



Universidad de Valladolid

**FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**

Grado en Economía

TRABAJO FIN DE GRADO

**INFLUENCIA DEL GASTO EN I+D EN EL
CRECIMIENTO DE LAS EMPRESAS**

Presentado por Miguel García Rico

Tutelado por Yolanda González González

Valladolid, 29 de junio de 2023

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1. Contexto y justificación.	1
1.2. Objetivos de la investigación.	2
2. Definición de crecimiento y factores de influencia.....	3
2.1. Concepto de crecimiento empresarial.	3
2.2. Factores que influyen en el crecimiento empresarial.....	4
2.2.1. La I+D como factor determinante de crecimiento empresarial.	5
3. Muestra y variables.	7
3.1 Descripción de la muestra de empresas.....	7
3.2. Variables utilizadas en el estudio.	8
4. Metodología	11
4.1 Relación entre las variables	13
4.2. Modelo MCO 1.....	17
4.3. Modelo MCO 2. Transformación logarítmica.	22
4.4. Modelo MCO 3. Introducción de variables ficticias.....	25
4.5. Modelo robusto MCO 1.	29
4.6. Modelo MCO 1: Reducción de la muestra a US.....	32
4.7. Modelo MCO 2: Reducción de la muestra US con transformación logarítmica.	34
5. Conclusiones del estudio.....	36
5.1. Síntesis de los resultados.	36
5.2. Implicaciones y limitaciones del estudio.	39
5.3. Recomendaciones para futuras investigaciones.	41
6. Referencias bibliográficas.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.2.1. Valores medios y estadísticos descriptivos de las variables del modelo. *(Pg. 10)*

Tabla 3.2.2. Correlaciones de las variables. *(Pg. 11)*

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1.1. Sectores empresariales en términos porcentuales. *(Pg. 8)*

Gráfico 4.1.1. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) e Intensidad empleada en I+D (R&D 2019). *(Pg. 14)*

Gráfico 4.1.2. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) y Ventas Netas (Net Sales). *(Pg. 14)*

Gráfico 4.1.3. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) y Gasto en Capital (Capex). *(Pg. 15)*

Gráfico 4.1.4. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) y Ganancias antes de Intereses e Impuestos (Op. Profits). *(Pg. 15)*

Gráfico 4.1.5. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) y Número de Empleados (Employees). *(Pg. 16)*

Resumen¹

El presente estudio tiene como objetivo principal examinar cómo el I+D (Investigación y Desarrollo) afecta en el crecimiento empresarial. El I+D está reconocido en la actualidad como un factor clave en la generación de innovación y competitividad en las empresas, pero aún existen interrogantes sobre su impacto real en el crecimiento a largo plazo de las compañías.

El estudio se llevará a cabo mediante una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el tema, así como el análisis estadístico y econométrico de datos cuantitativos y cualitativos de empresas de diferentes sectores y tamaños. Se buscará identificar tendencias y patrones que reflejen la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento empresarial, considerando variables como las ventas netas, el gasto en capital, los beneficios antes de impuestos, el número de empleados y empleando como variable cuantificadora del crecimiento, la capitalización de mercado.

Se espera que los hallazgos contribuyan a promover una mayor inversión en I+D y a desarrollar políticas y estrategias más efectivas para fomentar el crecimiento y la competitividad empresarial a largo plazo.

Abstract

The main objective of this study is to examine how Research and Development (R&D) affects business growth. R&D is widely recognized as a key factor in generating innovation and competitiveness in companies. However, there are still uncertainties regarding its real impact on long-term growth.

The study will be conducted through a comprehensive review of existing literature on the subject, as well as the statistical and econometric analysis of quantitative and qualitative data from companies of different sectors and sizes. The aim is to identify trends and patterns that reflect the relationship between R&D investment and business growth, considering variables such as net sales, capital expenditure, pre-tax profits, number of employees, and using market capitalization as a quantifying measure of growth.

It is expected that the findings will contribute to promoting increased investment in R&D and developing more effective policies and strategies to foster long-term growth and competitiveness in businesses.

¹ Palabras Clave: I+D, crecimiento empresarial, capitalización de mercado, estudio econométrico.

1. Introducción

En un entorno empresarial cada vez más cambiante y competitivo, las organizaciones empresariales se ven obligadas a confrontar el desafío de encontrar formas innovadoras de impulsar su crecimiento manteniendo, a su vez, la ventaja competitiva. En este sentido, la investigación y el desarrollo (I+D) han surgido como la principal solución para fomentar la innovación y suscitar el crecimiento empresarial sostenible a largo plazo.

El I+D se refiere al conjunto de actividades creativas y sistemáticas destinadas a adquirir nuevos conocimientos en lo que comúnmente se conoce como *Era de la Información* y utilizarlos para desarrollar nuevos productos y servicios, así como procesos más eficientes para la producción de los mismos.

1.1. Contexto y justificación.

El estudio sobre la influencia del I+D en el crecimiento empresarial desvela una significativa importancia debido a varias causas.

En primer lugar, la inversión en I+D permite a las empresas mejorar su capacidad de innovación, lo que les permite introducir productos y servicios novedosos en el mercado. Estas innovaciones pueden ayudar a las empresas a marcar la diferencia con sus competidores, generar ingresos mayores y ampliar el número de clientes.

En segundo lugar, el I+D contribuye al desarrollo de nuevas tecnologías y conocimientos que pueden mejorar la operatividad de las empresas en términos de eficiencia. Al invertir en la investigación de procesos y sistemas más eficientes, las organizaciones pueden reducir costes, aumentar su productividad y obtener rentabilidades mayores. Además, estas mejoras en la eficiencia pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente al reducir el uso de determinados recursos, así como reducir las emisiones de carbono.

En tercer lugar, el I+D permite a las empresas adaptarse a los constantes cambios en el entorno empresarial y a posicionarse al frente de la competencia. En un mundo en constante evolución, las organizaciones que no invierten en I+D corren el riesgo de quedarse rezagadas y perder su relevancia y posicionamiento en el mercado. Por lo tanto, comprender cómo el I+D influye en el crecimiento empresarial es fundamental para que las empresas puedan tomar las decisiones estratégicas adecuadas y garantizar su supervivencia a largo plazo.

En resumen, el estudio sobre la influencia del I+D en el crecimiento empresarial es esencial para comprender cómo esta actividad puede impulsar la innovación, promover la sostenibilidad de las organizaciones y mejorar la eficiencia de las mismas. A través del análisis en profundidad de esta relación, se proporcionarán recomendaciones y directrices prácticas para que las empresas puedan aprovechar al máximo su inversión en I+D y lograr un exitoso crecimiento en un entorno empresarial cada vez más desafiante y cambiante.

1.2. Objetivos de la investigación.

1. Analizar la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento empresarial utilizando un modelo econométrico. El objetivo principal es determinar si existe una relación significativa y positiva entre la inversión en I+D y el crecimiento de las empresas.
2. Evaluar el impacto específico de la inversión en I+D en un indicador de crecimiento empresarial, la capitalización de mercado. Además, se evaluará el impacto que tienen otras variables sobre dicho indicador con el objetivo de esclarecer la actuación que deben llevar a cabo las organizaciones para lograr el citado crecimiento empresarial.
3. Analizar las posibles diferencias en la influencia del I+D en el crecimiento empresarial entre diferentes sectores industriales y geográficos. El objetivo es determinar si la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento varía según el tipo de industria o región geográfica y si existen sectores o regiones donde la inversión en I+D tiene un impacto especialmente significativo en el crecimiento.

4. Investigar si el tamaño de la empresa y su capacidad financiera afectan a la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento empresarial. El objetivo es determinar si las empresas con mayores recursos financieros obtienen mayores beneficios a través de la inversión en I+D en comparación con las empresas más pequeñas y con recursos más limitados.
5. Proporcionar directrices y recomendaciones basadas en los hallazgos de la investigación para que las empresas puedan elaborar una ruta de toma de decisiones informadas sobre la inversión en I+D y maximizar su impacto en su crecimiento.

En conjunto, estos objetivos de investigación permitirán obtener una comprensión más profunda de la relación entre el I+D y el crecimiento empresarial, así como ofrecer una guía valiosa, a través de otros indicadores, para que las empresas tomen decisiones estratégicas relacionadas con la inversión en I+D en busca de un crecimiento exitoso y sostenible.

2. Definición de crecimiento y factores de influencia.

Inicialmente, el punto de interés en lo relativo al crecimiento de las empresas recae sobre la forma en la que se puede medir este último. Por este motivo se procede a proporcionar una definición de crecimiento empresarial, así como los factores que influyen en el mismo.

2.1. Concepto de crecimiento empresarial.

El crecimiento empresarial² viene dado por el aumento prolongado en el tiempo de una unidad económica, ya sea simple o compleja. Este incremento se produce a través de cambios en la estructura empresarial, progresos económicos de determinadas variables, como la producción, los ingresos o la capacidad de mercado, y eventualmente, por cambios en el sistema socioeconómico en el que opera la empresa. Este crecimiento puede manifestarse tanto en términos cuantitativos, como el aumento de los activos, ventas o beneficios, como en

² Definición construida a partir de Blázquez et al. (2006).

términos cualitativos, como la expansión geográfica, la diversificación de productos o la adopción de tecnologías avanzadas. El crecimiento empresarial es un objetivo clave para las organizaciones, ya que puede generar mayores oportunidades de empleo, contribuir al desarrollo económico y aumentar el bienestar general.

2.2. Factores que influyen en el crecimiento empresarial.

A lo largo del tiempo, han sido varias las variables explicativas empleadas para explicar el crecimiento empresarial, entre ellas destacan algunas como el valor de mercado, las ventas, el número de empleados, el valor añadido o el valor de producción. *Ardichvili et al. (1998)* clasificaron la investigación empírica del crecimiento como factores de estudios de crecimiento o estudios de procesos de crecimiento y llevaron a cabo un análisis de la literatura académica elaborando una lista de indicadores entre los que se encuentran los mencionados previamente. Sin embargo, existe un consenso generalizado en marcar las ventas y/o la capitalización de mercado como las variables más adecuadas para llevar a cabo la medición del crecimiento, esencialmente porque son los indicadores más empleados por los directivos en las empresas y porque, normalmente, son capaces de explicar otros, tales como los beneficios, la cuota de mercado o el número de empleados.

En lo que se refiere a las bases explicativas del crecimiento, el punto de partida podemos ponerlo en ley de Gibrat formulada en el año 1931. A partir de este punto, las contribuciones teóricas se han dividido esencialmente en dos enfoques: deterministas y estocásticos.

Por una parte, el enfoque determinista establece que las diferencias de crecimiento empresariales son causadas por la industria y las características propias de cada empresa. Esta doble causalidad se ha plasmado en la literatura económica en estudios que sostienen que el crecimiento viene explicado más por factores externos a la empresa que por los internos (*e.g. Hannan y Freeman, 1977*). Sin embargo, otros apuntan a que los factores internos, como los recursos

del empresario, la empresa y la estrategia empresarial son los verdaderos determinantes del crecimiento (e.g. *Baum y Locke, 2004*).

Por el contrario, en divergencia con el enfoque determinista, las contribuciones al enfoque estocástico se basaron en la ley de Gibrat y defienden la existencia de tasas de crecimiento con independencia del tamaño de la empresa. Esta corriente explica que la tasa de crecimiento se establece de forma aleatoria e independiente del tamaño presente y de la evolución de crecimiento pasada. De esta manera, según la ley de Gibrat, el tamaño de una empresa (medido por sus ventas) podría ser estimado mediante una distribución lognormal, cuya validez ha sido reafirmada por un gran número de autores (*Sutton, 1977*).

En línea con los argumentos estocásticos, los autores Klette y Griliches (2002) construyeron un modelo teórico en el cual la variable de inversión en I+D cobra importancia, ya que añade a la visión estocástica una nueva percepción en la que el motor del crecimiento reside en la innovación.

2.2.1. La I+D como factor determinante de crecimiento empresarial.

En los últimos años el conocimiento ha tenido una relevancia creciente en el desarrollo económico y social. El término “economía del conocimiento” surge a raíz de este suceso y hace referencia a cómo el desarrollo, la divulgación y el uso del conocimiento puede desatar el crecimiento económico, el empleo y la riqueza.

En lo que respecta al sector empresarial, se espera que la creación de conocimiento impulse el crecimiento de las empresas en ventas, ganancias o creación de empleo. Por lo tanto, se puede esperar una relación positiva entre la inversión en I+D y el crecimiento de la empresa. Existe divergencia entre autores en si la I+D genera un impacto positivo en el crecimiento económico de la empresa o si, por el contrario, no existe relación entre ambas variables. Es por esto por lo que en dicha relación también se han de tener en cuenta otros factores como la industria, el país o el periodo de tiempo en el que se realiza el estudio.

Las investigaciones llevadas a cabo en los diferentes sectores industriales sobre I+D arrojan diferentes resultados. Por un lado, los sectores de alta intensidad tecnológica ofrecen una relación positiva entre I+D y el crecimiento de las ventas, mientras que la relación se torna negativa si la intensidad tecnológica del sector es baja. En otras industrias, como el sector del acero o el petróleo, el crecimiento empresarial, medido en volumen de ventas, es mayor en las empresas con mayor inversión en innovación.

Los autores describen resultados confusos cuando se produce un cambio en el periodo temporal del estudio. Liu et al. (1999) descubrieron una relación positiva entre la I+D y el empleo en un contexto de largo plazo en la industria electrónica de Taiwán, sin embargo, los efectos a corto plazo apenas fueron significativos.

Finalmente, en este área de análisis también se deben destacar los análisis empíricos. Los estudios realizados en sectores similares localizados en diferentes países también arrojan resultados diversos. Hall (1987) comprobó la existencia de una relación positiva entre la I+D en el crecimiento y la tasa de supervivencia de la industria manufacturera en los EE. UU. Del Monte y Papagni (2003) llevaron a cabo un análisis sobre los efectos de las actividades de innovación en una muestra de empresas de carácter manufacturero en Italia, ratificando un efecto positivo de la inversión en innovación sobre el crecimiento. En Japón, Yasuda (2005) también observó un efecto significativo de la I+D sobre el crecimiento en un conjunto de empresas manufactureras, Geroski y Machin (2006) obtuvieron resultados muy parecidos para las grandes empresas inversoras en innovación del Reino Unido, mientras que Scheler (1965) también lo encontró para las compañías de mayor envergadura en EE. UU. Sin embargo, Jaruzelski et al. (2005) llevaron a cabo un estudio para un año de referencia acerca de las 1.000 compañías con mayor gasto en I+D a nivel global y descubrieron que no había relación entre el gasto en I+D y las principales medidas de éxito corporativo, tales como el crecimiento, la rentabilidad de la empresa y el dividendo.

El propósito de este trabajo es realizar una investigación que examine las relaciones entre las variables seleccionadas de un conjunto de empresas, cuya

descripción se abordará en el apartado siguiente. De esta manera, se busca contrastar si los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan con alguno de los resultados obtenidos por los estudios mencionados en este epígrafe.

3. Muestra y variables.

3.1 Descripción de la muestra de empresas.

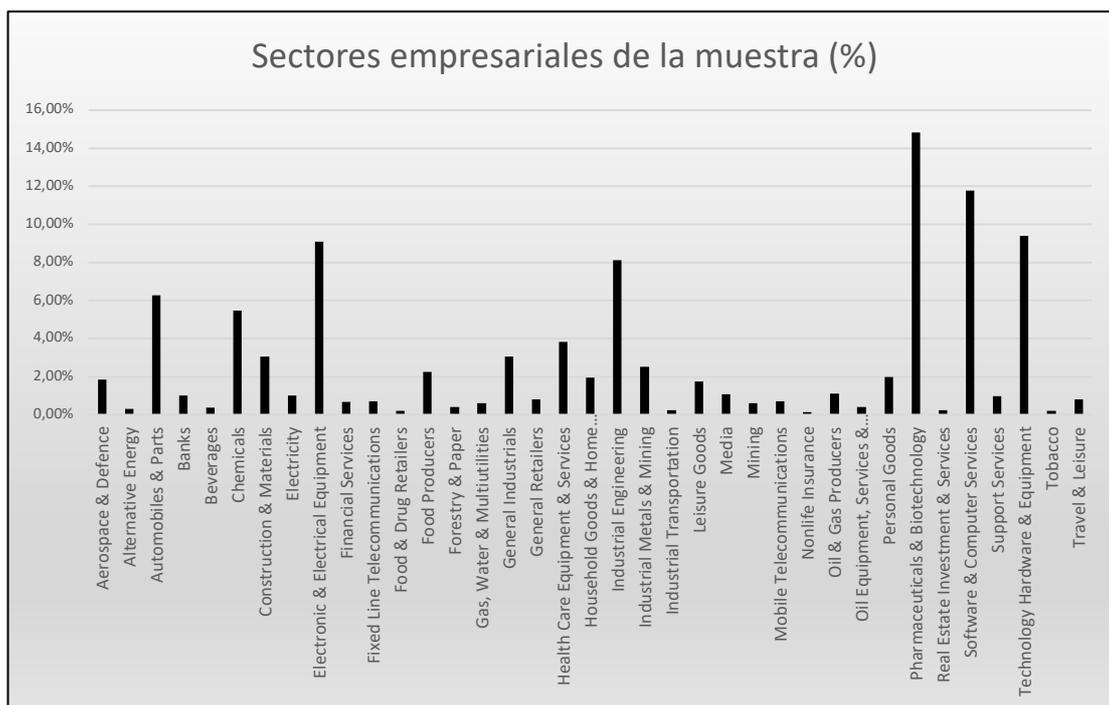
La base de datos utilizada en el presente trabajo se corresponde con The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard (Cuadro de indicadores de inversión en I+D industrial de la UE de 2020, Eurostat). El principal objetivo del Cuadro de indicadores de inversión en I+D industrial de la UE es comparar el rendimiento de las industrias impulsadas por la innovación de la UE con los principales homólogos mundiales. La edición de 2020 del Cuadro de Indicadores analiza las 2.500 empresas que invirtieron las mayores sumas en I+D en el mundo en 2019. Una diferencia principal en la presentación de datos en esta edición del Cuadro de Indicadores se refiere a la nueva composición de la UE tras la salida del Reino Unido el 31 de enero de 2020. En adelante, en este informe, la UE se entiende como UE27 (es decir, sin el Reino Unido). La I+D total del cuadro de indicadores de 2020 equivale aproximadamente al 90 % de la I+D financiada por las empresas del mundo. La muestra está formada por 421 empresas con sede en la UE, que representan el 20,9% del total de I+D de la muestra, 775 empresas estadounidenses (38,5%), 309 empresas japonesas (12,7%), 536 chinas (13,1%) y 459 del resto del mundo (14,8%). Este es el décimo año consecutivo de incrementos en I+D impulsados por inversiones en I+D en las industrias de TIC, Salud y Automoción. Las empresas con sede en la UE aumentaron significativamente la I+D (5,6 %), pero muy por debajo de las tasas de las empresas estadounidenses (10,8 %) y chinas (21 %).

De la base de datos The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, se ha seleccionado una muestra de 1955 empresas para el desarrollo de esta investigación. Para esta selección, se han escogido aquellas empresas que

tuvieron publicados todos los datos de las variables que han sido utilizadas en el presente trabajo.

En el gráfico 1 se muestra, en términos porcentuales, la importancia de los diferentes sectores empresariales que conforman la muestra.

Gráfico 3.1.1. Sectores empresariales en términos porcentuales.



Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat (The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard).

3.2. Variables utilizadas en el estudio.

La variable seleccionada y objeto de estudio fue Market Cap (€million), queriéndose analizar el efecto que tiene R&D sobre la misma. Además, The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard nos ofrece otras variables explicativas que serán empleadas para definir la relación y el efecto generado sobre la variable endógena.

A continuación, se definen las variables que van a ser manejadas en el presente trabajo:

- a) Market cap (€million): La capitalización de mercado es el valor del conjunto de acciones existentes en una compañía. El cálculo de esta variable es el resultado del producto entre el valor y el número de acciones de la compañía.
- b) R&D (€million): El gasto en I+D (Investigación y Desarrollo) de una empresa se refiere a los recursos financieros que se destinan a actividades de investigación y desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios con el objetivo de mejorar la innovación y la competitividad de la empresa. El gasto en I+D se considera una inversión a largo plazo para las empresas, puesto que se espera que genere beneficios futuros, como el lanzamiento de nuevos productos exitosos, mejoras en la eficiencia operativa o la adquisición de ventajas competitivas en el mercado.
- c) Net sales (€million): Las ventas netas representan el total de ventas realizadas por una empresa, ya sea a crédito o en efectivo, después de descontar devoluciones, bonificaciones y reducciones por rebajas comerciales.
- d) Capex (€million): El gasto de capital es el presupuesto empleado por las empresas para comprar, actualizar o extender la vida de un activo. Los gastos de capital se planifican con el objetivo de realizar inversiones que contribuyan a fortalecer la salud financiera de una empresa a largo plazo. Siendo estos una inversión a largo plazo, los activos adquiridos deben tener una vida útil de al menos un año. Los tipos de gastos de capital incluyen la compra de equipos, terrenos, propiedades, muebles, computadoras, y software entre otros.
- e) Op. Profits (€million): Las ganancias antes de intereses e impuestos, es una medida de la utilidad para las empresas. En ella se excluye todos los gastos excepto los intereses y los gastos de impuesto sobre la renta. Es la diferencia entre los ingresos y los gastos operativos.

f) Employees: El número de empleados de la empresa, esta variable se emplea para medir el tamaño de una empresa.

En la Tabla 3.2.1 se muestran los valores medios y otros estadísticos descriptivos.

Tabla 3.2.1. Valores medios y estadísticos descriptivos de las variables del modelo.

Variables	Unidades	Observaciones	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Net sales	€million	1955	9395,44	25003,63	0,01	377897,74
R&D	€million	1955	407,18	1290,48	34,74	23160,05
Capex	€million	1955	634,15	2205,27	0,01	40728,51
Op.profits	€million	1955	926,39	2999,86	-9957,66	56907,61
Employees	number	1955	25900,73	51066,02	42,00	671205,00
Market cap	€million	1955	13322,93	41963,40	27,39	936992,77

Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat (The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard).

A través del análisis descriptivo ofrecido en la tabla 1 se pueden apreciar características de la muestra que aportan información relevante para el posterior estudio.

En primer lugar, se debe tener en cuenta que todas las variables poseen la misma unidad de medida (*€million*) con la salvedad de la variable empleados (*number*). Además, los valores que toman las variables se encuentran en un intervalo positivo a excepción de Op. Profits que también toma valores negativos. Los valores negativos en un modelo pueden indicar una limitación si el modelo elegido no permite esos valores. Esto puede resultar en estimaciones imprecisas y una falta de ajuste adecuado a los datos.

Por otro lado, se aprecian grandes desviaciones típicas, lo que puede implicar la presencia de valores atípicos. Es importante identificar y evaluar adecuadamente los valores atípicos para determinar si deben ser tratados como datos válidos o si deben ser excluidos o corregidos en el análisis.

En la Tabla 3.2.2. se muestran las correlaciones de las variables anteriores.

Tabla 3.2.2. Correlaciones de las variables.

	<i>R&D 2019</i>	<i>Net sales</i>	<i>Capex</i>	<i>Op. Profits</i>	<i>Employees</i>	<i>Market cap</i>
R&D 2019	1,000					
Net sales	0,559	1,000				
Capex	0,520	0,807	1,000			
Op. Profits	0,704	0,695	0,650	1,000		
Employees	0,478	0,713	0,557	0,505	1,000	
Market cap	0,702	0,516	0,466	0,852	0,364	1,000

Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat (*The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*).

Esta tabla muestra cómo la variable endógena (*Market cap*) está altamente correlacionada con las variables independientes. Esto implica que estas variables tendrán un poder explicativo significativo en el modelo. Es importante destacar que algunas variables independientes también presentan una alta correlación entre ellas, lo que puede originar una interpretación imprecisa de los coeficientes en modelo posterior (multicolinealidad).

4. Metodología

El siguiente apartado está dedicado al planteamiento de un modelo econométrico que permita analizar la influencia del gasto en I+D en el crecimiento empresarial. Se han especificado diferentes modelos en los que la variable endógena, que mide el crecimiento empresarial, es la capitalización de mercado (*Market cap*).

El modelo se va a centrar en el estudio de la capitalización de mercado (*Market cap*) del conjunto de empresas seleccionadas. Esta variable es uno de los principales indicadores de crecimiento empleados en la actualidad a la hora de medir la progresión de crecimiento de las compañías.

Además, el análisis del modelo econométrico va a permitir vislumbrar una serie de conceptos que presentan relación con el crecimiento de las empresas y analiza el efecto que tiene la inversión en I+D en el crecimiento empresarial.

El objetivo es doble, por un lado, cuantificar el efecto del gasto en I+D sobre el crecimiento empresarial y, por otro, tratar de determinar qué variables, de las descritas en el apartado anterior, permiten explicar y predecir mejor las diferencias en el crecimiento de las compañías.

Un modelo de regresión lineal múltiple es aquel que “permite estimar el efecto sobre Y_i de la variación de una variable (X_{1i}) manteniendo constantes el resto de los regresores (X_{2i} , X_{3i} , etc.)” (*Stock y Watson, 2012, p.134*). Su formulación matemática es la siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i, \text{ donde, } i = 1, \dots, n.$$

Donde la “ Y_i ” es la variable dependiente, las “betas” son los parámetros desconocidos que tendrán que ser estimados, las “ X ”, son los regresores o variables explicativas de la variable dependiente y, por último, “ u_i ” es la perturbación aleatoria. Posteriormente para interpretar los resultados se empleará el manual de *Gujarati, Damodar N. y Porter, Dawn C. (2009)*.

El programa estadístico empleado para llevar a cabo las estimaciones ha sido Gretl³, una herramienta de software libre utilizada para análisis econométrico y estadístico. Es importante utilizar Gretl en econometría por varias razones:

1. Análisis de datos: Gretl permite importar y analizar datos de diferentes formatos. El programa es capaz de trabajar con una variedad de tipos de datos, incluyendo series de tiempo, datos de panel y datos transversales. También cuenta con herramientas para preprocesar los datos y detectar posibles errores.
2. Modelos econométricos: Gretl cuenta con una amplia gama de modelos econométricos que se pueden ajustar a los datos. Algunos de los modelos que

³ Dado que la Universidad de Valladolid no imparte el software Gretl se ha recurrido al siguiente manual: Cottrel A. y Lucchetti, R. (2023).

se pueden estimar en Gretl incluyen modelos de regresión lineal, modelos de series de tiempo, modelos de datos de panel, modelos de cointegración y modelos de varianza condicional.

3. Estadísticas y pruebas: Gretl también posee una variedad de herramientas estadísticas y pruebas que se pueden utilizar para analizar los resultados de los modelos econométricos. Entre estas herramientas se incluyen pruebas de hipótesis, pruebas de normalidad, análisis de residuos y pruebas de autocorrelación.

4. Gráficos y visualización: Gretl dispone de herramientas para la creación de gráficos y visualización de los resultados del análisis econométrico. Esto puede ser útil para comunicar los resultados de una manera clara y comprensible.

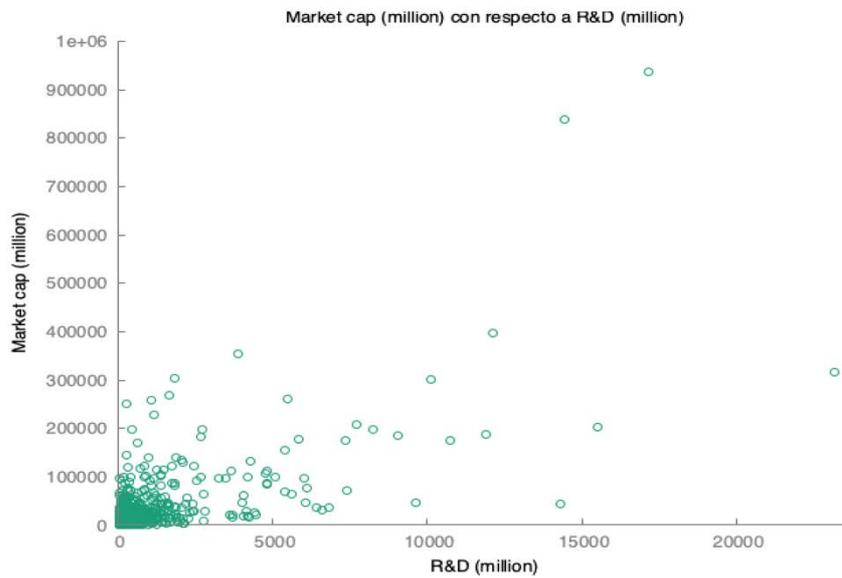
En resumen, Gretl es un programa importante en econometría porque permite el análisis de datos, la estimación de modelos econométricos, la realización de pruebas estadísticas y la visualización de resultados. Al ser de software libre, es una herramienta accesible para estudiantes y académicos interesados en la econometría.

4.1 Relación entre las variables

En este apartado se va a realizar un análisis de la relación entre la variable endógena y las diferentes variables explicativas partícipes en el modelo mediante gráficos de dispersión que nos indiquen si la dispersión de la variable endógena es diferente o no para valores distintos de la variable explicativa, siendo útil para detectar posible heterocedasticidad en el modelo.

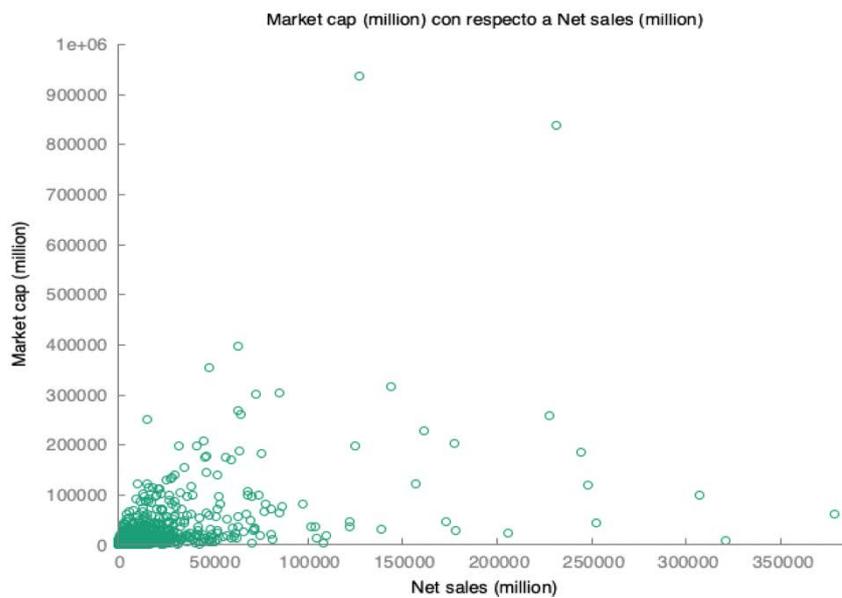
Dado que no existen observaciones de la perturbación, se utilizará la variable endógena en su lugar puesto que la varianza de la perturbación coincide con la varianza de la variable endógena.

Gráfico 4.1.1. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) e Intensidad empleada en I+D (R&D 2019)



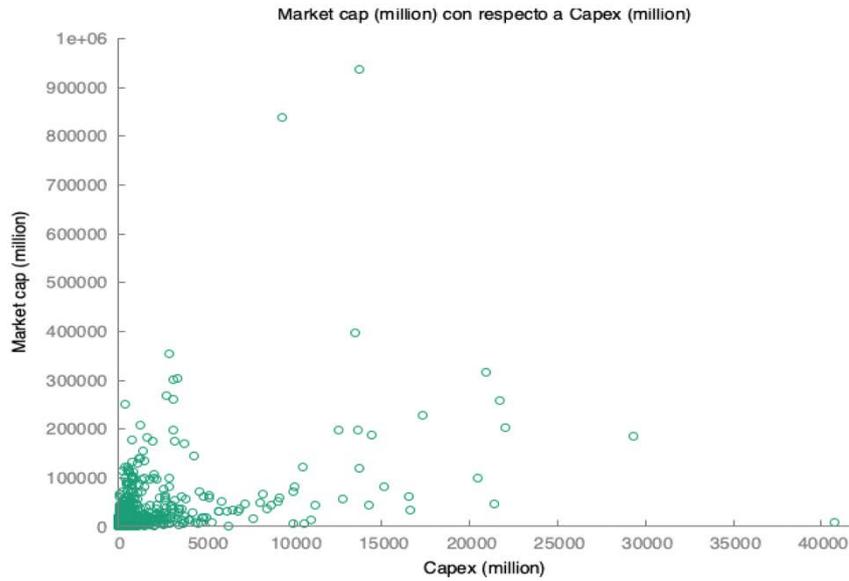
Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat (The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard).

Gráfico 4.1.2. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) y Ventas Netas (Net Sales)



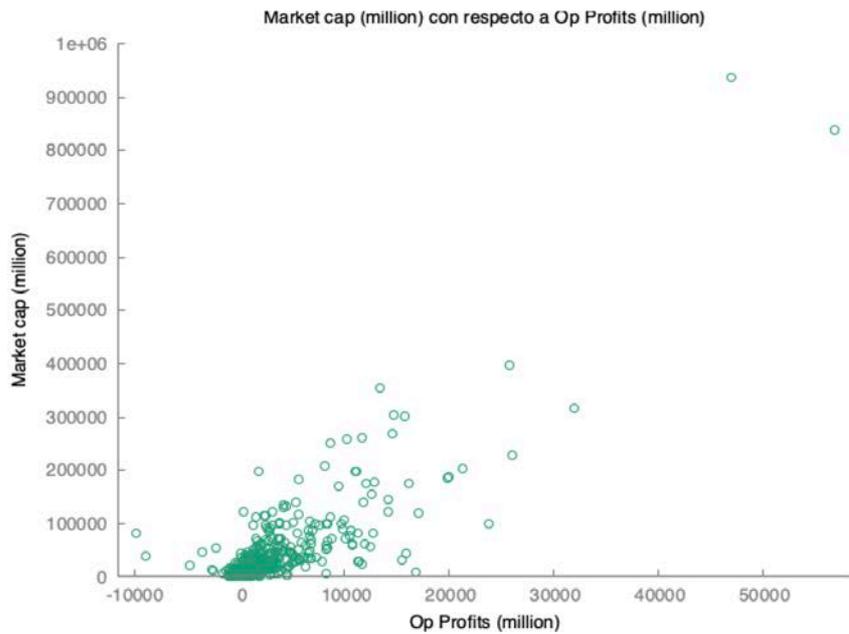
Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat (The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard).

Gráfico 4.1.3. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) y Gasto en Capital (Capex)



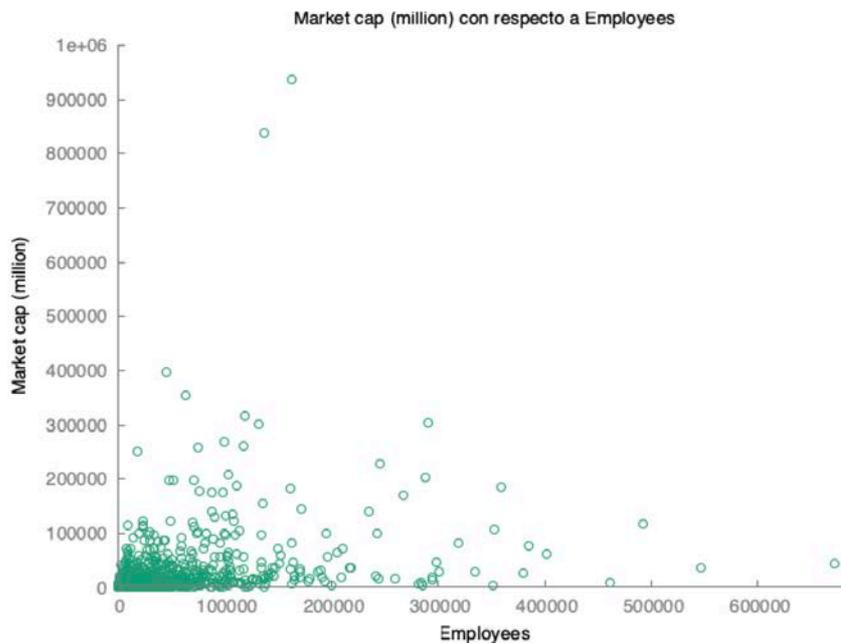
Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat (The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard).

Gráfico 4.1.4. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) y Ganancias antes de Intereses e Impuestos (Op. Profits)



Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat (The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard).

Gráfico 4.1.5. Relación Capitalización de Mercado (Market cap) y Número de Empleados (Employees)



Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat (*The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*).

En todos los gráficos se aprecian valores atípicos que se encuentran significativamente alejados de la tendencia general de los datos. Estos valores atípicos pueden indicar observaciones inusuales o excepcionales que pueden influir en el análisis y deben investigarse más a fondo.

En cuanto a la dispersión, cuando varía, es decir, se incrementa o se reduce para diferentes valores de la variable explicativa, existen indicios de heterocedasticidad de las perturbaciones. Esto sucede en los gráficos de las ventas netas (Net sales) y los empleados (Employees), lo que sugiere que la variabilidad de las perturbaciones no es constante en toda la gama de valores de estas variables. Por otro lado, en los gráficos de la inversión en I+D (R&D), los beneficios antes de impuestos (Op. Profits) y el gasto en capital (Capex), obviando los valores atípicos, no se aprecia variación alguna en la dispersión, lo que llevaría pensar que la varianza de las perturbaciones no depende de estas variables y si de las primeras.

Es importante tener en cuenta que, si en el modelo especificado hubiera heterocedasticidad afectaría a algunas propiedades de los estimadores (dejarían de ser óptimos y eficientes) y a la inferencia estadística. Se pueden tomar medidas para abordar la heterocedasticidad, como la transformación de las variables, la inclusión de variables adicionales en el modelo o el uso de métodos de estimación robustos. Esto permitiría obtener conclusiones más sólidas y precisas.

4.2. Modelo MCO 1.

En este estudio todos los modelos a estimar tienen como variable endógena la capitalización de mercado (*Market cap*). En el primer modelo, se introducen como variables explicativas la inversión en I+D (*R&D*), las ventas netas (*Net sales*), el gasto en capital (*Capex*), los beneficios antes de impuestos (*Op. Profits*) y el número de empleados (*Employees*).

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-1955
Variable dependiente: Marketcapamillion

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	3048.23	512.152	5.952	3.14e-09	***
RD2019amillion	7.83942	0.507503	15.45	7.20e-51	***
Netsalesamillion	-0.0846183	0.0385021	-2.198	0.0281	**
Capexamillion	-2.31872	0.358681	-6.465	1.28e-10	***
Opprofitsamillion	11.6206	0.252440	46.03	0.0000	***
Employees	-0.0547147	0.0128797	-4.248	2.26e-05	***
Media de la vble. dep.	13322.93	D.T. de la vble. dep.	41963.40		
Suma de cuad. residuos	7.90e+11	D.T. de la regresión	20129.31		
R-cuadrado	0.770489	R-cuadrado corregido	0.769900		
F(5, 1949)	1308.593	Valor p (de F)	0.000000		
Log-verosimilitud	-22144.94	Criterio de Akaike	44301.88		
Criterio de Schwarz	44335.34	Crit. de Hannan-Quinn	44314.18		

Contraste de significación individual:

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

Que el coeficiente de la variable, β , sea cero se traduce en que la variable no es significativa, por tanto, que β sea distinto de cero implica que la variable sí es

significativa individualmente. Una variable puede aparecer como no significativa a consecuencia de uno de los problemas que puede presentar el modelo, la multicolinealidad.

En el modelo planteado observamos que todas las variables son significativas individualmente para un nivel de significación de $\alpha = 5\%$ ya que el p-valor que reflejan todas las variables es inferior a 0.05 y por tanto, se rechazará la hipótesis nula y el coeficiente de la variable será distinto de cero.

Contraste de significación conjunta:

$$H_0: \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \dots \\ \beta_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$H_1: \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \dots \\ \beta_k \end{pmatrix} \neq \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}$$

El p-valor se encuentra muy cercano a cero (0,000000), se rechaza la hipótesis nula, por lo que las variables son significativas conjuntamente. Las variables serían significativas para cualquier nivel de significación.

A continuación, procederemos a analizar si existen diversos errores de especificación en el modelo, centrándonos en la posible existencia de heterocedasticidad, multicolinealidad y no normalidad. Si fuera así, los contrastes de significación anteriores podrían no ser válidos.

Heterocedasticidad

La presencia de heterocedasticidad en los modelos se presenta principalmente al utilizar datos de corte transversal. Al ser los datos del modelo de esta tipología, existen altas probabilidades de que se presente este problema.

H_0 : Homocedasticidad

H_1 : Heterocedasticidad

R-cuadrado = 0.712729

Estadístico de contraste: $TR^2 = 1393.384687$,
con valor $p = P(\text{Chi-cuadrado}(20) > 1393.384687) = 0.000000$

En nuestro modelo existe heterocedasticidad puesto que el p-valor = 0, menor a 0.05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

Este problema se podría intuir a través de los gráficos que relacionan las variables del modelo.

Como el modelo presenta heterocedasticidad, los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios no son óptimos ni eficientes, aunque mantienen insesgadez y consistencia. Los contrastes del modelo no serán válidos.

Colinealidad

La multicolinealidad se presenta cuando existe una alta correlación entre dos o más variables explicativas del modelo. En otras palabras, cuando una variable se puede predecir de manera aproximada a partir de una combinación lineal de las otras variables, se dice que hay multicolinealidad.

La multicolinealidad puede ser un problema importante en el modelo porque puede llevar a problemas de estabilidad en la estimación de los coeficientes de regresión y puede hacer que los resultados del análisis sean menos precisos que en el caso de que no existiera correlación. También puede hacer que sea difícil interpretar los efectos de cada variable individualmente, ya que las variables están altamente relacionadas y, por tanto, no se puede aislar su efecto.

Se puede observar la existencia de multicolinealidad atendiendo a los factores de inflación de varianza. En el modelo estudiado, los valores de los factores de inflación son los siguientes:

Factores de inflación de varianza (VIF)

Mínimo valor posible = 1.0

Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad

RD2019amillion	2.068
Netsalesamillion	4.469
Capexamillion	3.017
Opprofitsamillion	2.766
Employees	2.086

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, donde $R(j)$ es el coeficiente de correlación múltiple entre la variable j y las demás variables independientes

No hay evidencia de excesiva colinealidad

A pesar de que los valores que reflejan los coeficientes de correlación son altos, los resultados reflejan que no existe fuerte multicolinealidad en el modelo puesto que los factores de inflación de la varianza reflejan valores no superiores a 10.

Normalidad

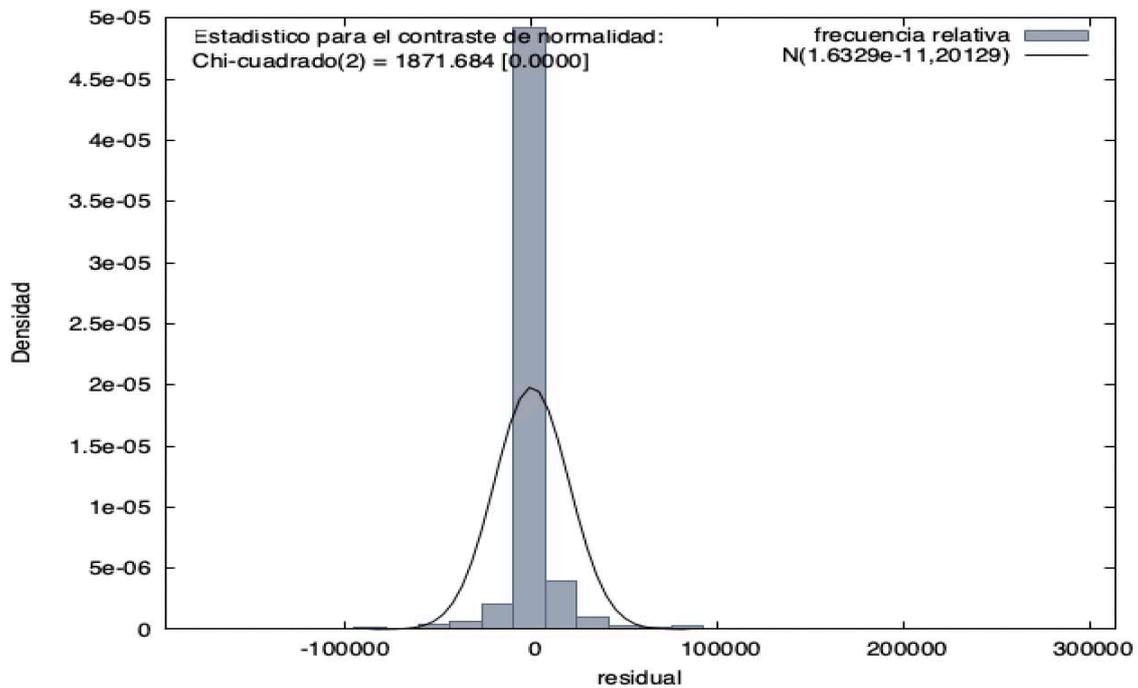
Se debe comprobar que las perturbaciones siguen una distribución normal, puesto que de no ser así, los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios dejan de tener una distribución muestral normal exacta.

El contraste de normalidad de las perturbaciones utilizado es el de Jarque Bera:

$$H_0: u \rightarrow \text{Distribución Normal}$$

$$H_1: u \not\rightarrow \text{Distribución Normal}$$

En primer lugar, se aprecia que el histograma de los residuos no se adapta a la función de densidad de la normal.



El valor muestral del estadístico es 1871,684 con un p-valor de 0,000, por lo que se rechaza la hipótesis nula de normalidad de las perturbaciones.

Contraste de la hipótesis nula de distribución Normal:
Chi-cuadrado(2) = 1871.684 con valor p 0.00000

Conclusión del modelo MCO 1.

El modelo no es válido dado que presenta heterocedasticidad y, por tanto, los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios no son óptimos ni eficientes. Esto ocurre debido a que las perturbaciones no presentan una varianza constante, lo que implica que la variabilidad varía entre cada observación. Este resultado se explica atendiendo a las diferencias de volumen de las variables seleccionadas en la muestra, obteniendo varianzas de grandes tamaños en las compañías que encabezan el ranking en comparación con el resto, como se refleja en los gráficos del apartado 4.1.

4.3. Modelo MCO 2. Transformación logarítmica.

Una de las posibles soluciones a la heterocedasticidad, como se ha comentado anteriormente, es la transformación de las variables del modelo. En este apartado, dichas variables se van a transformar en logaritmos.

El uso de logaritmos se justifica por varias razones, incluyendo:

- Los logaritmos pueden ayudar a transformar las variables para que tengan una distribución más normal, lo que puede facilitar el análisis estadístico.
- Los logaritmos pueden ayudar a estabilizar la varianza de las variables, lo que puede ser útil si las variables tienen una varianza que cambia con el nivel de la variable.

Se realiza una nueva especificación del modelo 1, transformando las variables en logaritmos, excepto la variable Op. Profits (Ganancias antes de intereses e impuestos) puesto que es una variable que puede tomar valores negativos.

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-1955
Variable dependiente: $\ln(\text{Marketcapamillion})$

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	3.66485	0.177010	20.70	3.10e-86 ***
$\ln(\text{RD2019amillion})$	0.491686	0.0251553	19.55	7.80e-78 ***
$\ln(\text{Netsalesamilli~})$	0.254418	0.0295403	8.613	1.45e-17 ***
$\ln(\text{Capexamillion})$	0.149945	0.0230706	6.499	1.02e-10 ***
$\ln(\text{Employees})$	-0.0754256	0.0332587	-2.268	0.0234 **
$\ln(\text{Opprofitsamillion})$	8.04841e-05	9.06687e-06	8.877	1.53e-18 ***
Media de la vble. dep.	8.102723	D.T. de la vble. dep.	1.625273	
Suma de cuad. residuos	2026.579	D.T. de la regresión	1.019708	
R-cuadrado	0.607367	R-cuadrado corregido	0.606360	
F(5, 1949)	602.9856	Valor p (de F)	0.000000	
Log-verosimilitud	-2809.175	Criterio de Akaike	5630.349	
Criterio de Schwarz	5663.818	Crit. de Hannan-Quinn	5642.652	

El modelo econométrico con logaritmos se puede escribir como:

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(X_{1i}) + \beta_2 \ln(X_{2i}) + \dots + \beta_k \ln(X_{ki}) + u_i$$

Para estimar los coeficientes del modelo, se utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). La interpretación de los coeficientes es en términos de elasticidades, es decir, se mide la variación porcentual de la variable endógena ante la variación porcentual unitaria de una de las variables explicativas, ceteris paribus.

A continuación, se procede a analizar de nuevo la existencia de heterocedasticidad, multicolinealidad y no normalidad de las perturbaciones en el modelo logarítmico:

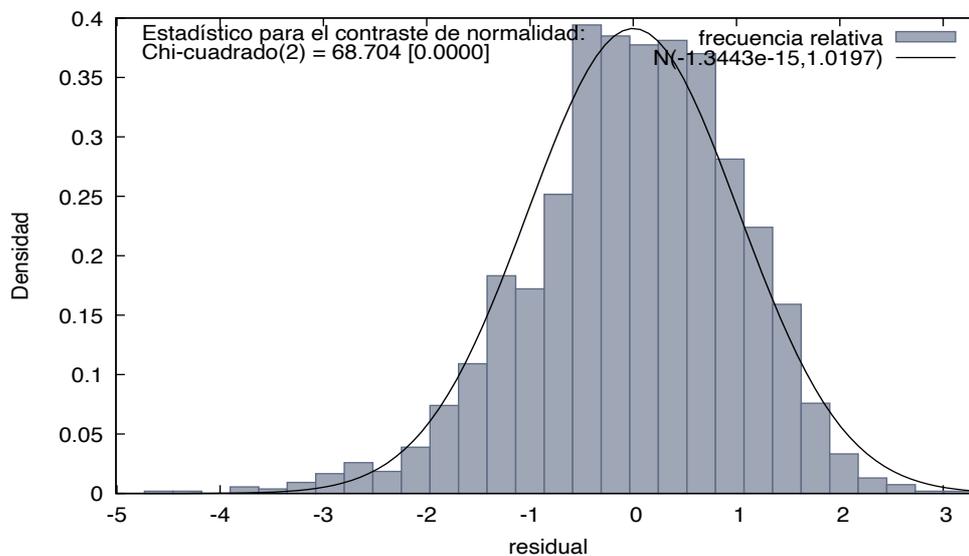
Heterocedasticidad

R-cuadrado = 0.026616

Estadístico de contraste: $TR^2 = 52.035049$,
con valor $p = P(\text{Chi-cuadrado}(20) > 52.035049) = 0.000113$

Se observa una corrección de heterocedasticidad en el nuevo modelo ya que el p-valor aumenta de 0.000000 (modelo MCO 1) a 0.000113 (modelo MCO 2) siendo esta corrección insuficiente. El modelo MCO 2 continúa presentando heterocedasticidad:

Normalidad



Tras llevar a cabo la transformación del modelo, gráficamente observamos cómo el histograma de los residuos mejora con respecto al modelo anterior, pero continúa sin adaptarse a la función de densidad de la normal.

La siguiente tabla muestra lo que ya se intuía con el histograma. El contraste de normalidad arroja un P-valor = 0.00000, siendo este menor al nivel de significación establecido ($\alpha = 0.05$). Se rechaza la hipótesis nula que establece que las perturbaciones siguen una distribución normal.

Contraste de la hipótesis nula de distribución Normal:
Chi-cuadrado(2) = 68.704 con valor p 0.00000

Colinealidad

Factores de inflación de varianza (VIF)
Mínimo valor posible = 1.0
Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad

l_RD2019amillion	1.656
l_Netsalesamillion	6.678
l_Capexamillion	4.426
l_Employees	5.944
Opprofitsamillion	1.390

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, donde $R(j)$ es el coeficiente de correlación múltiple entre la variable j y las demás variables independientes

Los valores de los factores de inflación de la varianza (FIV) obtenidos en este modelo revelan que no hay evidencias de excesiva colinealidad en el modelo puesto que son inferiores a 10.

Conclusión del modelo MCO 2.

El modelo corrige en cierto grado la heterocedasticidad y, aunque no solucione el problema y los estimadores continúen sin ser eficientes, se observa una mejoría aplicable a los siguientes modelos del presente trabajo.

4.4. Modelo MCO 3. Introducción de variables ficticias.

Las variables ficticias, también conocidas como variables indicadoras o variables dummy, son variables binarias que se utilizan en análisis estadísticos para representar características cualitativas de los datos objeto de estudio.

En estadística, muchas veces se trabaja con variables categóricas, es decir, variables que no se pueden medir numéricamente sino que se dividen en categorías o grupos. Para poder incluir estas variables en un modelo estadístico, se utilizan variables ficticias, que asignan valores de 0 o 1 a cada categoría de la variable categórica.

Las variables ficticias son muy útiles en el análisis de datos, ya que permiten incluir información cualitativa en modelos estadísticos y hacer comparaciones entre diferentes grupos, de tal manera que, en el caso de que fueran significativas, podrían solucionar alguno o todos los errores de especificación que tiene el modelo.

En el caso propio de la muestra a analizar, se introducen variables ficticias que nos permiten separar la muestra de empresas entre las diferentes zonas geográficas. Para ello, se generan las siguientes variables ficticias en Gretl: CHINA, EU, JAPÓN, RESTO_DEL_MUNDO Y US. Cada una de ellas, toma el valor 1 si la empresa está localizada en dicha zona y 0 en caso contrario.

En estadística, existen dos tipos de variables ficticias para trabajar en un conjunto de datos: las aditivas y las multiplicativas.

Las variables ficticias **aditivas** se utilizan para representar variables categóricas que tienen un efecto agregado en la variable de respuesta. En este caso, se crea una variable ficticia para cada categoría de la variable categórica y se incluyen todas estas variables en el modelo exceptuando la categoría tomada como referencia.

Por otro lado, las variables ficticias **multiplicativas** se utilizan para representar un posible efecto de un regresor diferente según una categoría. Estas variables se crean a través del producto de las variables ficticias con los regresores con el fin de analizar cómo la interacción entre ambos influye en la variable dependiente.

El modelo econométrico con variables ficticias empleado se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y_i = \beta + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \delta_1 D_1 + \delta_2 (X_1 M_1) + u_i$$

Tras la realización de contrastes de significación individual y diferentes especificaciones entre las diferentes áreas, se concluye que la variable más significativa para el modelo es US y, por tanto, se introduce la misma de forma aditiva y multiplicativa. En este caso, la variable multiplicativa se introduce como producto de la misma y el gasto en I+D para recoger el posible efecto diferente de la variable entre las empresas de US y las demás.

Modelo 3: MCO, usando las observaciones 1-1955
Variable dependiente: Marketcapamillion

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	1859.31	611.029	3.043	0.0024	***
RD2019amillion	4.57799	0.653667	7.004	3.42e-12	***
Netsalesamillion	-0.0391893	0.0384008	-1.021	0.3076	
Capexamillion	-2.29930	0.352348	-6.526	8.61e-11	***
Opprofitamillion	10.8263	0.268571	40.31	7.45e-259	***
Employees	-0.0218396	0.0131729	-1.658	0.0975	*
US	3127.79	1008.78	3.101	0.0020	***
RD2019amillionUS	5.78204	0.803900	7.192	9.03e-13	***
Media de la vble. dep.	13322.93	D.T. de la vble. dep.	41963.40		
Suma de cuad. residuos	7.59e+11	D.T. de la regresión	19745.55		
R-cuadrado	0.779383	R-cuadrado corregido	0.778590		
F(7, 1947)	982.6089	Valor p (de F)	0.000000		
Log-verosimilitud	-22106.30	Criterio de Akaike	44228.60		
Criterio de Schwarz	44273.23	Crit. de Hannan-Quinn	44245.01		

Como en los modelos anteriores, se procede a analizar si existe, heterocedasticidad, multicolinealidad y no normalidad de los residuos en el modelo.

Heterocedasticidad

R-cuadrado = 0.778937

Estadístico de contraste: $TR^2 = 1522.821625$,
con valor $p = P(\text{Chi-cuadrado}(32) > 1522.821625) = 0.000000$

El modelo presenta heterocedasticidad puesto que el p-valor = 0, menor a 0.05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad. Los estimadores de mínimos cuadrados no son ni óptimos ni eficientes y los contrastes no son válidos.

Normalidad

Distribución de frecuencias para residual, observaciones 1-1955
número de cajas = 29, Media = 2.0904e-11, Desv.típ.=19745.5

Contraste de la hipótesis nula de distribución Normal:
Chi-cuadrado(2) = 2725.656 con valor p 0.00000

El contraste de normalidad muestra un P-valor = 0.00000. Se rechaza la hipótesis nula que establece que las perturbaciones siguen una distribución normal.

Colinealidad

Factores de inflación de varianza (VIF)
Mínimo valor posible = 1.0
Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad

RD2019amillion	3.566
Netsalesamillion	4.620
Capexamillion	3.026
Opprofitsamillion	3.253
Employees	2.268
US	1.116
RD2019amillionUS	3.272

No hay evidencia de excesiva colinealidad

No existe multicolinealidad en el modelo puesto que los factores de inflación de la varianza no reflejan valores elevados ni superiores a 10.

Dado que el modelo no es válido puesto que presenta heterocedasticidad, se añade una variable ficticia que distinga empresas con valores atípicos para

intentar corregir el problema. Estas empresas se observaban claramente en los gráficos del apartado 4.1. al observar la relación entre variables.

Modelo 4: MCO, usando las observaciones 1-1955
Variable dependiente: Marketcapamillion

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	2795.45	529.274	5.282	1.42e-07	***
RD2019amillion	1.67398	0.576044	2.906	0.0037	***
Netsalesamillion	0.0291220	0.0332901	0.8748	0.3818	
Capexamillion	-3.65231	0.308994	-11.82	3.49e-31	***
Opprofitamillion	8.96644	0.243094	36.88	2.77e-226	***
Employees	0.0206310	0.0115025	1.794	0.0730	*
US	2443.77	872.140	2.802	0.0051	***
RD2019amillionUS	5.51896	0.694764	7.944	3.29e-15	***
EMPRESAS_ATIPICAS	131947	5131.03	25.72	8.69e-126	***
Media de la vble. dep.	13322.93	D.T. de la vble. dep.	41963.40		
Suma de cuad. residuos	5.67e+11	D.T. de la regresión	17063.10		
R-cuadrado	0.835338	R-cuadrado corregido	0.834661		
F(8, 1946)	1234.021	Valor p (de F)	0.000000		
Log-verosimilitud	-21820.35	Criterio de Akaike	43658.70		
Criterio de Schwarz	43708.90	Crit. de Hannan-Quinn	43677.16		

Se observa una mejoría del modelo en términos explicativos de varianza de la variable dependiente. Es importante tener en cuenta que R cuadrado mide la precisión en la predicción de los valores futuros de la variable dependiente, pero no indica la calidad del modelo. Se realizan los contrastes de White y Jarque Bera para analizar si se ha corregido la heterocedasticidad y no normalidad.

Contraste de heterocedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1-1955
Variable dependiente: uhat^2

Estadístico de contraste: $TR^2 = 1629.598407$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(40) > 1629.598407) = 0.000000$

En cuanto a la normalidad de las perturbaciones, se observa que:

Contraste de la hipótesis nula de distribución Normal:
 $\text{Chi-cuadrado}(2) = 8705.889$ con valor p 0.00000

El modelo sigue presentando heterocedasticidad y no normalidad, por tanto, los estimadores de mínimos cuadrados siguen sin ser óptimos ni eficientes y los contrastes no son válidos.

Conclusión del modelo MCO 3.

Tras estimar el modelo parece que las variables ficticias son importantes. La no inclusión de las mismas en el modelo podría suponer un error por omisión de variables relevantes puesto que su efecto sería recogido por la perturbación y los estimadores serían sesgados. Aun así, los modelos con variables ficticias siguen presentando una perturbación que no cumple los supuestos de homocedasticidad y distribución normal.

Dado que los modelos anteriores no lograron abordar de manera adecuada los problemas identificados, se ha optado por aplicar un enfoque robusto en la estimación del modelo con el fin de obtener estimaciones válidas ante los desafíos presentados por el modelo econométrico. Se considera que el enfoque robusto puede proporcionar resultados más sólidos y menos sensibles a valores atípicos o violaciones de los supuestos tradicionales del modelo econométrico.

4.5. Modelo robusto MCO 1.

Un modelo econométrico robusto se refiere a un enfoque utilizado en econometría para estimar parámetros y realizar inferencias estadísticas que sean menos sensibles a violaciones de los supuestos clave del modelo.

Concretamente, el método empleado ha sido el de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con desviaciones típicas robustas, que es una técnica estadística y econométrica utilizada para realizar pruebas e inferencias en presencia de heterocedasticidad y que proporciona estimadores válidos.

Aplicando este método de estimación al modelo estimado anteriormente se obtienen los siguientes resultados:

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-1955
 Variable dependiente: Marketcapamillion
 Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, HC3a (jackknife)

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	3048.23	786.325	3.877	0.0001	***
RD2019amillion	7.83942	2.73019	2.871	0.0041	***
Netsalesamillion	-0.0846183	0.154809	-0.5466	0.5847	
Capexamillion	-2.31872	1.37374	-1.688	0.0916	*
Opprofitamillion	11.6206	1.74344	6.665	3.43e-11	***
Employees	-0.0547147	0.0483923	-1.131	0.2583	
Media de la vble. dep.	13322.93	D.T. de la vble. dep.	41963.40		
Suma de cuad. residuos	7.90e+11	D.T. de la regresión	20129.31		
R-cuadrado	0.770489	R-cuadrado corregido	0.769900		
F(5, 1949)	25.21280	Valor p (de F)	1.05e-24		
Log-verosimilitud	-22144.94	Criterio de Akaike	44301.88		
Criterio de Schwarz	44335.34	Crit. de Hannan-Quinn	44314.18		

Sin considerar la constante, el valor p más alto fue el de la variable 7 (Netsalesamillion)

Estadístico de contraste: $TR^2 = 1393.384687$,
 con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(20) > 1393.384687) = 0.000000$

$$\text{Market cap}_i = 3048,23 + 7,83 \text{ R\&D}2019_i - 0,08 \text{ Net Sales}_i - 2,32 \text{ Capex}_i - 0,05 \text{ Employees}_i + 11,62 \text{ Op. profits}_i + u_i$$

El modelo propuesto utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios con desviaciones típicas robustas para analizar el efecto del I+D en el crecimiento empresarial, medido a través de la variable "Market cap" (capitalización de mercado). Los coeficientes estimados del modelo (idénticos a los del modelo 1) reflejan la importancia y el sentido de la relación entre el crecimiento empresarial y el I+D. Además, se controlan otros factores como las ventas netas, el gasto de capital, el número de empleados y los beneficios operativos.

El coeficiente de 7,83 para la variable R&D2019 indica que un aumento de una unidad en la inversión en I+D se traduce, en promedio, con un incremento de 7,83 unidades en la capitalización de mercado. Esto enuncia que el I+D tiene un impacto positivo y significativo en el crecimiento empresarial, lo que implica que aquellas empresas que invierten más en I+D tienden a experimentar un incremento en su valoración en el mercado.

Por otro lado, los coeficientes negativos para las variables net sales, capex y employees indican que un aumento en estas variables se relaciona con una disminución en la capitalización de mercado. Esto puede indicar que un mayor volumen de ventas netas, gastos de capital o número de empleados puede

afectar de forma negativa al crecimiento empresarial, lo que podría deberse a una menor eficiencia operativa o a un aumento en los costes.

Sin embargo, el coeficiente positivo de 11,62 para Op. profits (beneficios operativos) indica que un aumento en los beneficios operativos se asocia, con un aumento en la capitalización de mercado. Esto sugiere que las empresas que logran mayores beneficios operativos tienden a experimentar un crecimiento empresarial más consistente y una valoración mayor en el mercado.

El análisis del modelo revela que la inversión en I+D tiene un impacto positivo y significativo en el crecimiento empresarial, representado por la capitalización de mercado. Por consiguiente, las empresas que destinan recursos al I+D tienen mayor probabilidad de experimentar un crecimiento sostenible y una valoración mayor en el mercado.

Además, los resultados desvelan la importancia de mantener un equilibrio entre el crecimiento y la eficiencia operativa. Aunque un mayor volumen de ventas, gastos de capital o número de empleados pueden ser indicadores de crecimiento, es necesario gestionarlos de manera efectiva para evitar posibles efectos negativos en la valoración de la empresa.

A modo de conclusión, estos hallazgos respaldan la idea de que el I+D desempeña un papel crucial en el crecimiento empresarial. Las empresas deben considerar la inversión en I+D como una estrategia clave para fomentar la innovación, mejorar la competitividad y lograr un crecimiento sostenible a largo plazo.

Basándonos en los resultados previos, se ha decidido llevar a cabo un segundo estudio donde se reduce la muestra a empresas ubicadas en Estados Unidos. Esto se debe a que la variable ficticia que recogía las diferentes zonas presentó una mayor significación individual en dicho país. Al limitar el análisis a este contexto específico, se espera obtener una comprensión más precisa y detallada de la relación entre las variables involucradas en el estudio y su impacto en el crecimiento empresarial en el contexto estadounidense.

4.6. Modelo MCO 1: Reducción de la muestra a US.

En este modelo se realiza la estimación de la nueva muestra formada por empresas estadounidenses. Como variable endógena se mantiene la capitalización de mercado (*Market Cap*) y, como variables explicativas; la inversión en I+D (*R&D*), las ventas netas (*Net sales*), el gasto en capital (*Capex*), los beneficios antes de impuestos (*Op. Profits*) y el número de empleados (*Employees*), las mismas del primer modelo especificado.

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-632
Variable dependiente: Marketcapamillion

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	4046.98	994.234	4.070	5.29e-05	***
RD2019amillion	2.11630	0.981932	2.155	0.0315	**
Netsalesamillion	0.396976	0.0832085	4.771	2.28e-06	***
Capexamillion	-2.64787	0.763923	-3.466	0.0006	***
Opprofitamillion	13.6148	0.458415	29.70	1.26e-121	***
Employees	-0.0725831	0.0361804	-2.006	0.0453	**
Media de la vble. dep.	19770.57	D.T. de la vble. dep.	63836.31		
Suma de cuad. residuos	3.15e+11	D.T. de la regresión	22426.70		
R-cuadrado	0.877555	R-cuadrado corregido	0.876577		
F(5, 626)	897.3016	Valor p (de F)	1.2e-282		
Log-verosimilitud	-7225.136	Criterio de Akaike	14462.27		
Criterio de Schwarz	14488.96	Crit. de Hannan-Quinn	14472.64		

Se analiza, a continuación, la presencia de errores de especificación, como se ha hecho en los modelos anteriores.

Heterocedasticidad

Contraste de heterocedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1-632
Variable dependiente: uhat^2

Estadístico de contraste: $TR^2 = 543.548812$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(20) > 543.548812) = 0.000000$

En el modelo existe heterocedasticidad puesto que el p-valor es 0, menor a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, los estimadores de MCO no son óptimos ni eficientes y los contrastes no serían válidos.

Normalidad

Contraste de la hipótesis nula de distribución Normal:
Chi-cuadrado(2) = 880.501 con valor p 0.00000

El contraste arroja un p-valor igual a 0, menor al nivel de significación, por este motivo se rechaza la hipótesis nula de normalidad en la distribución de las perturbaciones.

Colinealidad

Factores de inflación de varianza (VIF)
Mínimo valor posible = 1.0
Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad

RD2019amillion	3.572
Netsalesamillion	4.378
Capexamillion	3.104
Opprofitsamillion	4.331
Employees	2.017

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, donde $R(j)$ es el coeficiente de correlación múltiple entre la variable j y las demás variables independientes

Los valores de los factores de inflación de la varianza son menores a 10, por tanto, no existe multicolinealidad en el modelo.

Conclusión del modelo MCO 1 reducido.

El modelo continúa presentando heterocedasticidad y no normalidad de los residuos por lo que los contrastes no son válidos.

En el siguiente modelo, con el fin de solucionar dichos problemas, se introducen logaritmos.

4.7. Modelo MCO 2: Reducción de la muestra US con transformación logarítmica.

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-632
Variable dependiente: \ln Marketcapamillion

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	2.67310	0.280026	9.546	2.98e-20 ***
\ln _RD2019amillion	0.510454	0.0406533	12.56	2.06e-32 ***
\ln _Netsalesamilli~	0.205076	0.0432286	4.744	2.60e-06 ***
\ln _Capexamillion	0.182370	0.0363155	5.022	6.68e-07 ***
\ln _Employees	0.108052	0.0550643	1.962	0.0502 *
Opprofitsamillion	2.17511e-05	1.10668e-05	1.965	0.0498 **
Media de la vble. dep.	8.243845	D.T. de la vble. dep.	1.817919	
Suma de cuad. residuos	537.6138	D.T. de la regresión	0.926719	
R-cuadrado	0.742194	R-cuadrado corregido	0.740135	
F(5, 626)	360.4374	Valor p (de F)	1.5e-181	
Log-verosimilitud	-845.6565	Criterio de Akaike	1703.313	
Criterio de Schwarz	1730.006	Crit. de Hannan-Quinn	1713.680	

El estudio de los problemas presentados en el modelo anterior arroja los resultados siguientes:

Heterocedasticidad

Contraste de heterocedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1-632
Variable dependiente: \hat{u}^2

R-cuadrado = 0.021212

Estadístico de contraste: $TR^2 = 13.406110$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(20) > 13.406110) = 0.859288$

En este modelo se logra solucionar la heterocedasticidad puesto que el p-valor es $0,859 > 0,05$, y, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad.

Normalidad

Contraste de la hipótesis nula de distribución Normal:
 $\text{Chi-cuadrado}(2) = 37.116$ con valor p 0.00000

Este modelo, al igual que el anterior, sigue presentando no normalidad en la distribución de las perturbaciones, sin embargo, esto no supondría un gran

problema para la realización de contrastes de manera aproximada puesto que el tamaño muestral es elevado y esto permite mantener que los estimadores se distribuyen asintóticamente como una normal. Así mismo, uno de los factores que genera no normalidad en el modelo son los valores atípicos, los cuales, como se viene explicando, están presentes en el conjunto de empresas seleccionado.

Colinealidad

Factores de inflación de varianza (VIF)
Mínimo valor posible = 1.0
Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad

l_RD2019amillion	1.869
l_Netsalesamillion	7.463
l_Capexamillion	4.924
l_Employees	8.006
Opprofitsamillion	1.478

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, donde $R(j)$ es el coeficiente de correlación múltiple entre la variable j y las demás variables independientes

Los valores que arrojan los factores de inflación de la varianza (menores a 10) indican que no existe multicolinealidad en el modelo.

Conclusión del modelo MCO 2 reducido.

Tras realizar la estimación se observa que todas las variables explicativas son significativas individual y conjuntamente. Al no existir heterocedasticidad, los coeficientes estimados del modelo son óptimos y eficientes, además de insesgados y consistentes. Los pronósticos y predicciones generados por el modelo son más confiables, ya que se basan en un supuesto de homocedasticidad y, por lo tanto, se espera que tengan menor error de pronóstico.

Por otro lado, aunque el modelo presenta no normalidad, se considera que las pruebas de hipótesis y los intervalos de confianza basados en supuestos de normalidad siguen siendo válidos debido a la distribución asintótica normal de los estimadores. Esta propiedad implica que, a medida que el tamaño de la

muestra se acerca al infinito, las estimaciones se aproximan a una distribución normal. Por lo tanto, en el caso de una muestra grande, se puede confiar en los resultados obtenidos a partir de estas pruebas.

5. Conclusiones del estudio.

En este apartado se va a realizar un análisis de los resultados obtenidos del estudio realizado para la muestra de empresas The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard (*Cuadro de indicadores de inversión en I+D industrial de la UE de 2020, Eurostat*). A través de un examen exhaustivo de los datos recopilados, se busca evaluar si la inversión en I+D juega un papel determinante en el éxito de las empresas⁴, si tiene una influencia relativa o si, por el contrario, es una variable poco significativa. Los resultados obtenidos a partir del análisis comparativo, las pruebas estadísticas y la evaluación de posibles correlaciones entre la inversión en I+D y los indicadores de crecimiento empresarial proporcionarán una evaluación rigurosa de la relación entre estas variables. Estos hallazgos permitirán comprender mejor la importancia de la inversión en I+D y su impacto en el desarrollo y la prosperidad de las empresas en el contexto internacional.

5.1. Síntesis de los resultados.

Tras analizar la muestra de estudio y estimar varios modelos con el fin de obtener estimadores óptimos y eficientes, las conclusiones se centrarán en el modelo del apartado 4.7. (Modelo MCO 2: Reducción de la muestra US con transformación logarítmica) puesto que el modelo robusto ha sido analizado con anterioridad y con este último modelo se espera obtener información más precisa y detallada como se ha mencionado con anterioridad. El modelo final adopta la siguiente estructura:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Market cap})_i = & 2,67 + 0,51 \ln(\text{R\&D2019})_i + 0,21 \ln(\text{net sales})_i + 0,18 \ln(\text{capex})_i + 0,11 \ln(\text{employees})_i \\ & + 2,17e^{-5} \text{Op. profits}_i \end{aligned}$$

⁴ Como han estudiado con anterioridad otros autores en los que se ha basado el estudio, tales como García-Manjón, J.V. y Romero Merino, M. E. (2010)

En este modelo, se utiliza como variable dependiente el logaritmo neperiano de la capitalización de mercado (Market cap), mientras que los predictores incluyen el logaritmo neperiano de la inversión en investigación y desarrollo (R&D2019), el logaritmo neperiano de las ventas netas (net sales), el logaritmo neperiano del gasto de capital (capex), el logaritmo neperiano del número de empleados (employees) y los beneficios operativos (Op. Profits).

Los coeficientes estimados en el modelo proporcionan información sobre la magnitud y dirección de la relación entre cada predictor y la capitalización de mercado. La constante (2,67) representa el valor esperado de la capitalización de mercado cuando todos los predictores son iguales a cero para el conjunto de empresas de la muestra.

Los resultados obtenidos revelan una serie de coeficientes significativos que proporcionan información sobre la relación entre las variables explicativas y la capitalización de mercado. A continuación, se exponen las interpretaciones de los coeficientes estimados:

1. Coeficiente de R&D2019 (0,51): Este coeficiente indica que un aumento del 1% en la inversión en investigación y desarrollo se asocia, en promedio, con un incremento del 0,51% en la capitalización de mercado, manteniendo constantes los demás predictores. Esto sugiere que las empresas que destinan mayores recursos a la innovación y desarrollo de nuevos productos o tecnologías tienden a experimentar un aumento proporcional en su valor de mercado.
2. Coeficiente de net sales (0,21): El coeficiente de net sales muestra que un incremento del 1% en las ventas netas se relaciona con un aumento del 0,21% en la capitalización de mercado, ceteris paribus. Esto indica que las empresas con mayores niveles de ventas tienen mayor probabilidad de alcanzar una mayor valoración en el mercado.

3. Coeficiente de capex (0,18): El coeficiente de capex sugiere que un incremento del 1% en el gasto de capital se asocia con un aumento del 0,18% en la capitalización de mercado, manteniendo constantes las demás variables. Esto indica que las empresas que invierten en la adquisición de activos fijos o en la mejora de su infraestructura tienden a experimentar un aumento proporcional en su valor de mercado.
4. Coeficiente de employees (0,11): El coeficiente de employees indica que un incremento del 1% en el número de empleados se relaciona con un aumento del 0,11% en la capitalización de mercado, ceteris paribus. Esto sugiere que las empresas que generan empleo y tienen una fuerza laboral en crecimiento pueden generar una mayor confianza en los inversores y, por lo tanto, experimentar un aumento en su valor de mercado.
5. Coeficiente de Op. Profits (2,17e-05): El coeficiente de Op. Profits indica que un aumento de 1 unidad en los beneficios operativos se relaciona con un incremento de 2,17e-05 % de la capitalización de mercado, manteniendo constantes los demás predictores. Esto sugiere que los beneficios operativos tienen un impacto positivo en el valor de mercado de las empresas, aunque el efecto es relativo.

En conclusión, el modelo econométrico desarrollado en este estudio resalta la importancia del factor de inversión en investigación y desarrollo (I+D) como un impulsor significativo del crecimiento empresarial y la valoración en el mercado.

Los resultados revelan una relación positiva entre la inversión en I+D y la capitalización de mercado de las empresas. En particular, se encontró que un aumento en la inversión en I+D se asoció con un incremento proporcional en el valor de mercado, incluso después de controlar otros factores financieros y operativos.

Estos hallazgos respaldan la noción ampliamente aceptada de que el I+D es una estrategia clave para la innovación y la mejora de productos y servicios. Las empresas que destinan recursos significativos a la investigación y al desarrollo

tienen una mayor capacidad para introducir nuevas tecnologías, productos o mejoras en sus operaciones, lo que, a su vez, puede generar un mayor atractivo para los inversores y una valoración más alta en el mercado⁵.

Además, el enfoque en la inversión en I+D puede brindar a las empresas una ventaja competitiva sostenible a largo plazo. Al fomentar la innovación y la creación de conocimiento interno, las organizaciones pueden adaptarse mejor a los cambios en el entorno empresarial y mantener una posición líder en su industria.

En resumen, este estudio destaca la importancia estratégica del I+D como un factor crucial para el crecimiento empresarial y la valoración en el mercado. Las empresas que priorizan y asignan recursos adecuados al I+D tienen más probabilidades de generar productos y servicios innovadores, captar la atención de los inversores y lograr un crecimiento sostenible en un entorno empresarial altamente competitivo.

5.2. Implicaciones y limitaciones del estudio.

El estudio realizado con una muestra de empresas y utilizando el modelo econométrico especificado tiene importantes implicaciones y limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar y generalizar los resultados.

Implicaciones:

1. Comprender la relación entre I+D y el crecimiento empresarial: El estudio proporciona información valiosa sobre cómo la inversión en investigación y desarrollo (I+D) puede influir en el crecimiento empresarial, medido por la capitalización de mercado. Esto puede ayudar a las empresas a comprender mejor la importancia estratégica de la I+D y tomar decisiones más informadas sobre su inversión en actividades de investigación y desarrollo.

⁵ Coincidiendo con Juárez, O.O. et al. (2019), siendo similar el estudio realizado.

2. Identificación de factores clave: Al utilizar el modelo econométrico propuesto, se pueden identificar otros factores que también influyen en el crecimiento empresarial. Además de la I+D, el estudio analiza las ventas netas, el gasto de capital, los beneficios antes de impuestos y el número de empleados, lo que proporciona una visión más completa de los determinantes del crecimiento empresarial.
3. Orientación para políticas y estrategias: Los resultados del estudio pueden ser útiles para elaborar políticas y estrategias que fomenten la inversión en I+D y promuevan el crecimiento empresarial. Las autoridades gubernamentales y las organizaciones empresariales pueden utilizar estos hallazgos para desarrollar políticas de apoyo, incentivos y programas de financiamiento que fomenten la innovación y la I+D en el sector empresarial.

Limitaciones:

1. Generalización limitada: La muestra de empresas utilizada en el estudio puede ser limitada en términos de su representatividad de la población empresarial en general. Los resultados obtenidos pueden no ser aplicables a todas las industrias o tipos de empresas, y es importante considerar las características específicas de la muestra al generalizar los hallazgos.
2. Sesgo de selección: Existe la posibilidad de que la muestra de empresas seleccionada no sea completamente representativa de todas las empresas disponibles. Esto puede introducir sesgos en los resultados y afectar la validez externa del estudio.
3. Otras variables omitidas: El modelo econométrico utilizado se basa en un conjunto específico de variables predictoras. Puede haber otras variables importantes que no se han incluido en el análisis y que podrían influir en el crecimiento empresarial. La falta de inclusión de estas variables puede limitar la capacidad del modelo para explicar completamente el fenómeno estudiado.
4. Endogeneidad y causalidad: Existe la posibilidad de que la variable endógena (capitalización de mercado) y las variables predictoras se influyan mutuamente, lo que puede introducir problemas de endogeneidad.

En resumen, aunque el estudio proporciona información útil sobre la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento empresarial utilizando el modelo econométrico propuesto, es importante considerar sus limitaciones y tomar precauciones al generalizar los resultados. Se recomienda realizar investigaciones adicionales y considerar múltiples perspectivas antes de basar decisiones empresariales o políticas en los resultados de este estudio.

5.3. Recomendaciones para futuras investigaciones.

Existen varias recomendaciones para futuras investigaciones que, a nivel personal considero que pueden ayudar a ampliar el conocimiento sobre la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento empresarial. Algunas de estas recomendaciones son:

1. Ampliar la muestra: Para mejorar la representatividad y generalización de los resultados, recomiendo utilizar una muestra más amplia que abarque diferentes industrias, tamaños de empresas y regiones geográficas. Esto permitirá obtener conclusiones más sólidas y aplicables a un espectro más amplio de empresas.
2. Considerar variables adicionales: Además de las variables utilizadas en el modelo econométrico actual, es importante considerar otras variables que podrían tener influencia en el crecimiento empresarial. Por ejemplo, se podría analizar el impacto de la capacidad de innovación, la estructura de propiedad, la competitividad de la industria, el acceso a financiamiento o la estrategia de marketing, entre otros.
3. Utilizar datos longitudinales: En lugar de analizar una instantánea en el tiempo, se recomienda utilizar datos longitudinales que abarquen varios períodos. Esto permitirá evaluar cómo evoluciona la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento empresarial a lo largo del tiempo, identificar patrones y tendencias, y comprender mejor la dinámica de la relación.

4. Considerar diferentes medidas de crecimiento empresarial: Además de la capitalización de mercado, es útil explorar otras medidas de crecimiento empresarial, como el crecimiento de los ingresos, los beneficios, los activos o la participación de mercado. Esto ayudará a obtener una visión más completa y multidimensional del impacto de la inversión en I+D en el desempeño y crecimiento de las empresas.
5. Investigar el contexto y la industria específica: La relación entre la inversión en I+D y el crecimiento empresarial puede variar según el contexto y la industria en la que opera la empresa. Se recomienda realizar investigaciones más detalladas y específicas para comprender cómo estas relaciones difieren en diferentes contextos y sectores, considerando las características únicas de cada industria.
6. Explorar el efecto de la interacción entre variables: Además de analizar los efectos individuales de las variables predictoras, es importante investigar las interacciones entre ellas. Por ejemplo, se puede examinar cómo la interacción entre la inversión en I+D y la estrategia de marketing influye en el crecimiento empresarial, o cómo la combinación de diferentes variables afecta los resultados.

En resumen, mis recomendaciones como autor del presente trabajo se pueden recoger en: ampliar y profundizar la investigación sobre la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento empresarial mediante el uso de muestras más amplias, datos longitudinales, consideración de variables adicionales y un enfoque más contextualizado. Estas recomendaciones pueden proporcionar una base sólida para futuros estudios y contribuir a una comprensión más completa de la importancia estratégica de la inversión en I+D en el crecimiento empresarial.

6. Referencias bibliográficas.

Ardishvili, A.; Cardozo, S., Harmon, S., Vadakath, S. (1998). "Towards a theory of new venture growth". Conferencia presentada en la Babson Entrepreneurship Research Conference, Ghent, Belgium.

Baum, J.R. y Locke, E.A. (2004), "The relationship of entrepreneurial traits, skill, and motivation to subsequent venture growth", *Journal of Applied Psychology*, Vol. 89, Núm. 4, pp. 587-598.

Blázquez F., Dorta J.A., Verona, M.C. (2006). "Concepto, perspectivas y medida del crecimiento empresarial". *Cuadernos de Administración*, vol. 19, No. 31. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-35922006000100007. [Consultado el 31/05/2023].

Cottrel A. y Lucchetti, R. (2023). "Gretl User's Guide. Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library". Department of Economics. Wake Forest University. <https://gretl.sourceforge.net/gretl-help/gretl-guide.pdf> [Consultado el 31/05/2023].

Del Monte, A. y Papagni, E. (2003), "R&D and the growth of firms: empirical analysis of a panel of Italian firms", *Research Policy*, Vol. 32, Núm. 6, pp. 1003-1014.

Eurostat: The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard | IRI (europa.eu). <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2020-eu-industrial-rd-investment-scoreboard> [Consultado el 20/02/2023].

García Manjón, J.V., Romero-Merino, M.E. (2010). "Efectos de la inversión en I+D sobre el crecimiento empresarial". *Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, Vol. 4, No. 2.

Geroski, P.A. y Machin, S. (2006), "Do innovating firms outperform non innovators?" *Business Strategy Review*, Vol. 3, Núm. 2, pp. 79–90.

Gibrat, R. (1931), "Les Inégalités Économiques; Applications: Aux Inégalités des Richesses, a la Concentration des Entreprises, Aux Populations des Villes, Aux Statistiques des Familles, etc., d'une Loi Nouvelles, La Loi de l'Effet Proportionnel", Librairie du Recueil Sirey, Paris.

Gujarati, Damodar N. y Porter, Dawn C. (2009). "Econometría". 5ª edición. McGraw-Hill. ISBN: 978-607-15-0294-0. *Econometría - Damodar N. Gujarati.pdf* (google.com). [Consultado el 31/05/2023].

Hall, B. (1987), "The relationship between firm size and firm growth in the US manufacturing sector", *Journal of Industrial Economics*, Vol. 3, Núm. 4, pp. 583–606

Hannan, M.T. y Freeman, J.H. (1977), "The population ecology of organizations", *American Journal of Sociology*, Vol. 82, Núm. 5, pp. 929-964.

Jaruzelski, B.; Dehoff, K. y Bordia, R. (2005), "Money Isn't Everything", *Strategy+Business Magazine*, Vol. 41, Booz Allen Hamilton.

Juárez Rodríguez, O.O. , Arango Herrera, E. y De la Cruz Maldonado, J.C. (2019). "Efecto de la inversión de I+D en el valor de mercado de las empresas de tecnología". *Revista Espacios*, vol. 40, N.º 24. ISSN 0798 1015. *a19v40n24p09.pdf* (revistaespacios.com). [Consultado el 31/05/2023].

Klette, T.J. y Griliches, Z. (2002), "Empirical Patterns of Firm Growth and R&D Investment: A Quality Ladder Model Interpretation", *Economics Journal*, Vol. 110, Núm. 463, pp. 363-87.

Liu, J.T.; Tsou, M.W.; y, Hammitt, J.K. (1999), "Do small plants grow faster? Evidence from the Taiwan electronics industry", *Economic Letters*, Vol. 65, Núm. 1, pp. 121–129.

Mate Lordén, M. y Molero, J. (2020). "Efecto del gasto en I+D interno en la eficiencia tecnológica de empresas españolas. Análisis comparativo durante el período de crisis de 2008-2012". Revista Iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad (CTS), vol. 14, N.º 44., pp. 71-93. Efecto del gasto en I+D interno en la eficiencia tecnológica de empresas españolas. Análisis comparativo durante el período de crisis de 2008-2012 (redalyc.org). [Consultado el 31/05/2023].

Scherer, F.M. (1965), "Corporate inventive output, profits, and growth", Journal of Political Economics, Vol. 73, Núm. 3, pp. 290–297.

Sutton, J. (1997): "Gibrat's legacy", Journal of Economic Literature, vol. 35, pp. 40–59.

Yasuda, T. (2005), "Firm growth, size, age and behavior in Japanese manufacturing", Small Business Economics, Vol. 24, Núm. 1, pp. 1-15.