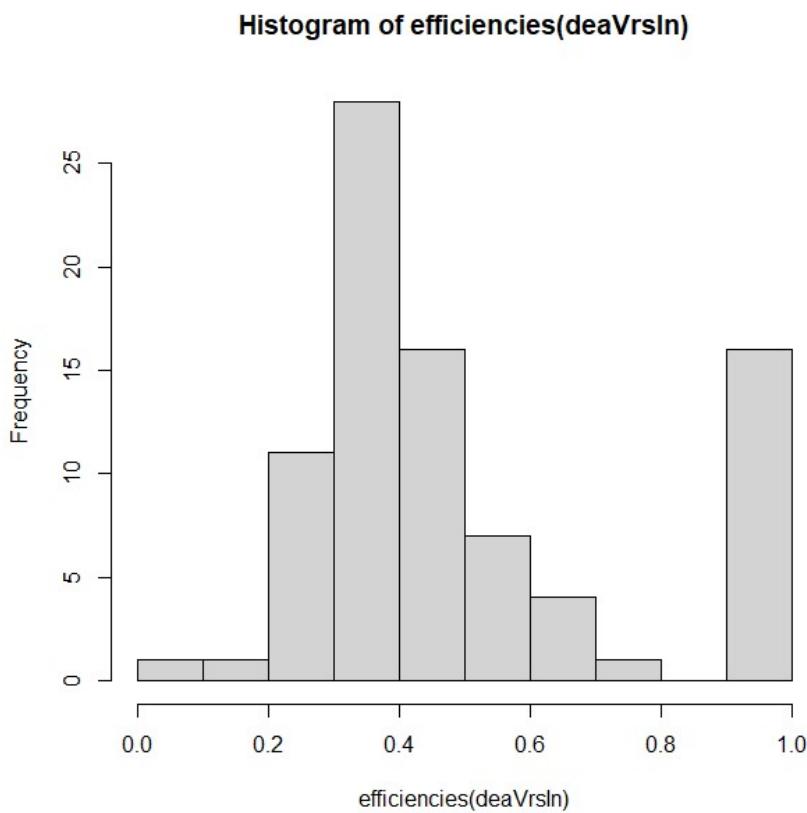
	Output	Inputs		
		Salarios	Capital	Materias Primas
Media	53166,30588	7495,6471	1837,4	18362,68235
Mediana	11622	2523	561	3676
Desv. Típica	180736,3543	12510,186	3046,7991	42149,59858
Mínimo	18	18	1	8
Máximo	1615858	73455	13233	308732

*Tabla 3 - Estadística descriptiva de los datos obtenidos. Fuente: Base de datos.*

*Elaboración propia. Herramienta: Excel.*

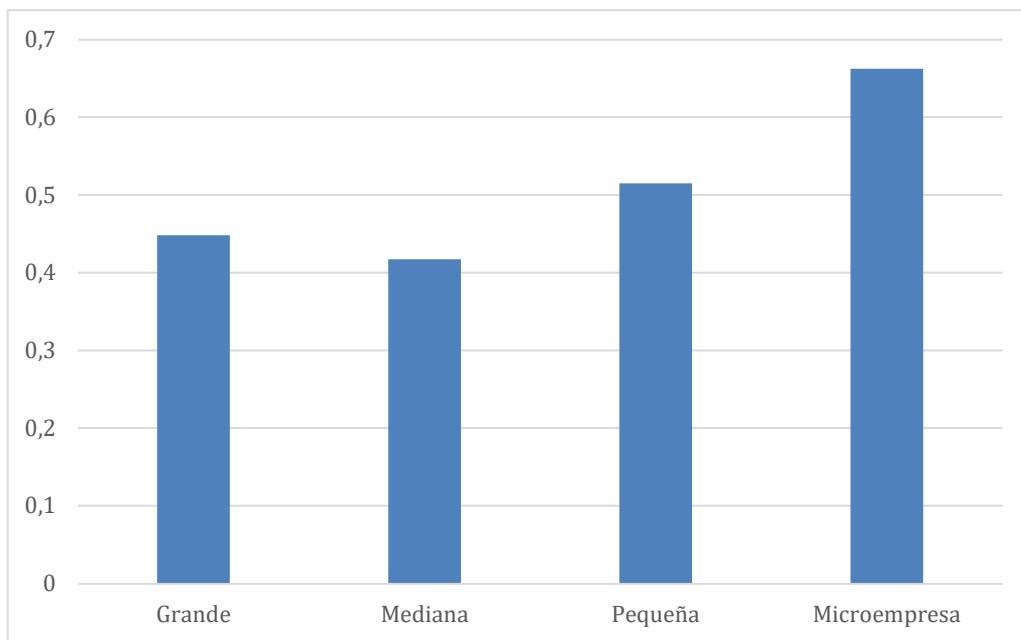
#### 4.3. Eficiencia en la industria farmacéutica española: una aproximación.

El análisis de la envolvente de datos en R permite obtener un valor de eficiencia para cada una de las empresas que se encuentran registradas en la categoría productos farmacéuticos de base. La eficiencia media de la industria es de 0,5080, por tanto, y en media, las empresas de esta industria podrían reducir prácticamente un 50% sus inputs para producir el mismo nivel de output. En el siguiente histograma de frecuencias (Gráfico 8) se plasman los diferentes niveles de eficiencia, y se observa que la mayoría de las empresas se sitúan entre el 0,3 y el 0,6 de eficiencia. También hay un gran grupo que se sitúan en el 1, es decir, hay bastantes empresas que utilizan sus recursos productivos de una manera muy eficiente.



*Gráfico 8 - Histograma de eficiencias. Fuente: Base de datos. Elaboración propia.  
Herramienta: R.*

Como se ha visto previamente la mayor parte de las industrias de este sector se localizan entre Cataluña y Madrid, por lo que, para simplificar el análisis de eficiencia, voy a clasificar las empresas en tres categorías: empresas localizadas en Cataluña, empresas localizadas en Madrid y empresas localizadas en el resto de España. La media de eficiencia de las empresas localizadas en Cataluña es de 0,4732, de las localizadas en la Comunidad de Madrid es de 0,49 y de las localizadas en el resto de España es de 0,5043, no observándose grandes diferencias en eficiencia en función de la localización geográfica de la empresa.



*Gráfico 9 - Distribución de las empresas por tamaño. Fuente: Base de datos.*

*Elaboración propia. Herramienta: Excel*

El Gráfico 9 presenta la eficiencia media por tamaño de empresa, conservando la categorización expuesta previamente. Se puede observar que las microempresas son las empresas más eficientes en este sector, con una eficiencia media de 0,6621. Las empresas pequeñas tienen una eficiencia media de 0,5145, las empresas medianas de 0,4172 y las empresas grandes de 0,4480.

En las siguientes tablas figuran las diez empresas más eficientes (Tabla 4) y las diez empresas menos eficientes (Tabla 5). Como puede observarse entre las más eficientes aparecen cuatro empresas catalanas, tres madrileñas, una aragonesa, una vasca y una castellana. Es normal, que, por número de empresas ubicadas, Cataluña lidere este ranking. Sólo dos de estas empresas son grandes, aunque son muy importantes puesto que son las dos empresas que más output producen de todo el sector.

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>COMUNIDAD AUTÓNOMA</b>
BAYER HISPANIA SL	Grande	CATALUÑA
PHARMA MAR SA	Grande	COMUNIDAD DE MADRID
VECTEM SA	Mediana	CATALUÑA
ADVANCED ORGANIC MATERIALS IBERICA SA.	Microempresa	COMUNIDAD DE MADRID
CITOSPIN SL	Microempresa	CASTILLA Y LEÓN
PRODUCTOS LAGO SL.	Microempresa	CATALUÑA
PROFESIONALES FARMACEUTICOS SL.	Microempresa	COMUNIDAD DE MADRID
BIOMECHANICA Y ERGONOMIA SOCIEDAD LIMITADA	Microempresa	PAÍS VASCO
ENOC SOLUTIONS SL.	Microempresa	CATALUÑA
TECHNOMED & ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOCIEDAD LIMITADA.	Microempresa	ARAGÓN

*Tabla 4 - Empresas más eficientes del sector incluyendo su tamaño. Fuente: Base de datos. Elaboración propia.*

Las empresas menos eficientes (Tabla 5) se sitúan geográficamente de una manera similar que las más eficientes. Señalar que la empresa Hygiene Care ha cerrado a fecha de la elaboración de este trabajo, tras haber cesado su actividad meses atrás.

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>COMUNIDAD AUTÓNOMA</b>
ROLABO OUTSOURCING S.L.	Mediana	ARAGÓN
ADL BIOPHARMA SL.	Mediana	CASTILLA Y LEÓN
DUKE CHEM SA	Mediana	CATALUÑA
SYNTTHON HISPANIA SL	Grande	CATALUÑA
QUIMICA SINTETICA SA	Grande	COMUNIDAD DE MADRID
LONZA BIOLOGICS PORRIÑO SL	Grande	GALICIA
MAYOLY SPINDLER ESPAÑA SL.	Microempresa	CATALUÑA
TECSOLPAR SA	Microempresa	PRINCIPADO DE ASTURIAS
HYGIENE CARE COMPANY SL	Microempresa	ARAGÓN
ARCHIVEL FARMA SL	Microempresa	CATALUÑA

*Tabla 5 - Empresas menos eficientes del sector incluyendo su tamaño. Fuente: Base de datos. Elaboración propia.*

## 5. Análisis de la eficiencia

### 5.1. ¿La inversión en investigación y desarrollo afecta a la eficiencia?

#### Modelo 1

Uno de los puntos fuertes de este sector, como se ha explicado en los primeros apartados, es su gran esfuerzo inversor, siendo el segundo subsector industrial que más invierte en investigación y desarrollo como porcentaje de su cifra de negocios. Por esta razón voy a determinar, con un sencillo análisis econométrico, si las empresas más eficientes son aquellas que más inversión en investigación y desarrollo realizan. Considero, como aproximación, que el cociente entre capital y ventas ( $K/V$ ) es una “proxy” del gasto en inversión.

$$E_i = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{K}{V} \right) + u_i$$

Donde:

- $E_i$  = eficiencia.
- $\beta$  = beta.
- $\left( \frac{K}{V} \right)$  = cociente de las variables capital y ventas.
- $u_i$  = perturbación aleatoria.

La estimación de ese modelo da los siguientes resultados:

Modelo 1					
I+D: MCO, usando las observaciones 1-85					
Variable dependiente: Ef					
coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p		
<hr/>					
const	0.575060	0.0308405	18.65	2.04e-031	***
KV	-0.997486	0.254655	-3.917	0.0002	***

Tabla 6 - Modelo 1 MCO. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta:

Gretl.

El modelo estimado resultaría:

$$E_i = 0.575060 - 0.997486 \left( \frac{K}{V} \right)$$

Para comprobar si este modelo es apropiado para analizar lo propuesto voy a realizar un chequeo a este modelo.

- Contraste de hipótesis.

El contraste de hipótesis sirve para validar si una estimación se ajusta a los valores poblacionales, es decir, que si la estimación se adapta a la realidad de una manera confiable. El contraste de hipótesis tiene una hipótesis nula y otra alternativa.

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_A: \beta \neq 0$$

Contraste de hipótesis para el Modelo 1.

Estadístico de contraste:  $F(1, 83) = 15.3429$ , con valor  $p = 0.000183289$

*Tabla 7 - Contraste de hipótesis para Modelo 1. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El  $p$ -valor = 0.000183289 es menor que 0,05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula.  $\beta$  es individualmente significativa.

- Contraste de heterocedasticidad de White y de Breusch-Pagan.

La heterocedasticidad se da cuando las varianzas de los residuos ( $u$ ) no permanecen constantes, por lo que la variabilidad es diferente en todas las observaciones. Si existen problemas de heterocedasticidad se darán las siguientes consecuencias:

- Los estimadores no serán eficientes ni ELIO.
- El estimador MCO de  $\sigma^2$  será sesgado y por ello se obtendrán unos estimadores sesgados con las varianzas y covarianzas de los estimadores MCO de los betas.

- El uso de los estadísticos de contraste t y F para contraste de hipótesis no serán válidos.

El contraste de White es el más común. Se trata de determinar si las variables explicativas, sus cuadrados y todos sus diferentes cruces posibles son útiles para evaluar la evolución del error al cuadrado. Sus hipótesis son las siguientes:

$$H_0: \text{homocedasticidad}.$$

$$H_A: \text{heterocedasticidad}.$$

Contraste de Heterocedasticidad de White para el modelo 1.
--

Estadístico de contraste: $\text{TR}^2 = 4.692174$ , con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 4.692174) = 0.095743$
---

*Tabla 8 - Contraste de White para Modelo 1. Fuente: Base de datos. Elaboración*

*propia. Herramienta: Gretl.*

Se acepta la hipótesis nula de homocedasticidad, los residuos de la regresión son homocedásticos. El p-valor (0.095743) es mayor que el nivel de significatividad (0,05).

El contraste de Breusch-Pagan sirve para saber si la varianza estimadas de los residuos de una regresión depende de las variables independientes. Las hipótesis coinciden con las especificadas para el contraste de White.

Contraste de Heterocedasticidad de Breusch-Pagan para el modelo 1.
--

Estadístico de contraste: $\text{LM} = 0.337046$ , con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(1) > 0.337046) = 0.561539$
---

*Tabla 9 - Contraste de Breusch - Pagan para Modelo 1. Fuente: Base de datos*

*Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

Se acepta la hipótesis nula ya que el p-valor (0.561539) es mayor que el nivel de significatividad (0,05). No hay problemas de heterocedasticidad en este modelo.

- Contraste de Normalidad (Jarque-Bera).

El contraste de Normalidad es utilizado para conocer si las perturbaciones aleatorias se distribuyen según una distribución normal. Si se incumpliese la condición de Normalidad

los estimadores MCO serán ELIO, pero no eficientes y no se podrá decir que la distribución muestral sea normal. . Las hipótesis de este contraste serán las siguientes:

$$H_0: \text{normalidad de los residuos.}$$

$$H_A: \text{no } H_0$$

Contraste de Normalidad de Jarque-Bera para el modelo 1.
--

Contraste de Jarque-Bera = 17.6685, con valor p 0.000145661
---

*Tabla 10 - Contraste Jarque-Bera para Modelo 1. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (0.000145661) es menor que el nivel de significatividad (0,05), por lo que existen problemas de normalidad.

- Contraste para la forma funcional: contraste Reset de Ramsey.

El contraste Reset de Ramsey sirve para comprobar si la forma funcional es adecuada o no, contrasta si la relación entre las variables es lineal o no lo es. Las hipótesis de este contraste serán las siguientes:

$$H_0: \text{relación lineal.}$$

$$H_A: \text{relación no lineal.}$$

Contraste Reset de Ramsey para el modelo 1.
---

Estadístico de contraste: F = 8.021988, con valor p = P(F(2,81) > 8.02199) = 0.000663
--

*Tabla 11 - Contraste Reset de Ramsey para Modelo 1. Fuente: Base de datos.*

*Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (0.000663) es menor que el nivel de significatividad individual (0,05) por lo que se rechaza la hipótesis nula de linealidad, podemos concluir que la forma funcional no es adecuada.

Modelo 2

Al no haber superado este modelo el chequeo (el contraste Reset de Ramsey nos indica que la forma funcional es incorrecta) estimaré el siguiente modelo (Modelo 2) generando una variable ficticia para distinguir las empresas con mayor propensión inversora y las que tienen menor propensión inversora. Para realizar esta clasificación he calculado la mediana del cociente entre capital y ventas (aproximación al esfuerzo inversor), las empresas de la mitad superior son clasificadas como más propensamente inversoras, tomando valor 1 estas y las de la mitad inferior como menos propensamente inversoras, tomando valor 0.

$$E_i = \beta_0 + \beta_1 PI + u_i$$

- $E_i$  = eficiencia.
- $\beta$  = beta.
- $PI$  = variable ficticia que recoge a las empresas propensamente inversoras.
- $u_i$  = perturbación aleatoria.

La estimación de ese modelo da los siguientes resultados:

Modelo 2					
Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-85					
Variable dependiente: Ef					
coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p		
<hr/>					
const	0.609621	0.0359133	16.97	1.00e-028 ***	
PI	-0.205633	0.0510905	-4.025	0.0001 ***	

Tabla 12 - Modelo 2 MCO. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.

El modelo estimado resultaría:

$$E_i = 0.609621 - 0.205633PI$$

Chequeo del modelo:

- Contraste de hipótesis.

Contraste de hipótesis para el Modelo 2.

Estadístico de contraste:  $F(1, 83) = 16.1997$ , con valor  $p = 0.00012532$

*Tabla 13 - Contraste de hipótesis para Modelo 2. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El  $p$ -valor = 0.00012532 es menor que 0,05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula.  $\beta$  es individualmente significativa.

- Contraste de Heterocedasticidad de White y de Breusch-Pagan.

Contraste de Heterocedasticidad de White para el modelo 2.

Estadístico de contraste:  $TR^2 = 1.231805$ ,  
con valor  $p = P(\text{Chi-cuadrado}(1) > 1.231805) = 0.267056$

*Tabla 14 - Contraste de White para Modelo 2. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

Se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, los residuos de la regresión son heterocedásticos. El  $p$ -valor (0.267056) es mayor que el nivel de significatividad (0,05).

Para solucionar este problema de heterocedasticidad es la estimación del modelo por el método de desviaciones típicas robustas. Al ser la muestra pequeña no existirán datos anómalos (en este caso la empresa Bayer puede distorsionar un poco la muestra, ya que es mucho más grande que el resto de competidoras), no obstante la muestra es muy pequeña (85 empresas) y estimaré la regresión aplicando desviaciones típicas robustas:

Estimación robusta del Modelo 2.

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-85

Variable dependiente: Ef

Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HC1

coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	0.609621	0.0390236	15.62	1.94e-026 ***
PI	-0.205633	0.0509804	-4.034	0.0001 ***

const	0.609621	0.0390236	15.62	1.94e-026 ***
PI	-0.205633	0.0509804	-4.034	0.0001 ***

*Tabla 15 – Estimación robusta para Modelo 2. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

Basándonos en la estimación robusta (MCO) del modelo 2 podemos observar que aquellas empresas con mayor esfuerzo inversor, en concreto cuyo cociente entre capital y ventas es mayor que la mediana, tienen unos índices de eficiencia menores.

Esta consecuencia, que a priori puede parecer contradictoria, tiene su sentido en términos económicos: dado que estoy considerando la eficiencia como maximización de output con un input dado, puede ocurrir que aquellas empresas menos inversoras salgan mejor paradas en el análisis.

### 5.2. ¿Ubicarse en un polo industrial afecta a la eficiencia?

Como se ha visto previamente, la mayor parte de las empresas de esta industria se sitúan entre la Comunidad de Madrid (16% del output total) y, sobre todo, en Cataluña (66%). Esta centralización de las empresas de este sector en prácticamente dos polos puede explicarse mediante el concepto de economías de aglomeración. La aglomeración (ubicación próxima de empresas competidoras) se da debido a los ahorros en costes y ventajas que ofrece. El padre de esta rama de la economía fue Marshall, que ya en 1890 estudió concretamente los motivos de la concentración de las empresas industriales en la geografía. Este autor distingue entre ciudades manufactureras y distritos industriales: un distrito industrial es aquel lugar donde se concentran pequeñas manufacturas todas similares entre ellas y que pueden ser unas intermediarias de las otras. Este distrito industrial, a pesar de que las empresas sean pequeñas y presentes rendimientos crecientes a escala, ofrece externalidades positivas que hacen mejorar la eficiencia productiva de las empresas (reducción de los costes de producción). Para Marshall estos rendimientos crecientes proporcionados por estas externalidades positivas vienen por tres motivos: se genera un mercado de trabajo conjunto especializado muy competitivo, el intercambio de insumos es muy sencillo y existen en esta zona derrames de conocimiento y de tecnología. No obstante Duranton y Puga (2004) ofrecen tres explicaciones interconectadas para las economías de aglomeración:

- Compartimiento (sharing): para estos autores las aglomeraciones urbanas ofrecen facilidades para compartir costes (de infraestructuras, por ejemplo) y de servicios ‘sujetos a indivisibilidades’. Además, y en relación con la existencia de la aglomeración urbana, existe la posibilidad de intercambiar muchos más insumos

intermedios, haciendo que existan rendimientos crecientes por esta vía. No se ha de olvidar algo de lo propuesto por Marshall: la existencia de un mercado de trabajo compartido, es decir, existirá una gran cantidad de trabajadores formados en esta industria polarizada.

- Emparejamiento (matching): plantean que la aglomeración industrial favorece a la ‘probabilidad esperada de los emparejamientos y la calidad de estos en el mercado laboral’.
- Aprendizaje (learning): demuestran que estos polos industriales hacen que los conocimientos necesarios se distribuyan mucho mejor y de una manera más sencilla que en caso de no existir el polo industrial.

A priori, y basándome en los resultados que se observan descriptivamente en la página 20, no existen diferencias significativas en eficiencia situándose en un polo industrial o no. Aun así, voy a intentar determinar econométricamente si el hecho de que una empresa farmacéutica esté ubicada o en Cataluña o en Madrid o en el resto de España afecta de una manera directa en la eficiencia de las empresas:

### Modelo 3

Con este modelo se pretende explicar si la empresa al estar situada en un polo industrial es más eficiente que si no lo está. Planteo un modelo en que la variable a explicar es la eficiencia y la variable explicativa es una variable ficticia, llamada Aglomeración (A) que tomará valor 1 si la empresa se sitúa en Madrid o Cataluña y 0 si se sitúa en el resto de España:

$$E_i = \beta_0 + \beta_1 A + u_i$$

- $E_i$  = eficiencia.
- $\beta$  = beta.
- $A$  = variable ficticia que recoge a las empresas ubicadas en la Comunidad de Madrid y en Cataluña.
- $u_i$  = perturbación aleatoria.

Modelo 3					
Modelo 3: MCO, usando las observaciones 1-85					
Variable dependiente: $E_i$					
coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p		
const	0.566259	0.0480244	11.79	2.02e-019 ***	
A	-0.0868571	0.0586454	-1.481	0.1424	

*Tabla 16 - Modelo 3 MCO. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El modelo estimado quedará:

$$E_i = 0.566259 - 0.0868571A + u_i$$

- Contraste de hipótesis.

Contraste de hipótesis para el Modelo 3.
Estadístico de contraste: F(1, 83) = 2.19352, con valor p = 0.142378

*Tabla 17 - Contraste de hipótesis para Modelo 3. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor = 0.142378 es mayor que 0,05, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula en el nivel de significatividad 0,05. Sin embargo, este p-valor si que es menor que el nivel de significatividad 0,15, así que pertenecer a una aglomeración industrial (Cataluña o Madrid) afecta muy escasamente al nivel de eficiencia.

- Contraste de heterocedasticidad de White y de Breusch-Pagan.

Contraste de Heterocedasticidad de White para el modelo 3.
Estadístico de contraste: TR^2 = 1.952931, con valor p = P(Chi-cuadrado(1) > 1.952931) = 0.162271

*Tabla 18 - Contraste de White para Modelo 3. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (0.162271) es mayor que el nivel de significatividad 0,05, no se rechaza la hipótesis nula del contraste de White, por lo que el modelo es homocedástico.

Contraste de Heterocedasticidad de Breusch-Pagan para el modelo 3.
Estadístico de contraste: LM = 1.683690, con valor p = P(Chi-cuadrado(1) > 1.683690) = 0.194435

*Tabla 19 - Contraste de Breusch - Pagan para Modelo 3. Fuente: Base de datos  
Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (0.194435) es mayor que el nivel de significatividad 0,05, no se rechaza la hipótesis nula del contraste de Breusch-Pagan, por lo que el modelo es homocedástico.

No existen problemas de heterocedasticidad en el modelo vistos los contrastes de White y de Breusch-Pagan.

- Contraste de Normalidad (Jarque-Bera).

Contraste de Normalidad de Jarque-Bera para el modelo 3.
Contraste de Jarque-Bera = 13.085, con valor p 0.0014409

*Tabla 20 - Contraste Jarque-Bera para Modelo 3. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (0.0014409) es menor que el nivel de significatividad (0,05), por lo que existen problemas de normalidad.

- Contraste para la forma funcional: contraste Reset de Ramsey.

Contraste Reset de Ramsey para el modelo 3.
Estadístico de contraste: F = 0.000000, con valor p = P(F(2,83) > 6.87682e-015) = 1

*Tabla 21 - Contraste Reset de Ramsey para Modelo 3. Fuente: Base de datos.  
Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (1) es mayor que el nivel de significatividad individual (0,05) por lo que se no rechaza la hipótesis nula de linealidad, podemos concluir que la forma funcional es correcta.

En resumen, este modelo supera el chequeo a excepción del contraste de normalidad, por ello, los estimadores son ELIO, pero no eficientes.

#### Modelo 4

Ahora voy a estudiar los dos polos industriales por separado, es decir, si situarse en Cataluña o en la Comunidad de Madrid, de manera independiente, supone una mejora de eficiencia que situarse en el resto de España. Generaré dos variables ficticias: la variable ficticia AC que tomará valor 1 cuando las empresas se sitúen en Cataluña y valor 0 cuando las empresas se sitúen en el resto de España y la variable ficticia AM que tomará valor 1 cuando las empresas se sitúen en Madrid y valor 0 cuando las empresas se sitúen en el resto de España. El modelo será:

$$E_i = \beta_0 + \beta_1 AC + \beta_2 AM + u_i$$

- $E_i$  = eficiencia.
- $\beta$  = beta.
- $AC$  = variable ficticia que recoge a las empresas ubicadas en Cataluña.
- $AM$  = variable ficticia que recoge a las empresas ubicadas en Madrid.
- $u_i$  = perturbación aleatoria.

#### Modelo 4

Modelo 4: MCO, usando las observaciones 1-85

Variable dependiente:  $E_i$

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
<hr/>				
const	0.566259	0.0480343	11.79	2.45e-019 ***
AC	-0.108428	0.0626290	-1.731	0.0872 *
AM	-0.0361024	0.0781507	-0.4620	0.6453

Tabla 22 - Modelo 4 MCO. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.

El modelo estimado quedará:

$$E_i = 0.566259 - 0.108428AC - 0.0361024AM + u_i$$

- Contraste de hipótesis.

Contraste de hipótesis para el Modelo 4.

Estadístico de contraste:  $F(2, 82) = 1.57929$ , con valor  $p = 0.212326$

*Tabla 23 - Contraste de hipótesis para Modelo 4. Fuente: Base de datos. Elaboración*

*propia. Herramienta: Gretl.*

El  $p$ -valor = 0.212326 es mayor que 0,05, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula en el nivel de significatividad 0,05. Este valor también es mayor en los niveles de significatividad 0,10 y 0,15, pertenecer a Cataluña o Madrid de manera conjunta no tiene impacto sobre la eficiencia. Veamos individualmente:

El contraste individual para Cataluña arroja un  $p$ -valor de 0.0871644 que aunque es mayor que el nivel de significatividad 0,05 si que es menor ante los niveles 0,10 y 0,15, a esos niveles se rechaza la hipótesis nula, la variable es significativa. Situarse en Cataluña afecta a la eficiencia.

Por el contrario, el contraste individual para Madrid, proporciona un  $p$ -valor de 0.645334, no rechazándose la hipótesis nula, la variable no es significativa. Situarse en Madrid no afecta a la eficiencia.

- Contraste de heterocedasticidad de White y de Breusch-Pagan.

Contraste de Heterocedasticidad de White para el modelo 4.

Estadístico de contraste:  $TR^2 = 3.344488$ ,

con valor  $p = P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 3.344488) = 0.187825$

*Tabla 24 - Contraste de White para Modelo 4. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El  $p$ -valor (0.187825) es mayor que el nivel de significatividad 0,05, no se rechaza la hipótesis nula del contraste de White, por lo que el modelo es homocedástico.

Contraste de Heterocedasticidad de Breusch-Pagan para el modelo 4.

Estadístico de contraste: LM = 2.812011,

con valor p = P(Chi-cuadrado(2) > 2.812011) = 0.245120

*Tabla 25 - Contraste de Breusch - Pagan para Modelo 4. Fuente: Base de datos*

*Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (0.245120) es mayor que el nivel de significatividad 0,05, no se rechaza la hipótesis nula del contraste de Breusch-Pagan, por lo que el modelo es homocedástico.

No existen problemas de heterocedasticidad en el modelo vistos los contrastes de White y de Breusch-Pagan.

- Contraste de Normalidad (Jarque-Bera).

Contraste de Normalidad de Jarque-Bera para el modelo 4.

Contraste de Jarque-Bera = 12.2995, con valor p 0.00213397

*Tabla 26 - Contraste Jarque-Bera para Modelo 4. Fuente: Base de datos. Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (0.00213397) es menor que el nivel de significatividad (0,05), por lo que existen problemas de normalidad.

- Contraste para la forma funcional: contraste Reset de Ramsey.

Contraste Reset de Ramsey para el modelo 4.

Estadístico de contraste: F = 0.000000,

con valor p = P(F(2,82) > 0) = 1

*Tabla 27 - Contraste Reset de Ramsey para Modelo 4. Fuente: Base de datos.*

*Elaboración propia. Herramienta: Gretl.*

El p-valor (1) es mayor que el nivel de significatividad individual (0,05) por lo que se no rechaza la hipótesis nula de linealidad, podemos concluir que la forma funcional es correcta.

En resumen, este modelo supera el chequeo menos el contraste de normalidad, los estimadores son ELIO, pero no eficientes. El resultado del análisis de relación entre

variables es muy débil para los dos modelos, pero parece indicar que no existe relación entre situación geográfica y la eficiencia de las empresas.

## 6. Conclusiones

Este trabajo comienza presentando una panorámica general de la industria farmacéutica española, y considerando su impacto en el cómputo total de la economía española mediante las variables producción, empleo, comercio exterior, inversión en investigación, estructura poblacional y regulación. A continuación, y utilizando la base de datos SABI, he obtenido los índices de eficiencia de las empresas fabricantes de productos farmacéuticos de base. Tras realizar un análisis descriptivo, he realizado dos estudios econométricos básicos para conocer el impacto de determinadas variables en la eficiencia:

- En un primer estudio he estudiado si la propensión inversora en investigación y desarrollo tiene afección directa sobre la eficiencia.
- En un segundo estudio he considerado si el pertenecer a un ‘polo industrial’ afecta a la eficiencia de las empresas.

Las principales conclusiones del trabajo son las siguientes:

- El sector tiene una limitada relevancia en la economía española. No obstante, y considerando el impacto social que tiene, ha de ser tomado como tal. Es un sector muy inversor en investigación y desarrollo, y ofrece empleos muy productivos y de mucha calidad. España tiene todavía capacidad de mejora en la producción, puesto que posee déficit comercial.
- El sector está muy regulado. Aun existiendo numerosos resortes legales para garantizar la salud de los ciudadanos siguen existiendo grandes asimetrías en la información que deben ser solucionadas a nivel global. La sociedad española va a ser cada vez más vulnerable ante este sector, dadas las características poblacionales existentes.
- La eficiencia media del sector es de 0,508. Esto indica gran capacidad de mejora en ajustes, ya sea de por el input o por el output. Posiblemente el gran esfuerzo inversor que realizan las empresas sea determinante en esta mediocre eficiencia. Existen dos polos industriales, es decir, la mayoría de las empresas del sector se ubican en dos lugares. Dentro de estos polos destaca claramente el catalán, ubicándose allí aproximadamente el 60% de las empresas. El modelo empresarial

del sector es muy diferente al que presenta la economía española: gran parte de las empresas son grandes y medianas, al contrario que en el resto de los sectores donde destacan las empresas pequeñas y microempresas.

- El primer análisis econométrico estudia la relación entre inversión en I+D y eficiencia. Ha concluido que las empresas que más inversión en investigación realizan son relativamente más ineficientes. Obviamente, estos resultados se deben interpretar con precaución porque, por ejemplo, podrían cambiar si se utilizan variables que midan con mayor precisión el esfuerzo en I+D de las empresas.
- El segundo análisis econométrico trataba de explicar si situarse en un polo industrial afectaba a la eficiencia. La relación entre variables de este caso es muy débil, lo que parece indicar que no existen gran impacto de la ubicación en la eficiencia de las empresas.

## 7. Bibliografía

- Aldecoa-Fuster, J. I. (2022). *La industria farmacéutica española*. Barcelona: CaixaBank Research.
- Álvarez-Pinilla, A. (2001). Concepto y medición de la eficiencia productiva. En A. Á.-P. (Coordinador), *La medición de la eficiencia y la productividad* (págs. 19 - 37). Madrid: Pirámide.
- Bureau van Dijk. (2022). *Sistema de Análisis de Balances Ibéricos (SABI - Base de Datos)* . Obtenido de <https://login.bvdinfo.com/R0/SabiNeo>
- Comisión Europea. (2014). Reglamento (UE) nº651/2014.
- Córdova León, J., & Alberto, C. (2018). Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo. *Revista ingeniería de construcción* 33 (1), 69-82. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732018000100069#aff1](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000100069#aff1)
- Duranton, G., & Puga, D. (2003). Micro-foundations of urban agglomeration economies. *Nber Working Paper 9931*.
- Farmaindustria. (2020). *Memoria anual*.
- Farmaindustria. (2021). *Memoria anual*.
- Farmaindustria. (2021). *Patentes: por qué son imprescindibles para impulsar la investigación de nuevos medicamentos*. Obtenido de [https://www.farmaindustria.es/web/wp-content/uploads/sites/2/2021/10/FarmaIndustria\\_octubre\\_patentes-V2.pdf](https://www.farmaindustria.es/web/wp-content/uploads/sites/2/2021/10/FarmaIndustria_octubre_patentes-V2.pdf)
- Farrell, M.-J. (1957). The Measurement of productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 253 - 290.
- Fernández Santos, Y., Martínez Campillo, A., & Fernández Fernández, J. M. (2013). Evaluación de la eficiencia y el cambio de productividad en el sistema universitario español tras la implantación de la LOU. *Hacienda Pública Española / Review of Public Economics*, 71-98.
- Gutiérrez, E., & Lozano, S. (2010). Data Envelopment Analysis of multiple response experiments. *Applied Mathematical Modelling* vol.34, 1139-1148.
- Ibáñez de Aldecoa Fuster, J. (19 de Abril de 2022). La industria farmacéutica española. *Informe Sectorial Industria Manufacturera*, págs. 25-32. Obtenido de

- <https://www.caixabankresearch.com/es/industria/abril-2022/industria-manufacturera>
- Instituto Nacional de Estadística. (2020). Contabilidad Nacional Anual de España. Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística. (2021). Tasa de natalidad y mortalidad y esperanza de vida en España. Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística. (2022). Gasto en innovación por ramas de actividad, tipo de gasto y tamaño de la empresa.
- Iturribarri Pérez, H. (2007). *Economías de aglomeración y externalidades del capital humano en las áreas metropolitanas de México*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Lobo, F. (2019). La industria farmacéutica en la actualidad: un vistazo a sus características. *Papeles de Economía Española*, 2 - 13.
- Marshall, A. (1890). *Principes of Economics*.
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2022). Informes de Comercio.
- Modrego Rico, A., & Barge-Gil, A. (2019). La I+D en el sector farmacéutico en el período 2003-2015. *Papeles de Economía Española - Medicamentos, innovación tecnológica y economía*, 76 - 93.
- Rodríguez-Nozal, R. (2021). Desarrollo histórico de la industria farmacéutica en España con anterioridad a la transición. *ANALES RANF Real Academia Nacional de Farmacia*, 323 - 330.
- Real Decreto Legislativo 1/2015, de 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios. (25 de 07 de 2015). *Boletín Oficial del Estado nº177*.
- Sánchez Martínez, S. (2020). Análisis Económico de la Industria Farmacéutica en España. *Universidad Politécnica de Cartagena*.
- Sánchez, P. L. (2019). La innovación y la industria farmacéutica en España. *Papeles de Economía Española*, 64-75.
- Sánchez-Vallejo, M. (2 de Septiembre de 2021). La justicia de EE UU pone fin al contencioso contra Purdue Pharma por la crisis de los opioides. *El País*. Obtenido de <https://elpais.com/sociedad/2021-09-01/la-justicia-de-ee-uu-pone-fin-al-contencioso-contra-purdue-pharma-por-la-crisis-de-los-opioides.html>
- Social, I. N. (6 de Septiembre de 2022). Afiliación a la Seguridad Social en la Industria Farmacéutica - Agosto 2012 - 2022.

Tait, K. (1998). Industria farmacéutica. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, 79.2 - 79.10.

Trívez-Bielsa, J. (2004). *Introducción a la Econometría*. Zaragoza: Pirámide.

Villa Caro, G. (2003). *Análisis por Envoltura de Datos: Nuevos Modelos y Aplicaciones*. Sevilla: Universidad de Sevilla.