UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

Dipòsit digital de documents de la UAB

This is the **published version** of the bachelor thesis:

Esteban Buzón, Judith. *Impacto de las alianzas estratégicas en el rendimiento comercial y la valoración de las empresas farmacéuticas y biotecnológicas : el papel moderador de la intensidad en I+D*. Treball de Final de Grau (Universitat Autònoma de Barcelona), 2026 (Administració i Direcció d'Empreses). 79 pàg.

This version is available at https://ddd.uab.cat/record/337001

under the terms of the BY-SA license.

Universitat Autònoma de Barcelona

Facultat d'Economia i Empresa UAB

Trabajo de Final de Grado

Facultad de Economía y Empresa

TITULO: Impacto de las alianzas estratégicas en el rendimiento comercial y la valoración de las empresas farmacéuticas y biotecnológicas: el papel moderador de la intensidad en I+D.

AUTOR/A: *Judith Esteban Buzón*

TUTOR/A: *Elisabet del Valle Álvaro*

GRADO: Administración y Dirección de empresas

DATA: *26 de Mayo de 2026*

AGRADECIMIENTOS

A mis padres,
que sacrificaron horas de sueño
por estar en lugares que no querían
para que yo no me tuviera que preocupar
por alcanzar los míos.

A mis tías,
por sus ánimos inagotables.

A mis primos,
por ser mi razón de ser.

A mi amiga L,
por ser mi consciencia.

A mi pareja,
por ser mi Tiempo de Cambio II.

A mi abuela,
una artista con la elegancia de sobrenombre,
por alimentarme a pucheros y confianza.

A mi abuelo,
que hablaba de migajas y jartás,
el hombre más inteligente que he conocido
sin ir a la escuela.

PD: Promesa cumplida, tu nieta tiene su carrera.

RESUMEN

En el sector farmacéutico y biotecnológico, las alianzas estratégicas se han consolidado como una de las palancas más relevantes de creación de valor, pero su impacto real sobre el desempeño empresarial sigue siendo objeto de debate. Este Trabajo de Fin de Grado se pregunta bajo qué condiciones las alianzas estratégicas se traducen efectivamente en mejores resultados, y plantea como hipótesis que el efecto positivo de las alianzas depende de la capacidad innovadora interna de la empresa, en una lógica de complementariedad estratégica entre la inversión en I+D propia y la diversificación de colaboraciones externas.

Para abordar esta pregunta se ha construido una base de datos propia de cuarenta empresas farmacéuticas y biotecnológicas cotizadas durante el periodo 2020-2025. La diversificación de alianzas se codifica manualmente como el número de áreas terapéuticas con colaboraciones activas, y el rendimiento empresarial se analiza en dos dimensiones distintas pero complementarias: el rendimiento comercial (entendido como crecimiento de ingresos y eficiencia operativa) y la valoración bursátil ajustada al riesgo mediante el modelo CAPM. La metodología empírica combina regresión lineal múltiple con un término de interacción entre diversificación e intensidad en I+D, junto con los controles habituales por tamaño, fase de desarrollo y base operativa de partida.

Los resultados iniciales del modelo de rendimiento comercial mostraban un término de interacción positivo y estadísticamente significativo, sugestivo de complementariedad estratégica entre alianzas e I+D. Sin embargo, comprobaciones de robustez mediante variables centradas (procedimiento que reduce la colinealidad entre el término de interacción y sus componentes) indican que dicho resultado es sensible a la especificación y no puede considerarse estadísticamente sólido. En el modelo de rendimiento bursátil, la ausencia de evidencia del efecto moderador es consistente en todas las especificaciones estimadas. En consecuencia, la hipótesis de complementariedad estratégica no se confirma con criterio de robustez estricto: el término de interacción es sensible a la colinealidad en la dimensión operativa y ausente en la bursátil, aunque la dirección del efecto es consistente con la teoría en todas las especificaciones estimadas.

El hallazgo más estable del trabajo es de naturaleza distinta: el rendimiento bursátil ajustado al riesgo se explica de forma robusta y consistente por las características estructurales de la firma, tamaño y base operativa de partida, independientemente de las decisiones estratégicas de cartera de alianzas. Esta asimetría entre los determinantes del rendimiento operativo y del rendimiento bursátil constituye la principal contribución del trabajo, y sugiere que los mecanismos a través de los cuales las alianzas crean valor son más complejos que los capturables mediante indicadores agregados y muestras de tamaño reducido. Las implicaciones son directas: las alianzas no operan como una palanca universal de creación de valor, y su estudio requiere diseños con mayor potencia estadística, diferenciación entre tipos de acuerdo y datos de panel que permitan controlar la heterogeneidad no observada entre empresas.

PALABRAS CLAVE

complementariedad estratégica; alianzas estratégicas; intensidad en I+D; diversificación terapéutica; sector farmacéutico-biotecnológico; rendimiento operativo; valoración bursátil; innovación abierta; modelo CAPM.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS 2
RESUMEN 3
PALABRAS CLAVE 4
INTRODUCCIÓN 9
MARCO TEORICO 11
1. Factores que afectan a la valoración bursátil 11
1.1 Determinantes principales 11
1.1.1 Investigación y desarrollo 11
1.1.2 Alianzas estratégicas 12
1.2 Otros factores determinantes teóricos 14
1.2.1 Resultados financieros actuales 14
1.2.2 Riesgo regulatorio y político 14
1.2.3 Acceso a financiación y estructura de capital 14
2. La volatilidad en el sector farmacéutico y biotecnológico 15
2.1 Alta sensibilidad a eventos clínicos y regulatorios 15
2.2 Estructura de financiación y asimetría informativa 15
2.3 Modelo de valoración basado en expectativas y su impacto en la volatilidad 16
MARCO METODOLÓGICO 17
1. Justificación metodológica: vinculación entre fuentes y objetivos del trabajo 17
1.1. Fuentes de información financiera y estratégica 17
1.2. Justificación de indicadores financieros 17
1.3 Horizonte temporal 19
1.4 Modelo econométrico 19
1.4.1 Supuestos del modelo 20
1.5 Justificación del índice de referencia (CAPM) 20
1.5.1 Planteamiento y alternativas consideradas 20
1.5.2 Motivos de la elección del S&P 500 21
1.5.3 Limitaciones y robustez 21
2. Hipótesis y variables 22
2.1 Hipótesis 22
2.2 Variables principales 22
2.2.1 Medición de la diversificación de alianzas: enfoque por áreas terapéuticas 23

2.2.2 Limitaciones en la medición de alianzas estratégicas 23
2.2.3 Consideraciones metodológicas: riesgo de endogeneidad y causalidad inversa 24
2.2.4 Construcción y homogeneización de variables financieras 25
3. Criterios de selección de la Muestra 25
3.1 Potencia estadística y tamaño muestral 25
3.1.1 Tamaño muestral y mitigación de su impacto 25
3.2 Clasificación sectorial 26
3.3 Justificación del Umbral mínimo de Capitalización 27
4. Procedimiento del análisis 28
4.1 Recolección y construcción de datos 28
4.2 Construcción de variables 28
4.3 Construcción y depuración de la base de datos 30
4.4 Estimación econométrica 31
4.5 Visualización y diagnóstico del modelo 31
5. Aplicación empírica y análisis de resultados 31
5.1 Codificación de variables estratégicas 32
5.1.1 Variable D (Diversificación de alianzas): Metodología de codificación . 32
5.2 Problemas encontrados durante la estimación econométrica y ajustes del modelo 33
5.2.1 Multicolinealidad (VIF) 33
5.2.2 Heterocedasticidad (Breusch–Pagan) 34
5.2.3 Ajustes del modelo 34
5.2.4 Robustez 35
5.2.5 Errores estándar robustos 35
5.3 Análisis descriptivo de la muestra 35
5.3.1 Estadísticos descriptivos globales 36
5.3.2 Comparación entre Big Pharma y Biotech 36
5.3.3 Matriz de correlaciones 38
5.3.4 Resultados de la regresión OLS 38
5.4 Análisis de relaciones y contrastación de hipótesis 41
5.4.1 Relación entre diversificación de alianzas (D) y rendimiento comercial (RC) 41
5.4.2 Relación entre diversificación de alianzas (D) y rendimiento bursátil (RB) 42
5.4.3 Efecto de interacción entre diversificación e intensidad en I+D sobre el rendimiento bursátil 43

5.4.4 Distribución del rendimiento comercial (RC) según la fase de desarrollo 45
5.4.5 Análisis de residuos de los modelos econométricos 46
5.4.6 Relación entre intensidad en I+D y rendimiento comercial (RC) 49
6. Conclusiones 50
6.1 Recapitulación del objetivo y de la hipótesis 50
6.2 Síntesis de los resultados 51
6.3 Contrastación de la hipótesis 52
6.4 Implicaciones 53
6.4.1 Implicaciones académicas 53
6.4.2 Implicaciones para la dirección estratégica 53
6.4.3 Implicaciones para los inversores 54
6.5 Líneas de investigación futuras 54
6.6 Reflexión final 54
GLOSARIO 56
ANEXO TABLAS 58
TABLA 6. BASE DE DATOS 58
TABLA 7. TABLA FINAL 62
TABLA 8. TABLA FINAL WINSONORIZADA 64
TABLA 9. CAPM 66
TABLA 10. SALIDAS DE RSTUDIO DEL MODELO RC Y RB 68
TABLA 11. TEST ECONOMÉTRICOS 69
TABLA 12. HETEROCEDASTICIDAD 70
TABLA 13. MODELOS SIN INTERACCIÓN 70
TABLA 14. HC3 72
TABLA 15. MODELOS CENTRADOS — COMPROBACIÓN DE ROBUSTEZ (HC3) 73
BIBLIOGRAFIA 74
MARCO TEORICO 74
MARCO METODOLOGICO 77

INTRODUCCIÓN

El sector farmacéutico y biotecnológico constituye uno de los entornos económicos más complejos y exigentes en términos de creación de valor. Se trata de una industria intensiva en conocimiento, sometida a ciclos de desarrollo extraordinariamente largos —un nuevo medicamento puede requerir entre diez y quince años desde su descubrimiento hasta su comercialización— y a tasas de fracaso elevadísimas, especialmente en las fases clínicas avanzadas (Pisano, 2006; Xu, 2009). A pesar de estas dificultades, el sector representa un peso económico considerable a escala global: la industria farmacéutica mueve aproximadamente 1,6 billones de dólares anuales y concentra una proporción de inversión en I+D que supera, en términos relativos, a la de cualquier otro sector productivo. Adicionalmente, su relevancia trasciende la dimensión meramente económica: los avances científicos derivados de su actividad inciden de manera directa sobre la salud pública, la longevidad de la población y la respuesta a crisis sanitarias globales, como ha quedado evidenciado durante la pandemia de COVID-19, en la que las plataformas tecnológicas de empresas biotecnológicas como Moderna o BioNTech permitieron acelerar el desarrollo de vacunas en plazos sin precedentes (Piñeiro-Chousa et al., 2022). En este contexto, comprender los mecanismos que determinan el éxito empresarial en farma y biotech no es solo un ejercicio de análisis financiero, sino una cuestión con implicaciones estratégicas, regulatorias y sociales de primer orden.

Dentro de este sector, las alianzas estratégicas se han consolidado como uno de los mecanismos más relevantes de creación de valor. La elevada incertidumbre tecnológica, los costes prohibitivos del desarrollo clínico y la creciente complejidad científica han llevado a las empresas farmacéuticas y biotecnológicas a recurrir de manera sistemática a colaboraciones externas para complementar sus capacidades internas, compartir riesgos y acceder a conocimiento especializado (Chesbrough, 2003; Rothaermel & Deeds, 2004). Estas alianzas adoptan formas muy diversas —acuerdos de I+D, licencias tecnológicas, joint ventures, co-desarrollo y operaciones de fusión y adquisición— y abarcan distintas fases del ciclo de innovación, desde la investigación temprana hasta la comercialización conjunta. Sin embargo, a pesar de la atención que han recibido en la literatura académica, persisten preguntas relevantes sobre las condiciones bajo las cuales estas alianzas se traducen efectivamente en mejoras del rendimiento empresarial. En particular, no está claro si la simple proliferación de acuerdos —entendida como diversificación de alianzas a través de distintas áreas terapéuticas— constituye por sí sola una palanca de creación de valor, o si su efectividad depende de otros factores estructurales como la capacidad innovadora interna de la empresa o su fase de desarrollo. Las evidencias previas son fragmentarias y, en muchos casos, se han centrado en eventos puntuales (event studies sobre anuncios concretos) más que en la evaluación del impacto estructural a medio plazo (Hwang, 2013; Xu, 2006). Esta laguna en la literatura es la que motiva el presente trabajo.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es analizar el impacto de las alianzas estratégicas sobre dos dimensiones clave del rendimiento empresarial en el sector

farmacéutico y biotecnológico —el rendimiento comercial, medido a través del crecimiento de ingresos y la variación del margen operativo, y la valoración bursátil, medida como el rendimiento ajustado al riesgo según el modelo CAPM— prestando especial atención al **papel moderador de la intensidad en I+D** y a la **diversificación de las alianzas por áreas terapéuticas**. La hipótesis central que se contrasta es que el efecto positivo de las alianzas sobre ambas dimensiones del rendimiento es mayor cuanto más intensiva es la empresa en I+D y cuanto más diversificadas son sus colaboraciones, lo que implicaría una **complementariedad estratégica** entre capacidad innovadora interna y red de alianzas externas. Para contrastarla se construye una base de datos propia con información financiera y estratégica de 40 empresas farmacéuticas y biotecnológicas cotizadas durante el periodo 2020-2025, y se estiman dos modelos de regresión lineal múltiple por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) que incluyen un término de interacción entre las variables principales. La aportación del trabajo radica en la integración de tres elementos relativamente novedosos para un análisis de TFG en este ámbito: la **codificación manual de la diversificación terapéutica de las alianzas**, basada en la revisión sistemática de los pipelines y secciones de Investor Relations de cada empresa; la **distinción explícita entre rendimiento operativo y rendimiento bursátil**, que permite evaluar si las alianzas crean valor por igual en la dimensión interna de la empresa y en la externa de los mercados financieros; y la consideración del término de **interacción D × I+D** como pieza central del análisis, en lugar de tratar la diversificación y la I+D como variables independientes aisladas, lo cual permite contrastar empíricamente el argumento teórico de la complementariedad.

El documento se estructura de la siguiente manera. El **marco teórico** presenta los principales determinantes de la valoración bursátil en sectores intensivos en I+D, profundiza en el papel de las alianzas estratégicas y la innovación abierta, y discute la elevada volatilidad característica del sector farmacéutico-biotecnológico. El **marco metodológico** justifica las decisiones empíricas adoptadas, incluyendo la elección del modelo CAPM con el S&P 500 como índice de referencia, el horizonte temporal 2020-2025, la especificación econométrica con interacción y los criterios de selección de la muestra. La sección de **aplicación empírica y análisis de resultados** describe la construcción de la base de datos, presenta los estadísticos descriptivos y la matriz de correlaciones, expone los resultados de las regresiones múltiples y los tests econométricos asociados (multicolinealidad y heterocedasticidad), y discute las implicaciones de los hallazgos para la contrastación de la hipótesis. Finalmente, las **conclusiones** sintetizan los principales hallazgos, evalúan el grado de apoyo empírico recibido por la hipótesis, reconocen las limitaciones del análisis y proponen líneas de investigación futura. Se incluyen además un **glosario** con los principales términos técnicos empleados, una **bibliografía** completa y los **anexos** con las tablas de resultados detallados.

MARCO TEORICO

En las industrias farmacéutica y biotecnológica, la valoración bursátil depende en gran medida de expectativas sobre innovación futura, debido a la elevada intensidad en I+D, los largos ciclos de desarrollo y la incertidumbre asociada al éxito clínico y regulatorio de los proyectos (Golec & Vernon, 2009; Xu, 2009). Estas condiciones implican que el mercado no solo valore los indicadores financieros tradicionales, sino también señales de innovación, potencial de patentes, avance de productos en desarrollo y capacidad para gestionar riesgos regulatorios y tecnológicos.

En este contexto, la valoración bursátil refleja una combinación de expectativas sobre innovación futura, estructura de riesgos y capacidad de las empresas para transformar conocimiento científico en beneficios sostenibles (Damodaran, 2012). Su relevancia estratégica es especialmente elevada en este sector, ya que un valor bursátil sólido puede facilitar el acceso a financiación externa para desarrollar nuevos proyectos de I+D o ampliar la capacidad productiva, mejorar la posición negociadora en alianzas y acuerdos de licencia tecnológica, y reducir el coste de capital gracias a la confianza del mercado en el potencial innovador de la empresa.

Por el contrario, una valoración baja puede limitar los recursos disponibles para investigación y desarrollo, obligar a priorizar proyectos o incrementar el riesgo financiero de la compañía. Esta situación resulta especialmente relevante en empresas biotecnológicas emergentes, cuya valoración puede fluctuar considerablemente en función de resultados clínicos, aprobaciones regulatorias o expectativas sobre su pipeline de productos, afectando directamente a su capacidad para atraer inversión y sostener procesos de innovación continuados (Golec & Vernon, 2009).

1. Factores que afectan a la valoración bursátil

1.1 Determinantes principales

1.1.1 Investigación y desarrollo

La intensidad y efectividad de la inversión en investigación y desarrollo (I+D) constituye uno de los principales mecanismos de creación de valor en las industrias farmacéutica y biotecnológica. La I+D engloba el conjunto de actividades orientadas al descubrimiento, desarrollo y validación científica de nuevos productos farmacéuticos (Lev & Sougiannis, 1996; Xu, 2009).

Estas inversiones se caracterizan por elevados costes, largos periodos de maduración y una elevada incertidumbre. No obstante, cuando los proyectos alcanzan fases avanzadas de desarrollo, pueden generar activos intangibles estratégicos —como patentes, plataformas tecnológicas o productos clínicos— con capacidad para producir rentabilidades futuras significativas (Lev & Sougiannis, 1996; Ghazal et al., 2024).

Desde la perspectiva del mercado de capitales, las empresas con una elevada intensidad en I+D tienden a ser valoradas de forma más favorable, ya que los inversores interpretan estas inversiones como una señal de mayor capacidad innovadora y de generación de beneficios a largo plazo. La literatura financiera ha demostrado que el mercado no trata la inversión en I+D como un gasto corriente, sino que la capitaliza implícitamente al incorporarla en la valoración bursátil de las empresas. En este sentido, Lev y Sougiannis (1996) es coherente con que la I+D posee relevancia valorativa, ya que los inversores la interpretan como un activo capaz de generar beneficios futuros.

Un ejemplo representativo fue el caso de Moderna y BioNTech durante la pandemia de COVID-19, donde el rápido avance de sus plataformas de ARNm incrementó significativamente su valoración bursátil al reforzar las expectativas del mercado sobre su capacidad innovadora y el potencial comercial de sus desarrollos tecnológicos.

1.1.2 Alianzas estratégicas

Las alianzas estratégicas constituyen acuerdos de colaboración orientados a actividades como I+D, co-desarrollo de productos, licencias tecnológicas o comercialización conjunta. En industrias intensivas en conocimiento como la farmacéutica y la biotecnológica, estas alianzas permiten compartir costes, reducir incertidumbre y acceder a capacidades tecnológicas complementarias (Danzon et al., 2005; Rothaermel & Deeds, 2004).

Desde la perspectiva del mercado de capitales, los anuncios de alianzas suelen generar reacciones positivas cuando se interpretan como señales de validación tecnológica, aceleración del desarrollo clínico o incremento de la probabilidad de éxito comercial. Diversos estudios evidencian que las colaboraciones estratégicas pueden mejorar la productividad innovadora y complementar capacidades internas de las empresas (Cockburn & Henderson, 1998; Higgins & Rodriguez, 2006).

Un ejemplo reciente es la alianza entre Johnson & Johnson y Legend Biotech para el desarrollo y comercialización de terapias CAR-T en enfermedades hematológicas. Este tipo de colaboraciones permite combinar capacidades científicas, regulatorias y comerciales, reforzando las expectativas del mercado sobre el potencial de escalabilidad y generación futura de ingresos de los activos desarrollados conjuntamente.

Sin embargo, la literatura no considera que el efecto de las alianzas estratégicas sea universalmente positivo. Diversos autores señalan que una elevada diversificación de colaboraciones puede generar costes de coordinación, dificultades de integración del conocimiento y pérdida de foco estratégico, especialmente en organizaciones con capacidades limitadas de absorción tecnológica o estructuras menos desarrolladas (Hoang & Rothaermel, 2005). En consecuencia, el impacto de las alianzas dependería no solo de su existencia, sino

también de la capacidad interna de la empresa para gestionar la complejidad organizativa derivada de dichas colaboraciones.

1.1.2.1 Alianzas estratégicas desde la perspectiva de Open Innovation

El concepto de Open Innovation fue desarrollado por Chesbrough (2003) y sostiene que las empresas pueden utilizar tanto conocimiento interno como externo para acelerar sus procesos de innovación y desarrollo tecnológico. Frente a modelos tradicionales de innovación cerrada, este enfoque plantea que las organizaciones generan mayor valor cuando combinan capacidades propias con recursos científicos, tecnológicos y comerciales procedentes de agentes externos.

En industrias intensivas en I+D como la farmacéutica y la biotecnológica, la innovación abierta adquiere especial relevancia debido a los elevados costes de desarrollo, los largos ciclos de innovación, la elevada incertidumbre regulatoria y las altas tasas de fracaso clínico. En este contexto, las empresas recurren con frecuencia a alianzas estratégicas, acuerdos de licencia, colaboraciones con universidades y adquisiciones selectivas de compañías biotecnológicas para complementar capacidades internas y acceder a conocimiento especializado.

Desde una perspectiva estratégica, la literatura sugiere que estos mecanismos permiten reducir riesgos, acelerar el time-to-market y mejorar el acceso a capacidades tecnológicas complementarias (Chesbrough, 2003; Rothaermel & Deeds, 2004). Asimismo, las alianzas pueden facilitar la distribución del riesgo financiero asociado al desarrollo clínico y mejorar la flexibilidad organizativa en entornos altamente dinámicos e inciertos.

No obstante, la literatura también señala que la capacidad de las empresas para beneficiarse de conocimiento externo depende de la existencia de capacidades internas previas. Desde la perspectiva de la absorptive capacity desarrollada por Cohen y Levinthal (1990), la inversión en I+D no solo permite generar innovación propia, sino también identificar, asimilar y explotar conocimiento procedente de colaboraciones externas. Bajo este enfoque, las alianzas estratégicas y la I+D interna no actuarían como mecanismos sustitutivos, sino complementarios, de modo que la efectividad de las alianzas dependería parcialmente de la capacidad tecnológica acumulada por la empresa.

1.1.2.2 Caso aplicado: Modelo de creación de valor mediante alianzas

Un caso ilustrativo dentro del sector biotecnológico es el modelo implementado por Roivant Sciences. La compañía ha desarrollado una estrategia basada en la adquisición de activos clínicos con potencial, que posteriormente son gestionados y desarrollados mediante filiales especializadas (“Vants”), cada una enfocada en áreas terapéuticas o programas específicos (Pfizer, 2022).

Este modelo combina la descentralización operativa del riesgo con alianzas estratégicas, acuerdos de licencia y estructuras de coinversión junto a grandes compañías farmacéuticas. Un ejemplo representativo es la operación realizada a través de Telavant en colaboración con Pfizer, que permitió monetizar parcialmente

un activo clínico antes de su comercialización final mediante pagos iniciales, hitos regulatorios y derechos económicos futuros.

Desde la perspectiva del mercado, este tipo de operaciones puede afectar positivamente a la valoración bursátil a través de distintos mecanismos. En primer lugar, la entrada de un socio estratégico consolidado reduce la incertidumbre percibida sobre el activo y actúa como señal de validación científica, clínica y comercial. Asimismo, los pagos asociados al acuerdo permiten anticipar flujos de caja futuros con mayor visibilidad, mejorando las expectativas sobre el valor económico del proyecto. Finalmente, la liquidez obtenida puede reasignarse hacia nuevos programas de I+D, favoreciendo la diversificación y optimización del pipeline de desarrollo.

En conjunto, el caso de Roivant muestra cómo las alianzas estratégicas no solo afectan las expectativas comerciales futuras, sino también la valoración bursátil de las compañías, al modificar la distribución del riesgo, la visibilidad de ingresos potenciales y la capacidad de financiación de nuevos proyectos innovadores.

1.2 Otros factores determinantes teóricos

1.2.1 Resultados financieros actuales

Los resultados financieros históricos, como ingresos, crecimiento de ventas y márgenes operativos, continúan siendo determinantes relevantes de la valoración bursátil (Damodaran, 2012). En industrias intensivas en I+D, estos indicadores no solo reflejan la capacidad actual de generación de beneficios, sino también la disponibilidad de recursos internos para financiar proyectos de innovación y absorber periodos prolongados de incertidumbre clínica y regulatoria. En consecuencia, las empresas con flujos de caja más estables tienden a presentar una menor percepción de riesgo y una mayor capacidad para sostener estrategias de crecimiento basadas en innovación.

1.2.2 Riesgo regulatorio y político

Las decisiones regulatorias, como aprobaciones clínicas, restricciones de comercialización o modificaciones en políticas de precios, afectan directamente a las expectativas de ingresos futuros y a la percepción de riesgo de las empresas farmacéuticas y biotecnológicas (Dranove & Meltzer, 1994). En consecuencia, cambios regulatorios en mercados clave pueden generar elevada volatilidad bursátil, especialmente en compañías cuya valoración depende en gran medida del éxito esperado de productos todavía en desarrollo (Golec & Vernon, 2009; Hwang, 2013).

1.2.3 Acceso a financiación y estructura de capital

La capacidad de acceso a financiación, ya sea mediante emisión de acciones, deuda o acuerdos estratégicos, constituye un factor relevante para la valoración bursátil en industrias intensivas en I+D. Las empresas con mayor flexibilidad financiera pueden sostener proyectos de desarrollo prolongados sin comprometer su liquidez operativa, reduciendo así el riesgo percibido por el mercado (Xu, 2009).

En sectores caracterizados por elevados costes hundidos e incertidumbre tecnológica, la disponibilidad de financiación también influye en la capacidad de las compañías para mantener pipelines diversificados y afrontar retrasos regulatorios o clínicos. En este contexto, han surgido mecanismos específicos de financiación para empresas biotecnológicas, como el modelo SWORD-financing, orientados a facilitar la obtención de capital para proyectos de I+D minimizando la dilución accionarial y mejorando la capacidad de atraer inversión externa.

2. La volatilidad en el sector farmacéutico y biotecnológico

La volatilidad bursátil refleja el grado de fluctuación del precio de un activo financiero y suele interpretarse como un indicador de riesgo asociado a la incertidumbre de las expectativas del mercado (Hall, 1993; Hwang, 2013).

En sectores como el farmacéutico y la biotech, la volatilidad suele ser más elevada que en industrias tradicionales debido a la alta incertidumbre asociada con la innovación científica, los procesos regulatorios y la estructura financiera de las empresas que dependen de proyectos de largo plazo y resultados experimentales.

2.1 Alta sensibilidad a eventos clínicos y regulatorios

Una característica central de estas industrias es que gran parte del valor de las empresas depende de activos que todavía no generan ingresos, como productos en fases de desarrollo clínico. En este contexto, los inversores valoran probabilidades de éxito futuro, por lo que los resultados clínicos y regulatorios tienen un impacto directo sobre las expectativas de ingresos y, en consecuencia, sobre el precio de las acciones.

El éxito en fases clínicas avanzadas, especialmente en Fase II y Fase III, suele incrementar significativamente la probabilidad percibida de aprobación comercial, generando revisiones positivas en la valoración bursátil (Cohen et al., 2020; Sarkar & de Jong, 2006). Por el contrario, retrasos, resultados negativos o rechazos regulatorios pueden reducir drásticamente las expectativas de rentabilidad futura y provocar caídas abruptas en la cotización (Sorescu et al., 2008).

La evidencia empírica respalda este comportamiento. Hwang (2013) muestra que los anuncios relacionados con ensayos clínicos representan una proporción significativa de las variaciones de precio a corto plazo en empresas biofarmacéuticas, generando retornos anormales superiores a las fluctuaciones habituales del mercado. Estos hallazgos muestran que, en esta industria, los eventos clínicos y regulatorios juegan un papel decisivo en la valoración bursátil.

2.2 Estructura de financiación y asimetría informativa

A esta dinámica se suma la estructura financiera particular de muchas empresas en fase de desarrollo, que suelen depender de rondas de financiación, capital riesgo o emisiones de acciones para sostener sus operaciones. Esta situación genera asimetrías informativas entre directivos e inversores externos, ya que la información sobre el avance real de los proyectos no siempre es plenamente observable por el mercado.

Como consecuencia, los inversores ajustan sus expectativas a partir de señales parciales, como resultados preliminares, anuncios corporativos o acuerdos estratégicos, lo que puede incrementar la volatilidad bursátil y amplificar las reacciones del mercado ante nueva información.

2.3 Modelo de valoración basado en expectativas y su impacto en la volatilidad

En industrias intensivas en investigación y desarrollo (I+D), como la farmacéutica y la biotecnológica, es frecuente observar que compañías en fase de desarrollo, es decir, aquellas que aún no han comercializado productos y dependen de la progresión de sus proyectos de investigación para generar ingresos futuros, alcancen valoraciones bursátiles significativas a pesar de no reportar beneficios operativos presentes. Este fenómeno puede explicarse por la valoración basada en expectativas futuras. Hall (1993) sostiene que los inversionistas perciben la I+D como una inversión en lugar de un gasto, de manera que los gastos en investigación y desarrollo tienen efectos positivos en la valoración de mercado, incluso si no generan ganancias inmediatas (Hall, 1993, p. 261).

Siguiendo este enfoque, los mercados financieros asignan valor a los proyectos de I+D considerando la probabilidad de que se conviertan en productos comercializables y generen flujos de efectivo futuros. Señales como el éxito en ensayos clínicos, la obtención de patentes, la existencia de tecnologías diferenciadoras y la posibilidad de establecer alianzas estratégicas son incorporadas por los inversionistas en su valoración, incrementando la capitalización bursátil independientemente de la rentabilidad actual.

Asimismo, la evaluación de activos intangibles estratégicos, como pipelines innovadores, permite a los mercados reconocer el potencial competitivo de la empresa. Como señala Barney (1991), las empresas que poseen recursos valiosos, raros, difíciles de imitar y no sustituibles pueden obtener rendimientos superiores sostenidos (Barney, 1991, p. 99).

En este contexto, la valoración bursátil de muchas compañías farmacéuticas y biotecnológicas se basa principalmente en expectativas sobre flujos de caja futuros asociados a activos todavía no consolidados comercialmente. Como consecuencia, cualquier información que modifique la probabilidad percibida de éxito, como resultados clínicos, decisiones regulatorias o acuerdos estratégicos, puede generar ajustes significativos en la capitalización bursátil.

De este modo, la volatilidad característica del sector no responde únicamente a la llegada de nueva información, sino también al elevado peso de activos intangibles e inciertos dentro de la valoración empresarial. Este mecanismo explica por qué numerosas compañías pueden alcanzar valoraciones elevadas incluso en ausencia de rentabilidad operativa actual, especialmente en etapas tempranas de desarrollo.

MARCO METODOLÓGICO

1. Justificación metodológica: vinculación entre fuentes y objetivos del trabajo

En sectores intensivos en I+D, como el farmacéutico y biotecnológico, las **alianzas estratégicas** constituyen un motor clave de creación de valor y mitigación de riesgos. No obstante, no toda la información es accesible públicamente y existen diferencias entre lo que las empresas comunican a inversores y lo que permanece confidencial. Esto se ha podido lograr mediante la búsqueda en comunicados de prensa y medios especializados, lo que ha permitido corroborar fechas, alcance y condiciones en estas alianzas; y en los Informes de Investor Relations (IR) de cada compañía, más específicamente en la sección *Earnings Call* y *Partnerships*, donde se detallan resultados financieros, acuerdos estratégicos y colaboraciones.

1.1. Fuentes de información financiera y estratégica

La construcción de la base de datos se realizó a partir de fuentes públicas y verificables, combinando información financiera, bursátil y estratégica procedente de informes corporativos, plataformas financieras y documentación oficial de las compañías analizadas.

Los datos financieros y de mercado, incluyendo precios históricos ajustados, capitalización bursátil, rentabilidad y métricas de riesgo, fueron obtenidos mediante plataformas financieras ampliamente utilizadas en investigación aplicada y análisis de mercados, como Yahoo Finance, FINVIZ y Bloomberg. La utilización de estas fuentes permitió homogeneizar la información entre compañías cotizadas de distintos mercados y garantizar consistencia temporal en las series empleadas.

La información relativa a alianzas estratégicas, acuerdos de colaboración y diversificación terapéutica fue recopilada manualmente a partir de informes anuales, presentaciones corporativas, secciones de Investor Relations, pipelines clínicos y comunicados oficiales de las empresas. Este procedimiento permitió construir una medida propia de diversificación de alianzas adaptada al objetivo específico del estudio.

La combinación de fuentes financieras y estratégicas facilita la replicabilidad del análisis y permite integrar variables heterogéneas bajo criterios consistentes de estandarización interempresarial.

1.2. Justificación de indicadores financieros

Para evaluar el rendimiento bursátil y comercial de las empresas analizadas se emplean el modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) y la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR), al permitir construir medidas comparables de rendimiento ajustado por riesgo y crecimiento estructural.

En primer lugar, el CAPM se utiliza para estimar el retorno esperado de cada acción en función del riesgo sistemático asumido por la empresa. Para ello, se emplea la beta histórica a cinco años, junto con el rendimiento del mercado y la tasa libre de riesgo, siguiendo la formulación clásica del modelo (Sharpe, 1964; Lintner, 1965). La diferencia entre el retorno observado y el retorno esperado permite aproximar desviaciones de rendimiento potencialmente asociadas a factores estratégicos como las alianzas o la intensidad innovadora.

Complementariamente, el CAGR se aplica tanto al crecimiento de ingresos como al rendimiento bursátil agregado, con el objetivo de obtener una medida anualizada de crecimiento que reduzca el impacto de fluctuaciones de corto plazo y facilite la comparación entre empresas con trayectorias heterogéneas (Damodaran, 2012)

La combinación de CAPM y CAGR responde a una lógica metodológica complementaria. Mientras el CAPM permite aislar parcialmente el efecto del riesgo sistemático y evaluar desviaciones de rentabilidad ajustadas al mercado, el CAGR captura dinámicas de crecimiento estructural sostenido durante el horizonte temporal analizado. De este modo, ambas métricas permiten aproximar el rendimiento empresarial desde una perspectiva tanto financiera como operativa, evitando depender exclusivamente de variaciones bursátiles puntuales o de indicadores contables de corto plazo.

Como proxy del rendimiento del mercado se utiliza el S&P 500 Total Return Index, ampliamente empleado en la literatura financiera como referencia en modelos de valoración ajustados por riesgo. Su utilización permite mantener consistencia metodológica en la estimación de betas y garantizar comparabilidad entre compañías cotizadas en distintos mercados. Asimismo, su elección responde también a criterios de coherencia con la fuente de datos utilizada, ya que plataformas financieras como FINVIZ emplean este índice como benchmark estándar en la construcción de métricas históricas de riesgo y rendimiento.

La tasa libre de riesgo se aproxima mediante el rendimiento del bono del Tesoro estadounidense a 10 años, dada su elevada liquidez, estabilidad y utilización recurrente como activo libre de riesgo en modelos de valoración financiera. Su elección resulta especialmente adecuada en el contexto del presente estudio por varias razones. En primer lugar, gran parte de las compañías analizadas cotiza en dólares estadounidenses o mantiene una fuerte exposición a mercados financieros internacionales denominados en esta divisa. En segundo lugar, el horizonte temporal del bono es coherente con la naturaleza estructural del análisis y con los largos ciclos de inversión característicos del sector farmacéutico y biotecnológico, donde los retornos asociados a la innovación y al desarrollo clínico suelen materializarse en periodos prolongados. Finalmente, el Treasury estadounidense constituye la referencia dominante en los mercados internacionales de capitales, lo que refuerza la trazabilidad financiera entre empresas de distintos países (Damodaran, 2012).

1.3 Horizonte temporal

El análisis se desarrolla para el período 2020–2025, horizonte temporal coherente con la construcción de las variables financieras y con el cálculo de la beta histórica utilizada en el modelo CAPM.

La elección de un horizonte de cinco años permite evaluar efectos estratégicos de carácter estructural sobre el rendimiento comercial y bursátil de las compañías analizadas, reduciendo la influencia de fluctuaciones anuales o eventos transitorios que podrían distorsionar la interpretación de los resultados.

Asimismo, la variable de diversificación de alianzas se construye considerando acuerdos activos durante dicho período, con el objetivo de capturar estrategias efectivamente implementadas y no colaboraciones puntuales sin continuidad operativa.

Esta delimitación temporal contribuye parcialmente a mitigar riesgos de causalidad inversa, dado que las alianzas consideradas son previas o simultáneas a los resultados financieros utilizados en el análisis.

1.4 Modelo econométrico

Para analizar la relación entre diversificación de alianzas, intensidad en I+D y rendimiento empresarial, se emplea un modelo de regresión lineal múltiple con término de interacción, estimado mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) (Wooldridge, 2013; Gujarati & Porter, 2009).

Este enfoque permite estimar tanto los efectos individuales de las variables explicativas como su efecto combinado, incorporando además variables de control relacionadas con el tamaño, la rentabilidad y la fase de desarrollo de las compañías analizadas.

A pesar de las limitaciones inherentes a los modelos observacionales aplicados a muestras reducidas y heterogéneas, el enfoque OLS resulta adecuado para los objetivos exploratorios del presente estudio, al ser un método transparente y aceptado en análisis financiero y estratégico, permitiendo identificar patrones estructurales de asociación entre variables estratégicas y variables de rendimiento en un contexto caracterizado por disponibilidad limitada de datos homogéneos.

Las ecuaciones estimadas son:

$$RC = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(ID) + \beta_3(D \times ID) + \gamma Xi + \varepsilon$$
$$RB = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(ID) + \beta_3(D \times ID) + \gamma Xi + \varepsilon$$

donde D representa la diversificación de alianzas, ID la intensidad en I+D y X el conjunto de variables de control incluidas en el modelo.

El coeficiente $\boldsymbol{\beta_1}$ captura el efecto asociado a la diversificación de alianzas, mientras que $\boldsymbol{\beta_2}$ mide el impacto de la intensidad en I+D. El término de interacción

β_3 permite evaluar si el efecto de las alianzas estratégicas sobre el rendimiento comercial y bursátil varía en función del nivel de intensidad innovadora de la empresa. Un coeficiente de interacción positivo y estadísticamente significativo sería consistente con la hipótesis central del estudio, según la cual la combinación de elevada intensidad en I+D y mayor diversificación de alianzas se asocia con mayores niveles de rendimiento empresarial.

1.4.1 Supuestos del modelo

La estimación mediante OLS descansa sobre los supuestos clásicos de linealidad entre las variables explicativas y la dependiente, independencia de los errores, homocedasticidad (varianza constante de los residuos) y ausencia de multicolinealidad perfecta entre regresores (Wooldridge, 2013). Cuando estos supuestos se cumplen, el teorema de Gauss-Markov garantiza que los estimadores OLS son insesgados y eficientes. No obstante, dada la heterogeneidad estructural de las empresas incluidas en la muestra (especialmente en tamaño, volatilidad y fase de desarrollo), es posible que algunos de estos supuestos no se satisfagan estrictamente. En particular, pueden surgir problemas de heterocedasticidad y correlación parcial entre la intensidad en I+D y la diversificación de alianzas.

Con el fin de mejorar la robustez de la inferencia estadística, los modelos se estiman utilizando errores estándar robustos a heterocedasticidad HC3, recomendados en muestras relativamente pequeñas por su mayor estabilidad frente a observaciones influyentes. Asimismo, el contraste empírico de los supuestos del modelo se realiza en el apartado 5.2 mediante el test de Breusch-Pagan para evaluar la homocedasticidad y el factor de inflación de la varianza (VIF) para detectar posibles problemas de multicolinealidad. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como asociaciones estadísticas consistentes con el marco teórico planteado, evitando inferencias causales estrictas.

1.5 Justificación del índice de referencia (CAPM)

1.5.1 Planteamiento y alternativas consideradas

La muestra analizada está compuesta por empresas farmacéuticas y biotecnológicas con actividad global y cotización en distintos mercados internacionales. En consecuencia, la selección de un índice de referencia homogéneo constituye una decisión metodológica relevante para la aplicación consistente del modelo CAPM y para la comparabilidad de los resultados obtenidos.

En este contexto, se consideraron tres alternativas principales para aproximar el rendimiento del mercado:

I. la utilización del S&P 500 como benchmark único para todas las empresas de la muestra;
II. el uso de índices nacionales específicos para cada compañía, como el DAX, IBEX 35, SMI, FTSE 100 o Nikkei 225;
III. la utilización de un índice global agregado, como el MSCI World All Country Index (ACWI).

Cada una de estas alternativas presenta ventajas y limitaciones metodológicas. Mientras los índices locales permiten captar de forma más precisa el riesgo sistemático doméstico de cada empresa, su utilización introduce heterogeneidad en las primas de riesgo de mercado y dificulta la consistencia entre observaciones. Por el contrario, un *benchmark* único facilita la homogeneización del análisis, aunque puede simplificar parcialmente las diferencias existentes entre mercados nacionales.

1.5.2 Motivos de la elección del S&P 500

Finalmente, se optó por utilizar el S&P 500 Total Return Index como índice de referencia común para todas las compañías analizadas, debido a criterios de consistencia metodológica, disponibilidad de datos y comparabilidad financiera.

En primer lugar, una parte relevante de las empresas incluidas en la muestra cotiza directamente en mercados estadounidenses o dispone de *American Depositary Receipts* (ADR) negociados en dólares estadounidenses. Dado que el análisis bursátil se realiza sobre cotizaciones expresadas mayoritariamente en esta divisa, resulta metodológicamente coherente emplear un *benchmark* denominado también en dólares.

En segundo lugar, el sector farmacéutico y biotecnológico presenta una elevada integración financiera internacional y una fuerte presencia de capital institucional estadounidense. Como consecuencia, el riesgo sistemático relevante para muchas de estas compañías se encuentra estrechamente vinculado a la evolución del mercado bursátil norteamericano, incluso en el caso de empresas con sede fuera de Estados Unidos.

En tercer lugar, el *S&P 500* mantiene una elevada correlación con los principales índices bursátiles internacionales en horizontes temporales amplios, especialmente en mercados desarrollados altamente integrados. Esto permite utilizarlo como aproximación razonable al comportamiento agregado del mercado global dentro del contexto del estudio (Campbell & Hamao, 1992; Fama & French, 1998).

Adicionalmente, la utilización de un único *benchmark* evita introducir heterogeneidad derivada del uso de distintos índices nacionales y distintas primas de riesgo, lo que facilita el análisis interno de las estimaciones obtenidas.

Finalmente, la elección del *S&P 500* también responde a criterios de coherencia con las fuentes de información financiera utilizadas en el estudio, ya que plataformas como *FINVIZ* emplean este índice como *benchmark* estándar en la construcción de métricas históricas de riesgo y rendimiento.

1.5.3 Limitaciones y robustez

A pesar de las ventajas metodológicas derivadas de utilizar un *benchmark* único, el uso del S&P 500 puede introducir ciertas limitaciones en la estimación del riesgo

sistemático de empresas no estadounidenses. En particular, la beta de algunas compañías europeas o asiáticas podría diferir parcialmente de la que se obtendría utilizando índices domésticos específicos, por lo que los resultados deben interpretarse como aproximaciones homogéneas dentro de un contexto de análisis internacional.

No obstante, la elevada integración de los mercados financieros desarrollados y la fuerte correlación existente entre los principales índices bursátiles internacionales permiten considerar que este posible sesgo es relativamente limitado y no compromete la comparabilidad general del estudio. Como línea futura de investigación, podría replicarse el análisis utilizando *benchmarks* alternativos, como el *MSCI World ACWI* o índices regionales específicos, con el objetivo de evaluar la robustez de las estimaciones obtenidas.

2. Hipótesis y variables

2.1 Hipótesis

La hipótesis central del estudio plantea que las empresas farmacéuticas y biotecnológicas obtienen un mayor rendimiento comercial y bursátil cuando combinan una elevada intensidad en I+D con una mayor diversificación de alianzas estratégicas.

En consecuencia, se espera que el efecto de las alianzas estratégicas sobre el rendimiento empresarial sea más positivo en aquellas compañías con mayores capacidades de innovación.

2.2 Variables principales

Variables dependientes

Rendimiento Comercial (RC): indicador construido a partir del crecimiento anual compuesto (CAGR) de los ingresos y de la evolución del margen operativo durante el período 2020–2025, con el objetivo de capturar tanto la expansión comercial como la eficiencia operativa de la empresa.

Rendimiento Bursátil (RB): diferencia entre el retorno bursátil observado y el retorno esperado estimado mediante el modelo CAPM, utilizada como aproximación al rendimiento ajustado por riesgo de la compañía.

Variables independientes

Diversificación de alianzas (D): número de áreas terapéuticas distintas en las que la empresa mantiene alianzas estratégicas activas.

Variable moderadora

Intensidad en I+D (ID): ratio entre el gasto en investigación y desarrollo y los ingresos de la compañía, utilizada como aproximación al esfuerzo innovador relativo de la empresa.

Variables de control

- Tamaño de la empresa (logaritmo de capitalización bursátil)
- Margen operativo
- Fase de desarrollo (1 = Big Pharma / 0 = Biotech)

2.2.1 Medición de la diversificación de alianzas: enfoque por áreas terapéuticas

La variable Diversificación de alianzas (D) se mide como el número de áreas terapéuticas distintas en las que la empresa mantiene alianzas estratégicas activas. Se incluyen acuerdos de I+D, licencias, co-desarrollo, *joint ventures* y operaciones de M&A realizadas durante el período analizado que continúan generando colaboración estratégica o integración tecnológica.

El enfoque por áreas terapéuticas se adopta con el objetivo de capturar la amplitud estratégica de la cartera de alianzas y el grado de diversificación del riesgo científico asociado al desarrollo farmacéutico. A diferencia del simple recuento de contratos, esta aproximación permite observar hasta qué punto la empresa distribuye su actividad innovadora entre distintos campos clínicos y tecnológicos.

En segundo lugar, esta métrica permite una mayor homogeneidad sectorial entre empresas con modelos de negocio muy distintos —desde biotecnológicas altamente especializadas hasta grandes farmacéuticas diversificadas— evitando problemas de homogeneización derivados de la limitada disponibilidad pública de información detallada sobre la estructura económica y contractual de cada alianza.

Esta aproximación resulta coherente con parte de la literatura empírica sobre alianzas estratégicas en sectores intensivos en I+D, que tiende a utilizar indicadores agregados de diversificación tecnológica y organizativa frente a clasificaciones excesivamente detalladas por tipo de acuerdo (Hoang & Rothaermel, 2005; Rothaermel & Deeds, 2004).

2.2.2 Limitaciones en la medición de alianzas estratégicas

La variable de diversificación utilizada en este trabajo agrupa distintos tipos de colaboración estratégica (acuerdos de I+D, licencias, joint ventures, co-desarrollo y operaciones de adquisición) bajo una única métrica basada en áreas terapéuticas.

La identificación de dichas áreas se realizó utilizando la clasificación terapéutica ya empleada por las propias compañías en sus pipelines corporativos y

presentaciones para inversores, con el objetivo de mantener consistencia interna y reducir la subjetividad en el proceso de codificación.

No obstante, la literatura empírica sugiere que el mercado puede valorar de forma diferente cada tipo de alianza, especialmente en función de factores como el reparto de riesgos, la estructura de pagos, los derechos de comercialización o el perfil tecnológico del socio participante.

Una clasificación más desagregada permitiría analizar con mayor precisión qué tipos de colaboración generan un mayor impacto sobre el rendimiento empresarial. Sin embargo, la disponibilidad pública de información homogénea sobre las condiciones específicas de cada acuerdo resulta limitada y altamente asimétrica entre compañías, dificultando la construcción de una base de datos comparable para el conjunto de la muestra.

En consecuencia, se opta por utilizar una medida agregada de diversificación estratégica, reconociendo esta limitación como una posible línea de investigación futura mediante el uso de bases de datos especializadas del sector farmacéutico.

2.2.3 Consideraciones metodológicas: riesgo de endogeneidad y causalidad inversa

El análisis presenta potenciales riesgos de endogeneidad, especialmente asociados a problemas de causalidad inversa y variables omitidas.

En particular, podría argumentarse que no son las alianzas estratégicas las que generan un mayor rendimiento empresarial, sino que las empresas con mayor valoración bursátil, mejor posición competitiva o mayor capacidad financiera tienden a atraer más socios y desarrollar redes de colaboración más amplias. En ese caso, la dirección de la relación sería parcialmente inversa a la planteada en la hipótesis inicial.

Asimismo, determinadas características estructurales de las compañías, como el tamaño, la reputación tecnológica o la capacidad organizativa, podrían influir simultáneamente tanto en la intensidad innovadora como en la capacidad de establecer alianzas estratégicas, generando potenciales sesgos por variables omitidas.

Para mitigar parcialmente estos problemas, el modelo incorpora variables de control relacionadas con el tamaño empresarial, el margen operativo y la fase de desarrollo de la compañía. Estos controles permiten aproximar la solidez financiero previa y la capacidad económica de la empresa, mientras que la variable de fase de desarrollo contribuye a diferenciar entre compañías farmacéuticas consolidadas y empresas biotecnológicas en etapas más tempranas, reduciendo parcialmente la heterogeneidad estructural de la muestra.

Adicionalmente, la construcción temporal de las variables contribuye a reducir parcialmente riesgos de simultaneidad, dado que las alianzas consideradas

corresponden a acuerdos activos durante el período analizado, mientras que las variables de rendimiento se miden de forma agregada para el horizonte 2020–2025.

No obstante, debido al carácter observacional de los datos y a la ausencia de estrategias avanzadas de identificación causal —como variables instrumentales, modelos dinámicos o estimaciones con efectos fijos—, los resultados deben interpretarse como asociaciones económicas consistentes con el marco teórico planteado, evitando inferencias causales estrictas.

2.2.4 Construcción y homogeneización de variables financieras

El EBIT se calcula como resultado antes de intereses e impuestos, siguiendo la metodología estándar de finanzas corporativas y aplicándose de forma homogénea a las 40 empresas de la muestra. Esta aproximación permite mantener consistencia transversal e intertemporal en las magnitudes operativas utilizadas posteriormente en el análisis empírico.

3. Criterios de selección de la Muestra

3.1 Potencia estadística y tamaño muestral

El modelo de regresión múltiple especificado incluye un total de siete parámetros estimados sobre una muestra de 40 empresas, lo que implica un ratio aproximado de 5,7 observaciones por parámetro.

Este valor se sitúa por debajo de algunos criterios heurísticos habitualmente utilizados en econometría aplicada, que recomiendan disponer de un mayor número de observaciones por variable explicativa para mejorar la estabilidad de las estimaciones y la potencia estadística del modelo (Green, 1991).

En consecuencia, existe un mayor riesgo de error tipo II, es decir, de no detectar relaciones potencialmente existentes entre las variables analizadas. Esta limitación resulta especialmente relevante en la interpretación de coeficientes con baja significación estadística, cuyos resultados deben analizarse con cautela.

3.1.1 Tamaño muestral y mitigación de su impacto

El tamaño muestral responde principalmente a las limitaciones operativas inherentes a la construcción manual de la variable de diversificación de alianzas. A diferencia de las variables financieras, obtenibles de forma automatizada mediante plataformas como FINVIZ o Yahoo Finance, la codificación de áreas terapéuticas con alianzas activas requirió la revisión sistemática e individual de los pipelines, secciones de Investor Relations e informes anuales de cada empresa. Este procedimiento, necesario para garantizar la comparabilidad y consistencia interna de la variable D, limita la escala alcanzable en un estudio de estas características. El universo de empresas cotizadas que cumplen los criterios de capitalización y clasificación sectorial definidos es considerablemente más amplio, y su extensión mediante bases de datos especializadas como Evaluate Pharma o Compustat constituye una línea natural de investigación futura.

La ampliación de la muestra habría implicado incorporar compañías con datos incompletos o perfiles estratégicos difícilmente comparables, comprometiendo la consistencia del análisis. En línea con parte de la literatura empírica sobre innovación farmacéutica, se prioriza la calidad y homogeneidad de los datos frente a una ampliación artificial de la muestra (Hoang & Rothaermel, 2005; Danzon, Epstein & Nicholson, 2007).

Con el objetivo de mitigar parcialmente las limitaciones asociadas al tamaño muestral, el análisis incorpora errores estándar robustos a heterocedasticidad HC3 y procedimientos de *winsorización* para reducir la influencia de valores extremos. Asimismo, los resultados se interpretan reconociendo la posible existencia de error tipo II derivado de una potencia estadística limitada. En consecuencia, las estimaciones obtenidas deben entenderse como evidencia exploratoria consistente con el marco teórico planteado, más que como una validación causal definitiva.

Una limitación adicional del horizonte temporal seleccionado es que el año 2020 actúa como base de cálculo para el CAGR de ingresos en un contexto marcado por la pandemia de COVID-19, lo que introduce distorsiones estructurales en determinadas observaciones. Empresas como Pfizer, Moderna o BioNTech experimentaron crecimientos de ingresos extraordinarios asociados al desarrollo y comercialización de vacunas ARNm, que no responden a dinámicas competitivas sostenibles sino a un shock sanitario global de carácter transitorio. Como consecuencia, su CAGR de ingresos para el periodo 2020–2025 sobreestima el crecimiento estructural real de estas compañías, mientras que su rendimiento bursátil ajustado por riesgo puede subestimarse, dado que los mercados anticiparon parcialmente la reversión de esos ingresos extraordinarios. Aunque la winsorización aplicada reduce parcialmente el impacto de estos valores extremos, no elimina por completo la distorsión introducida por la base temporal. Este sesgo de horizonte es una limitación inherente al diseño del estudio que debe tenerse en cuenta al interpretar los coeficientes asociados a empresas con exposición directa a la pandemia.

3.2 Clasificación sectorial

El análisis se centra exclusivamente en empresas clasificadas dentro de las categorías Biotechnology, Drug Manufacturers – General y Drug Manufacturers – Specialty, según la clasificación sectorial utilizada por plataformas financieras como FINVIZ.

La elección de estas categorías responde a la naturaleza de la hipótesis planteada, ya que todas ellas comparten una elevada dependencia de la innovación, de la inversión en I+D y de las alianzas estratégicas como mecanismos relevantes de creación de valor. En consecuencia, presentan dinámicas relativamente comparables en términos de riesgo científico, desarrollo clínico, protección mediante patentes y sensibilidad a eventos regulatorios.

Las compañías clasificadas como *Biotechnology* suelen caracterizarse por una mayor dependencia de pipelines en desarrollo y por una utilización intensiva de alianzas estratégicas como mecanismo de financiación, validación tecnológica y acceso a capacidades complementarias. Por su parte, las categorías *Drug Manufacturers – General* y *Drug Manufacturers – Specialty* incluyen empresas farmacéuticas más consolidadas, con estructuras organizativas y comerciales más maduras, aunque igualmente intensivas en innovación y colaboración externa.

A pesar de estas diferencias internas, las tres subcategorías mantienen una lógica económica suficientemente homogénea para permitir comparaciones consistentes dentro del objetivo del estudio. Adicionalmente, incluyen compañías con elevados niveles de transparencia financiera y disponibilidad de información estratégica, facilitando la construcción de una base de datos homogénea y mejorando la comparabilidad transversal de la muestra.

3.2.1 Justificación de la exclusión de otras subindustrias del sector Healthcare

Aunque el sector Healthcare incluye subindustrias como dispositivos médicos, servicios hospitalarios, aseguradoras sanitarias o distribuidores farmacéuticos, estas presentan dinámicas de creación de valor estructuralmente diferentes a las del ámbito farmacéutico y biotecnológico.

En las empresas farmacéuticas y biotecnológicas, la inversión en I+D constituye un elemento central del modelo de negocio y de la valoración empresarial, debido a la elevada dependencia de procesos de innovación, desarrollo clínico, aprobación regulatoria y protección mediante patentes.

Por el contrario, en otras subindustrias sanitarias el rendimiento empresarial suele depender en mayor medida de factores operativos, eficiencia logística, prestación de servicios o economías de escala, reduciendo la relevancia estratégica de las alianzas tecnológicas y de la intensidad innovadora como motores principales de creación de valor.

Dado que la hipótesis central del trabajo analiza la interacción entre diversificación de alianzas e intensidad en I+D, la inclusión de empresas pertenecientes a subindustrias con dinámicas económicas distintas podría introducir heterogeneidad no deseada y dificultar la interpretación de los resultados.

En consecuencia, la delimitación sectorial responde principalmente a criterios de coherencia metodológica y comparabilidad estratégica entre observaciones.

3.3 Justificación del Umbral mínimo de Capitalización

Se establece como criterio de selección una capitalización bursátil mínima de 2.000 millones de dólares, con el objetivo de garantizar estabilidad financiera, disponibilidad de información histórica consistente y presencia efectiva de actividad estratégica en alianzas e I+D.

Las empresas de menor capitalización, especialmente dentro del ámbito biotecnológico, suelen presentar una elevada volatilidad bursátil, una fuerte dependencia de proyectos clínicos individuales y estructuras financieras más frágiles. Estas características pueden introducir un nivel elevado de ruido estadístico y dificultar la identificación de relaciones estructurales entre las variables analizadas.

Asimismo, muchas micro-biotecnológicas no disponen de series históricas completas ni de información homogénea sobre alianzas estratégicas, pipelines o indicadores financieros, lo que limita la consistencia de los datos y aumenta el riesgo de inconsistencias en la construcción de la base de datos.

La restricción de la muestra a compañías de tamaño medio o grande permite, por tanto, mejorar la consistencia de los datos disponibles, reducir la influencia desproporcionada de observaciones extremadamente especulativas y favorecer una interpretación más estable de los resultados econométricos.

No obstante, el tamaño empresarial continúa incorporándose explícitamente al modelo como variable de control mediante el logaritmo de la capitalización bursátil, permitiendo capturar diferencias de escala dentro de la propia muestra analizada.

4. Procedimiento del análisis

El análisis empírico se desarrolla en varias etapas secuenciales: recopilación y homogeneización de datos, construcción de variables financieras, depuración de la base de datos, estimación econométrica y análisis gráfico complementario.

4.1 Recolección y construcción de datos

La información utilizada procede de informes anuales, presentaciones corporativas, plataformas financieras y bases de datos públicas especializadas correspondientes al periodo 2020–2025. A partir de estas fuentes se recopilan datos relativos a alianzas estratégicas, gasto en I+D, ingresos, capitalización bursátil, precios históricos ajustados de las acciones y betas históricas necesarias para la aplicación del modelo CAPM.

4.2 Construcción de variables

1) **Cálculo de indicadores:**

   a) **RC (Rendimiento Comercial)**

El rendimiento comercial (RC) se define como un indicador compuesto que combina el crecimiento anual compuesto de los ingresos (CAGR) y la variación del margen operativo entre 2020 y 2025:

$$RC = \left(\frac{Ingresos\ 2025}{Ingresos\ 2020}\right)^{\frac{1}{5}} - 1 + \Delta Margen\ operativo$$

Este indicador permite aproximar simultáneamente la evolución del crecimiento empresarial y de la eficiencia operativa durante el periodo analizado. La elección del CAGR como medida de crecimiento estructural (justificada en la sección 1.2) garantiza comparabilidad entre empresas y reduce la influencia de fluctuaciones interanuales sobre el resultado agregado.

La agregación de ambos componentes sin ponderación diferencial responde a un criterio de neutralidad metodológica: en ausencia de una base teórica que justifique asignar mayor peso al crecimiento de ingresos o a la eficiencia operativa, la suma directa trata ambas dimensiones como igualmente relevantes. Esta decisión implica que RC es sensible a la escala relativa de cada componente, lo que constituye una limitación reconocida. Una extensión futura podría construir esta variable mediante técnicas de reducción de dimensionalidad como el análisis de componentes principales, permitiendo que los datos determinen la ponderación óptima.

b) **RB (Retorno Bursátil):**

El rendimiento bursátil (RB) se define como la diferencia entre el retorno real de la acción y el retorno esperado estimado mediante el modelo CAPM:

$$RB = Retorno\ real - (Rf + Beta(\text{E(Rm)} - \text{Rf}))$$

El retorno real se calcula mediante el CAGR del precio ajustado de la acción:

$$Retorno\ real = \left(\frac{Precio\ final}{Precio\ inicial}\right)^{1/5} - 1$$

Este indicador captura el rendimiento anormal de la acción (positivo cuando el retorno real supera el esperado por el CAPM, negativo en caso contrario) y constituye la medida operativa del rendimiento bursátil ajustado al riesgo definida en la sección 2.2.

c) **Controles:**

El modelo incorpora distintas variables de control con el objetivo de reducir parcialmente posibles sesgos derivados de diferencias estructurales entre empresas.

i) *Variación del Margen Operativo:

$$\Delta Margen = \left(\left(\frac{\text{EBIT 2025}}{\text{Ingresos 2025}}\right) - \left(\frac{\text{EBIT 2020}}{\text{Ingresos 2020}}\right)\right) * 100$$

Aproxima los cambios en eficiencia operativa durante el horizonte analizado. Se utiliza en variación (y no en nivel) para evitar distorsiones derivadas de las diferencias de escala entre empresas.

La variación del margen operativo se incorpora en el modelo de rendimiento bursátil (RB) como aproximación a cambios en eficiencia operativa durante el periodo analizado. No se incluye en el modelo de rendimiento comercial (RC), dado que forma parte de la propia construcción de dicha variable dependiente.

ii) **Tamaño:**

$$\log(Market\ Capital)$$

El tamaño empresarial se aproxima mediante el logaritmo de la capitalización bursátil y de los ingresos iniciales de 2020, permitiendo reducir problemas derivados de la elevada dispersión entre empresas y facilitar la estandarización entre observaciones.

iii) Ingresos 2020:

$$\log(Ingresos\ 2020)$$

Se incluye como variable de control para capturar el efecto del tamaño inicial de la empresa y su posición de partida en el periodo analizado. Esta transformación logarítmica permite suavizar la dispersión entre empresas de diferente escala, reduciendo la influencia de valores extremos y facilitando la interpretación proporcional del efecto del tamaño sobre el rendimiento bursátil.

iv) Fase de Desarrollo:

Variable categórica: 1 = Big Pharma / 0 = Biotech

Asimismo, se incorpora una variable categórica de fase de desarrollo (1 = Big Pharma; 0 = Biotech), con el objetivo de controlar diferencias estructurales entre compañías farmacéuticas consolidadas y empresas biotecnológicas en etapas más tempranas, evitando que los efectos de RC y RB se confundan con ventajas de experiencia, recursos o cartera de productos consolidados.

4.3 Construcción y depuración de la base de datos

La base de datos se construye a partir de información financiera y estratégica pública correspondiente al periodo 2020–2025. Tras la recopilación inicial, las variables son homogeneizadas y transformadas con el objetivo de garantizar consistencia entre empresas y temporal en las estimaciones.

Durante este proceso se calculan las variables dependientes (RC y RB), el término de interacción entre diversificación de alianzas e intensidad en I+D, así como las distintas variables de control incorporadas posteriormente en los modelos econométricos. Adicionalmente, se aplica winsorización bilateral (p5–p95) a las variables de mayor dispersión, conforme al criterio establecido en la sección 3.1.1.

Una vez depurada y verificada, la base de datos se exporta a RStudio para la estimación de los modelos de regresión lineal múltiple y el cálculo de errores estándar robustos a heterocedasticidad (HC3).

Con el fin de reforzar la transparencia y replicabilidad del análisis, en los anexos se incluyen tablas resumidas de construcción de variables, así como el archivo completo de la base de datos utilizada en el estudio.

4.4 Estimación econométrica

Se estiman dos modelos de regresión lineal múltiple mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS):

$$RC = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(ID) + \beta_3(D \times ID) + \gamma Xi + \varepsilon$$
$$RB = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(ID) + \beta_3(D \times ID) + \gamma Xi + \varepsilon$$

El término de interacción D × I+D, cuya justificación teórica y econométrica se detalla en las secciones 1.4 y 2.1, permite evaluar el efecto moderador de la intensidad innovadora sobre la relación entre diversificación y rendimiento. La inferencia se realiza mediante errores estándar robustos HC3 (comentado más profundamente en la sección 1.4.1).

4.5 Visualización y diagnóstico del modelo

Con el objetivo de complementar la interpretación econométrica, se emplean distintas representaciones gráficas de apoyo.

En particular, se presentan diagramas de caja (boxplots) para analizar diferencias en el rendimiento comercial según la fase de desarrollo de las empresas, gráficos de interacción entre diversificación de alianzas e intensidad en I+D para evaluar visualmente el posible efecto moderador planteado en la hipótesis, y gráficos de residuos para examinar la adecuación general de los modelos estimados.

Adicionalmente, se analiza la distribución de los residuos como procedimiento diagnóstico básico para detectar posibles problemas de especificación o desviaciones relevantes respecto a los supuestos del modelo lineal.

5. Aplicación empírica y análisis de resultados

La aplicación empírica del estudio se realiza sobre una muestra de 40 empresas farmacéuticas y biotecnológicas correspondientes al periodo 2020–2025, utilizando la metodología definida en el capítulo anterior.

Dado el carácter parcialmente cualitativo de algunas variables estratégicas, esta sección presenta los principales criterios de codificación y clasificación utilizados en la construcción de la base de datos, así como los resultados descriptivos y econométricos obtenidos.

5.1 Codificación de variables estratégicas

5.1.1 Variable D (Diversificación de alianzas): Metodología de codificación

La codificación de la variable D se realizó manualmente entre enero y marzo de 2026 a partir de la información disponible en las secciones de pipeline, therapeutic areas e Investor Relations de cada compañía, complementada cuando fue necesario con informes anuales (10-K, 20-F y Annual Reports).

Para garantizar comparabilidad entre empresas, únicamente se consideraron áreas terapéuticas con actividad clínica avanzada o presencia comercial relevante durante el periodo analizado. Asimismo, determinadas categorías adyacentes, como oncología y hematología, se agruparon o separaron según la clasificación utilizada explícitamente por cada empresa en su documentación corporativa.

No se incluyeron áreas desinvertidas, segmentos sin actividad innovadora relevante o líneas de negocio exclusivamente centradas en productos genéricos sin pipeline asociado.

Dado el componente parcialmente cualitativo de esta clasificación, la delimitación entre determinadas áreas terapéuticas puede incorporar cierto grado de subjetividad. No obstante, esta posible variabilidad se considera limitada y compatible con el carácter agregado de la variable utilizada en el análisis.

La Tabla 1 presenta la clasificación terapéutica utilizada para la construcción de la variable D en las 40 empresas de la muestra.

Tabla 1. Codificación de la variable D por empresa.

#	Empresa	D	Áreas terapéuticas
1	*Abbott Laboratories*	*7*	*Cardiovascular; Diagnóstico/Infecciosas; Endocrinología/Metabolismo; Neurología/Dolor; Respiratorio; Salud de la mujer; Nutrición*
2	*AbbVie*	*5*	*Inmunología; Oncología; Neurociencia; Eye Care; Enfermedades infecciosas*
3	*Almirall*	*1*	*Dermatología (médica + estética)*
4	*Alnylam*	*6*	*Enfermedades genéticas raras; Cardiometabólicas; Hepáticas; SNC; Oftalmología; Infecciosas*
5	*Amgen*	*4*	*Oncología/Hematología; Cardiovascular; Inflamación; Salud ósea*
6	*Ascendis Pharma*	*3*	*Endocrinología (raras); Oncología; Oftalmología*
7	*AstraZeneca*	*5*	*Oncología; Cardiovascular-Renal-Metabólico; Respiratorio/Inmunología; Raras; Vacunas*
8	*Bayer AG*	*5*	*Oncología; Cardiovascular/Renal; Neurología/Raras; Salud de la mujer; Oftalmología*
9	*BeOne Medicines*	*6*	*Oncología sólida; Hematología; Inmuno-oncología; Inmunología; Infecciosas; Raras*
10	*Biogen*	*6*	*Neurología; Inmunología; Raras; Oftalmología; Psiquiatría; Neuromuscular*
11	*BioMarin*	*3*	*Enfermedades genéticas raras (SNC); Hematología no-oncológica; Trastornos óseos/metabólicos*
12	*BioNTech*	*2*	*Oncología; Vacunas/Infecciosas*
13	*Bristol-Myers Squibb*	*6*	*Oncología; Hematología; Inmunología; Cardiovascular; Neurociencia; Fibrosis*
14	*CSL Limited*	*5*	*Inmunoglobulinas; Hematología; Cardiovascular/Renal; Trasplante; Vacunas*

15	*Eli Lilly*	*6*	*Diabetes/Obesidad; Oncología; Inmunología; Neurociencia; Cardiovascular; Dolor*
16	*Exelixis*	*1*	*Oncología*
17	*Genmab*	*1*	*Oncología*
18	*Gilead Sciences*	*3*	*Virología/Infecciosas; Oncología; Inflamación*
19	*Grifols*	*7*	*Inmunología; Infecciosas; Neumología; Cuidados intensivos; Hematología; Hepatología; Plasma*
20	*Halozyme Therapeutics*	*2*	*Oncología (ENHANZE); Inmunoglobulinas*
21	*Incyte Corporation*	*4*	*Oncología; Hematología; Inmuno-oncología; Dermatología*
22	*Intellia*	*2*	*Angioedema hereditario; Amiloidosis por transtiretina*
23	*Ionis*	*3*	*Neurología; Cardiometabólico; Raras*
24	*Jazz Pharmaceuticals*	*2*	*Neurociencia (sueño/epilepsia); Oncología*
25	*Johnson & Johnson*	*6*	*Oncología; Inmunología; Neurociencia; Cardiovascular/Metabólico; Infecciosas; Oftalmología*
26	*Merck & Co*	*5*	*Oncología; Cardiometabólico; Inmunología; VIH/Infecciosas; Vacunas*
27	*Moderna*	*4*	*Vacunas; Oncología; Autoinmunes; Cardiovascular*
28	*Neurocrine Biosciences*	*3*	*SNC/disquinesia tardía; Endocrinología; Epilepsia*
29	*Novartis*	*4*	*Cardiovascular-Renal-Metabólico; Inmunología; Neurociencia; Oncología*
30	*Novo Nordisk*	*8*	*Diabetes; Obesidad; Cardiovascular; Hemofilia; Raras; MASH; Renal crónica; Alzheimer*
31	*Pfizer*	*6*	*Oncología; Vacunas; Inflamación/Inmunología; Raras; Medicina interna; Antiinfecciosos*
32	*Regeneron*	*8*	*Alergia/Inflamación; Cardiovascular/Metabólico; Neurociencia; Oncología; Hematología; Oftalmología; Raras; Infecciosas*
33	*Roche Holding*	*10*	*Oncología; Neurociencia; Cardiometabólico; Diabetes; Hematología; Infecciosas; EII; Oftalmología; Raras; Respiratorio*
34	*Sanofi*	*6*	*Inmunología; Esclerosis múltiple; Oncología; Vacunas; Diabetes; Raras*
35	*Sun Pharmaceutical*	*3*	*Dermatología; Oncología; Oftalmología (innovadoras globales; en mercados locales cubre 11 áreas genéricas)*
36	*Takeda*	*5*	*Gastrointestinal; Neurociencia; Oncología; Hematología/Raras; Vacunas*
37	*UCB*	*2*	*Neurología (epilepsia); Inmunología/Dermatología*
38	*United Therapeutics*	*2*	*Hipertensión arterial pulmonar; Trasplante de órganos*
39	*Vertex Pharmaceuticals*	*6*	*Fibrosis quística; Anemia falciforme; Dolor; Renal; Diabetes tipo 1; Raras*
40	*Viatris*	*11*	*Cardiovascular; SNC/Anestesia; Dermatología; Diabetes; Oftalmología; Gastroenterología; Inmunología; Oncología; Respiratorio/Alergia; Infecciosas; Salud de la mujer*

Nota: fuentes consultadas entre enero y marzo de 2026; en todos los casos se ha priorizado la seccion 'Pipeline' o 'Therapeutic areas' del Investor Relations oficial.

5.2 Problemas encontrados durante la estimación econométrica y ajustes del modelo

5.2.1 Multicolinealidad (VIF)

Los factores de inflación de la varianza (VIF) de los modelos originales se sitúan en niveles que requieren atención. En el modelo RC, los valores más elevados corresponden a la intensidad en I+D y al término de interacción D×I+D (≈8 y ≈7

respectivamente), mientras que en el modelo RB alcanzan valores próximos a 10 y 9. Aunque esta situación es algebraicamente esperable cuando se incluye un término de interacción entre variables continuas junto a sus componentes principales, los valores observados se aproximan al umbral a partir del cual la colinealidad puede comprometer la estabilidad de los coeficientes individuales.

Con el objetivo de evaluar si esta colinealidad afecta a los resultados principales, se reestimaron ambos modelos utilizando variables centradas respecto a su media antes de construir el término de interacción, procedimiento estándar en la literatura para reducir la colinealidad asociada a términos de interacción entre variables continuas (Aiken & West, 1991). Los VIF de los modelos centrados se redujeron sustancialmente, situándose entre 1,9 y 3,1 para todas las variables, confirmando que la colinealidad original era relevante y no meramente algebraica.

Los resultados de esta comprobación de robustez son informativos: en el modelo RC centrado, el término de interacción D×I+D pierde significatividad estadística (β = −0,086; p = 0,917 bajo HC3), mientras que en el modelo RB centrado los resultados principales se mantienen estables, con Tamaño y log_ingresos2020 conservando su significatividad. Esto indica que la significatividad del término de interacción en el modelo RC original era parcialmente sensible a la colinealidad entre variables, lo que obliga a interpretar ese resultado con mayor cautela. Los modelos centrados se presentan íntegramente en la Tabla 15 del anexo.
En consecuencia, y siguiendo a Wooldridge (2013), la presencia de colinealidad moderada-alta no invalida las estimaciones ni introduce sesgo en los coeficientes, pero sí reduce la precisión de la inferencia individual. Los resultados del modelo RC deben leerse como evidencia exploratoria sugestiva más que como confirmación estadística robusta de la hipótesis de complementariedad.

5.2.2 Heterocedasticidad (Breusch–Pagan)

El test de Breusch-Pagan no detecta evidencia estadísticamente significativa de heterocedasticidad ni en el modelo RC (BP = 3,90; p = 0,689) ni en el modelo RB (BP = 10,01; p = 0,188). En consecuencia, no puede rechazarse la hipótesis nula de homocedasticidad, lo que respalda la validez general de la inferencia OLS clásica.

5.2.3 Ajustes del modelo

Durante la depuración de la base de datos se identificaron tres empresas (Crinetics Pharmaceuticals, Rhythm Pharmaceuticals y BridgeBio Pharma) cuyos perfiles generaban inestabilidades extremas en la variable RC, derivadas de bases de ingresos pre-comerciales muy reducidas que amplifican mecánicamente el CAGR y producen valores de margen operativo sin interpretación económica comparable al resto de la muestra. Estas observaciones no son simplemente valores extremos corregibles mediante winsorización, sino casos estructuralmente distintos cuya inclusión hubiera requerido un tratamiento metodológico diferenciado incompatible con el enfoque de corte transversal adoptado. Se optó por sustituirlas por Incyte Corporation, Neurocrine Biosciences y Halozyme Therapeutics, compañías biotecnológicas con bases de ingresos consolidadas y perfiles

estratégicos comparables a las excluidas en términos de área terapéutica y fase de desarrollo relativa.

Esta decisión introduce un sesgo de selección muestral que se reconoce explícitamente: la muestra resultante infrarepresenta a empresas biotecnológicas en fase estrictamente pre-comercial, que son precisamente aquellas con mayor intensidad en I+D y mayor dependencia de alianzas estratégicas como mecanismo de financiación y validación. En consecuencia, los resultados del estudio son más representativos del segmento de biotecnológicas con cierta madurez comercial que del conjunto del sector, y el efecto moderador identificado podría estar subestimado respecto al que se observaría en una muestra más amplia que incluyera empresas en fases más tempranas.

5.2.4 Robustez

Como comprobación adicional de robustez, los modelos se reestimaron utilizando errores estándar robustos HC3 (MacKinnon & White, 1985), recomendados en muestras relativamente pequeñas y potencialmente heterogéneas. Los principales resultados se mantienen de forma consistente, especialmente en relación con el efecto del término de interacción sobre el rendimiento comercial, reforzando la estabilidad general de las inferencias obtenidas.

5.2.5 Errores estándar robustos

Los modelos fueron reestimados utilizando errores estándar robustos HC3 con el objetivo de evaluar la estabilidad de la inferencia estadística frente a posibles problemas de heterocedasticidad y tamaño muestral reducido.

En el modelo de rendimiento comercial, el término de interacción entre diversificación e intensidad en I+D mantiene significatividad estadística bajo esta especificación, mientras que el efecto aislado de la diversificación pierde robustez estadística. Este resultado refuerza parcialmente la interpretación de que la posible contribución de las alianzas estratégicas al desempeño operativo depende de su complementariedad con capacidades internas de innovación.

En el modelo de rendimiento bursátil, la utilización de errores estándar robustos no modifica sustancialmente las conclusiones principales, manteniéndose la ausencia de evidencia estadísticamente significativa para las variables asociadas a la estrategia de innovación abierta.

5.3 Análisis descriptivo de la muestra

Antes de proceder a la estimación econométrica, se realiza un análisis descriptivo de las principales variables del estudio con el objetivo de caracterizar la estructura de la muestra e identificar posibles patrones relevantes entre empresas farmacéuticas consolidadas y compañías biotecnológicas.

La muestra final está compuesta por 40 empresas cotizadas del sector farmacéutico y biotecnológico correspondientes al periodo analizado, de las

cuales 17 se clasifican como Big Pharma y 23 como Biotech, siguiendo los criterios definidos previamente en el apartado metodológico.

5.3.1 Estadísticos descriptivos globales

La Tabla 2 presenta los principales estadísticos descriptivos de las variables incluidas en el análisis.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos globales (n = 40)

Variable	Media	Mediana	Min	Max	Desv.típica
D (diversificación)	4,63	5,00	1,00	11,00	2,36
ID (Intensidad I+D)	0,43	0,20	0,06	5,75	0,91
RC (rendimiento comercial)	0,21	0,11	-3,56	6,09	1,33
RB (rendimiento bursátil)	0,00	0,01	-0,36	0,47	0,16
Tamaño (log Market Cap)	10,65	10,60	9,18	11,98	0,67
Margen 2020	-0,08	0,16	-5,24	4,09	1,29
Margen 2025	-0,01	0,23	-6,52	0,54	1,11

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Investor Relations, FINVIZ y Yahoo Finance. Cifras en USD tras conversión de divisas para empresas en EUR, DKK, CHF, JPY, AUD e INR.

Los resultados reflejan una elevada heterogeneidad entre empresas, especialmente en las variables relacionadas con intensidad en I+D, márgenes operativos y rendimiento comercial. La intensidad en I+D presenta una distribución particularmente asimétrica: aunque la mediana se sitúa en torno al 20 % de los ingresos, algunas compañías biotecnológicas en fases precomerciales muestran ratios excepcionalmente elevados debido a la reducida dimensión de sus ingresos operativos.

De forma similar, las variables de margen operativo muestran una dispersión considerable, coherente con la coexistencia dentro de la muestra de empresas consolidadas con flujos de caja estables y compañías altamente dependientes del desarrollo clínico de sus pipelines.

La variable de diversificación estratégica también presenta diferencias relevantes entre observaciones, oscilando entre empresas altamente focalizadas y compañías con presencia en múltiples áreas terapéuticas.

En conjunto, los estadísticos descriptivos describen una muestra estructuralmente heterogénea, característica habitual del sector farmacéutico y biotecnológico y relevante para la interpretación posterior de los resultados econométricos.

5.3.2 Comparación entre Big Pharma y Biotech

La Tabla 3 compara las medias de las principales variables entre empresas clasificadas como Big Pharma y compañías Biotech.

Tabla 3. Comparación de medias entre Big Pharma y Biotech

Variable	Biotech (n=23)	BigPharma (n=17)	Diferencia	p-value
D (diversificación)	3,48	6,18	2,70	<0,001
ID (Intensidad I+D)	0,63	0,16	-0,47	0,07
RC (rendimiento comercial)	0,46	-0,13	-0,59	0,17
RB (rendimiento bursátil)	0,0029	-0,0001	-0,0030	0,96
Tamaño (log Market Cap)	10,35	11,06	0,71	<0,001
Margen 2020	-0,24	0,13	0,36	0,32
Margen 2025	-0,18	0,21	0,39	0,21

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Investor Relations, FINVIZ y Yahoo Finance. Cifras en USD tras conversión de divisas para empresas en EUR, DKK, CHF, JPY, AUD e INR.

Los resultados muestran diferencias estructurales relevantes entre ambos grupos. Las empresas Big Pharma presentan niveles significativamente superiores de diversificación estratégica y tamaño empresarial, reflejando estructuras organizativas más amplias y carteras terapéuticas más diversificadas.

Por el contrario, las compañías biotecnológicas muestran mayores niveles de intensidad en I+D, coherentes con modelos de negocio más dependientes del desarrollo innovador y con una mayor concentración de recursos en actividades de investigación.

Sin embargo, las diferencias observadas en rendimiento comercial y rendimiento bursátil no alcanzan significatividad estadística, lo que sugiere una elevada heterogeneidad interna dentro de ambos subgrupos.

En el caso del rendimiento bursátil ajustado por riesgo, la ausencia de diferencias significativas podría indicar que el mercado financiero incorpora parcialmente las diferencias estructurales de riesgo entre Big Pharma y Biotech a través de los mecanismos de valoración recogidos en el CAPM.

5.3.3 Matriz de correlaciones

La Tabla 4 presenta la matriz de correlaciones de Pearson entre las principales variables del modelo.

Tabla 4. Matriz de correlaciones (n = 40)

	RC	RB	D	ID	D_ID	Tamaño	Margen2025	log_ingresos2020
RC	1,00							
RB	-0,09	1,00						
D	-0,27	0,09	1,00					
ID	0,69	-0,16	-0,25	1,00				
D_ID	0,60	-0,11	-0,03	0,93	1,00			
Tamaño	-0,23	0,35	0,47	-0,39	-0,25	1,00		
Margen2025	-0,67	0,24	0,19	-0,98	-0,90	0,42	1,00	
log_ingresos2020	-0,27	0,01	0,54	-0,47	-0,39	0,78	0,43	1,00

Los resultados muestran varias relaciones relevantes para la posterior especificación econométrica. En primer lugar, destaca la elevada correlación positiva entre la intensidad en I+D y el término de interacción D×I+D, situación parcialmente esperable debido a la propia construcción de esta variable.

Asimismo, la intensidad en I+D presenta una correlación positiva relativamente elevada con el rendimiento comercial, lo que resulta consistente con la importancia estratégica de la innovación dentro del sector farmacéutico y biotecnológico. Por otro lado, se observa una relación negativa entre intensidad en I+D y margen operativo, reflejando la presión que el esfuerzo innovador puede ejercer sobre la rentabilidad operativa en el corto plazo, especialmente en compañías en fases tempranas de desarrollo.

Finalmente, las variables asociadas al tamaño empresarial muestran correlaciones moderadas entre sí, particularmente entre capitalización bursátil e ingresos iniciales, lo que sugiere la conveniencia de evaluar posteriormente posibles problemas de multicolinealidad mediante el análisis VIF.

En términos generales, las correlaciones observadas resultan coherentes con la estructura económica del sector y proporcionan una primera aproximación a las relaciones analizadas posteriormente en los modelos de regresión.

5.3.4 Resultados de la regresión OLS

La Tabla 5 presenta los resultados de los modelos originales estimados con las variables sin centrar. Los resultados de la comprobación de robustez mediante

variables centradas, que se discuten en el apartado 5.2.1, se presentan íntegramente en la Tabla 15 del anexo.

Tabla 5. Resultados de la regresión OLS — Modelos RC y RB

Variable	Modelo RC	Modelo RB
Constante	-2,028 (2,599)	-1,365*** (0,412)
D (diversificación)	-0,197** (0,083)	-0,022 (0,013)
ID (intensidad I+D)	-1,678 (1,058)	-0,308 (0,191)
D × I+D	**+0,442** (0,180)	**+0,037** (0,033)
Tamaño (log Market Cap)	+0,184 (0,335)	+0,281*** (0,057)
log Ingresos 2020	+0,169 (0,337)	-0,223*** (0,064)
Variación de Margen Operativo	—	-0,059 (0,041)
Fase (1 = Big Pharma)	-0,286 (0,431)	+0,073 (0,069)
Observaciones	40	40
R^2	0,270	0,443
R^2 ajustado	0,138	0,321
F-statistic	2,04	3,63
F (p-value)	0,088	0,005
Error estándar residual	0,793	0,127

*Errores estándar entre paréntesis. *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01.*
Notas: Las variables RC, ID, Margen 2020 y Margen 2025 se han winsorizado al 5%-95% con el objetivo de reducir la influencia de valores extremos manteniendo el tamaño muestral de 40 observaciones. Las pruebas de Breusch–Pagan no detectan evidencia estadísticamente significativa de heterocedasticidad en ninguno de los modelos.

Nota adicional: Como comprobación de robustez posterior a la estimación original, los modelos fueron reestimados con variables centradas respecto a su media para reducir la colinealidad entre ID y D×ID. Los VIF se redujeron a niveles entre 1,9 y 3,1 en ambos modelos. Bajo esta especificación, el término de interacción del modelo RC pierde significatividad estadística (p = 0,917), lo que indica sensibilidad del resultado a la colinealidad original. Los resultados del modelo RB centrado son consistentes con los originales. Los modelos centrados completos se presentan en la Tabla 15 del anexo.

El modelo de rendimiento comercial presenta una capacidad explicativa moderada (R^2 = 0,270; R^2 ajustado = 0,138) y muestra dos coeficientes estadísticamente significativos al 5 %. En primer lugar, la variable de diversificación estratégica (D) aparece asociada negativamente con el rendimiento comercial ($\boldsymbol{\beta = -0,197}$; p = 0,024). En segundo lugar, el término de interacción entre diversificación e intensidad en I+D presenta un coeficiente positivo y significativo ($\boldsymbol{\beta = +0,442}$; p = 0,019), si bien este resultado muestra sensibilidad a la especificación cuando se controla la colinealidad mediante centrado de variables, como se detalla en el apartado 5.2.1.

Considerados conjuntamente, estos resultados sugieren una posible relación de complementariedad entre diversificación estratégica y capacidad innovadora interna. La diversificación observada de forma aislada aparece asociada a un menor rendimiento operativo, mientras que dicho efecto tendería a moderarse, e incluso revertirse parcialment, en empresas con mayores niveles de intensidad en I+D.

Esta evidencia es consistente con la idea de que la efectividad de las estrategias de colaboración y expansión terapéutica podría depender de la existencia de capacidades internas suficientes para absorber, desarrollar y explotar el conocimiento derivado de dichas actividades. No obstante, dada la naturaleza observacional del estudio y el tamaño limitado de la muestra, estas relaciones deben interpretarse con cautela y no necesariamente como evidencia causal.

Por otro lado, la intensidad en I+D considerada de forma independiente no alcanza significatividad estadística en el modelo RC, lo que podría reflejar tanto la elevada heterogeneidad entre empresas como la dificultad de capturar los efectos económicos de la innovación mediante indicadores agregados de corto y medio plazo.

En el caso del rendimiento bursátil, el modelo alcanza una capacidad explicativa superior (R^2 = 0,443; R^2 ajustado = 0,321). Sin embargo, el término de interacción entre diversificación e intensidad en I+D no resulta estadísticamente significativo ($\boldsymbol{\beta = +0,037}$; p = 0,267), por lo que no se observa evidencia robusta de que la complementariedad estratégica identificada en la dimensión operativa se traduzca directamente en rendimientos bursátiles anormales.

Las variables que presentan mayor relevancia estadística en este modelo son el tamaño empresarial y el logaritmo de los ingresos iniciales. El coeficiente positivo asociado a la capitalización bursátil sugiere que las empresas con mayor tamaño tienden a presentar un mejor desempeño bursátil ajustado por riesgo, mientras que el signo negativo de los ingresos iniciales podría indicar que el mercado valora relativamente más a compañías capaces de generar crecimiento desde bases operativas más reducidas.

En conjunto, los resultados muestran una diferencia relevante entre la dimensión operativa y la dimensión financiera del rendimiento empresarial. Mientras que la interacción entre diversificación estratégica e intensidad innovadora parece asociarse parcialmente al desempeño comercial, no se observa evidencia equivalente en la valoración bursátil ajustada por riesgo dentro del periodo analizado.

Dicha asimetría constituye uno de los principales hallazgos del estudio y sugiere que los posibles beneficios operativos derivados de la complementariedad entre innovación interna y colaboración externa podrían no trasladarse de forma inmediata o sistemática a las expectativas del mercado financiero.

5.4 Análisis de relaciones y contrastación de hipótesis

Con el fin de complementar la evidencia obtenida mediante los modelos de regresión y facilitar la interpretación económica de los resultados, se incorporan distintas representaciones gráficas de carácter exploratorio. Estas permiten visualizar patrones de asociación, heterogeneidad entre empresas y posibles efectos moderadores que, aunque no constituyen evidencia causal por sí mismos, contribuyen a contextualizar e interpretar los coeficientes estimados en los modelos multivariados.

Dado el reducido tamaño muestral y la elevada heterogeneidad estructural característica del sector farmacéutico y biotecnológico, el análisis gráfico adquiere especial relevancia como herramienta complementaria para identificar relaciones no lineales, dispersión entre subgrupos y posibles observaciones influyentes.

No obstante, la winsorización implica un compromiso metodológico: aunque reduce la sensibilidad del modelo a observaciones extremas potencialmente influyentes, también puede atenuar parcialmente información económica relevante, especialmente en un sector donde los comportamientos extremos forman parte de la propia dinámica competitiva y financiera de determinadas empresas biotecnológicas. Por ello, los resultados deben interpretarse considerando que el procedimiento prioriza la estabilidad de la estimación frente a la captura íntegra de la variabilidad observada en la muestra.

Los resultados que se presentan a continuación deben interpretarse en clave exploratoria, dada la naturaleza observacional de los datos, el tamaño muestral reducido y la imposibilidad de descartar relaciones de causalidad inversa. Las conclusiones se formulan, por tanto, como asociaciones empíricas coherentes con el marco teórico planteado, más que como relaciones causales estrictas

5.4.1 Relación entre diversificación de alianzas (D) y rendimiento comercial (RC)

Objetivo: Analizar si existe una relación entre el grado de diversificación de alianzas y el rendimiento comercial de las empresas.
Permite observar:

- Dirección de la relación (positiva, negativa o nula)
- Intensidad de la asociación
- Nivel de dispersión entre empresas

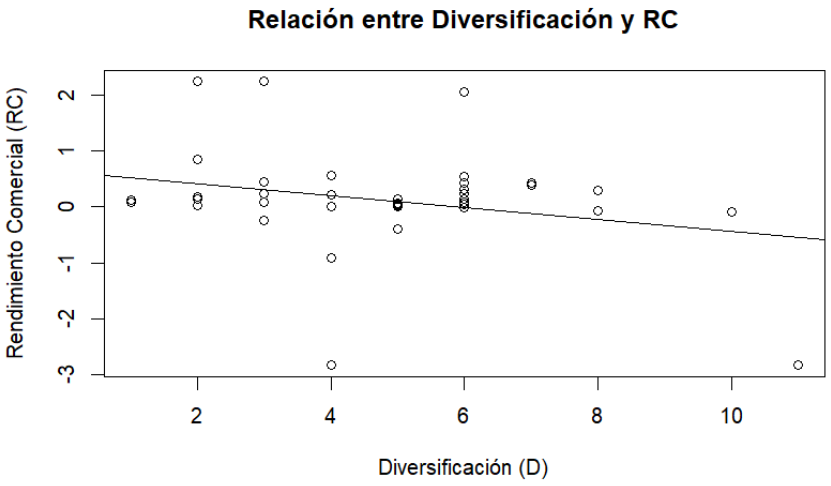


Gráfico 1. Relación entre la diversificación de alianzas (D) y el rendimiento comercial (RC) a partir de datos winsorizados. Elaboración propia con el programa estadístico RStudio.

La línea de tendencia presenta una pendiente descendente, lo que sugiere que, a nivel agregado, las empresas con un mayor número de áreas terapéuticas con alianzas activas tienden a registrar un menor rendimiento comercial durante el periodo analizado.

La dispersión de los puntos es elevada, especialmente en los valores intermedios de diversificación (entre D = 4 y D = 6), donde coexisten empresas con un RC positivo (como Eli Lilly o Sun Pharmaceutical) y otras con un RC negativo (como Novartis o Pfizer). Esta heterogeneidad sugiere que la relación observada no es uniforme entre empresas y que pueden intervenir factores adicionales de carácter estructural.

En coherencia con lo anterior, esta asociación negativa se alinea con el coeficiente estimado de D en el modelo multivariado (β = -0,197; p = 0,024), en términos económicos, este resultado sugiere que una mayor diversificación de alianzas no se traduce automáticamente en mejoras operativas. Una posible interpretación es que la expansión hacia múltiples áreas terapéuticas incrementa la complejidad organizativa y la dispersión de recursos, especialmente cuando la empresa no dispone de capacidades internas suficientes para absorber y coordinar eficientemente el conocimiento externo. Este argumento resulta coherente con la literatura sobre capacidades de absorción y complementariedad tecnológica en sectores intensivos en I+D.

5.4.2 Relación entre diversificación de alianzas (D) y rendimiento bursátil (RB)

Objetivo: Evaluar si la diversificación de alianzas tiene impacto en la rentabilidad bursátil ajustada al riesgo.
Permite identificar:

- Si el mercado valora la diversificación
- Posibles relaciones débiles o inexistentes

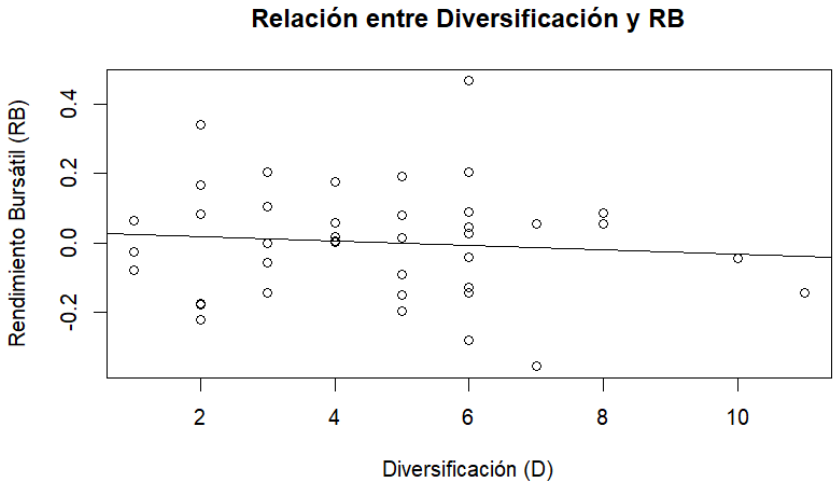


Gráfico 2. Relación entre la diversificación de alianzas (D) y el rendimiento bursátil (RB) a partir de datos winsorizados. Elaboración propia con el programa estadístico RStudio.

La línea de tendencia es **prácticamente plana** y ligeramente descendente, lo que indica que los inversores no recompensan ni penalizan sistemáticamente la diversificación de alianzas como variable aislada en el periodo analizado. Casos como Sun Pharmaceutical (D=3, RB ≈ +0,20), Eli Lilly (D=6, RB ≈ +0,47) o Bayer (D=5, RB ≈ -0,20) ilustran la elevada dispersión del rendimiento bursátil dentro de cada nivel de diversificación.

Este resultado bivariado es coherente con el modelo multivariado, donde el coeficiente de D no resulta estadísticamente significativo (β = -0,022; p = 0,106). El mercado, una vez ajustado por riesgo sistemático mediante el modelo CAPM, no asigna primas de valoración diferenciales en función del número de áreas terapéuticas con alianzas activas. Dos lecturas son posibles: (i) que el mercado descuente la diversificación como información ya incorporada en la valoración previa, no produciéndose sorpresas anormales; o (ii) que el efecto de la diversificación se diluya en factores estructurales más amplios como el tamaño y la base operativa de partida, que sí emergen como significativos en el modelo de RB.

5.4.3 Efecto de interacción entre diversificación e intensidad en I+D sobre el rendimiento bursátil

Objetivo: Analizar si la intensidad en I+D modera la relación entre diversificación de alianzas y rendimiento bursátil.
Permite observar:

- Diferencias en la pendiente entre empresas con alto y bajo I+D
- Si existe complementariedad estratégica entre ambas variables

Este gráfico está directamente vinculado con la hipótesis principal del estudio.

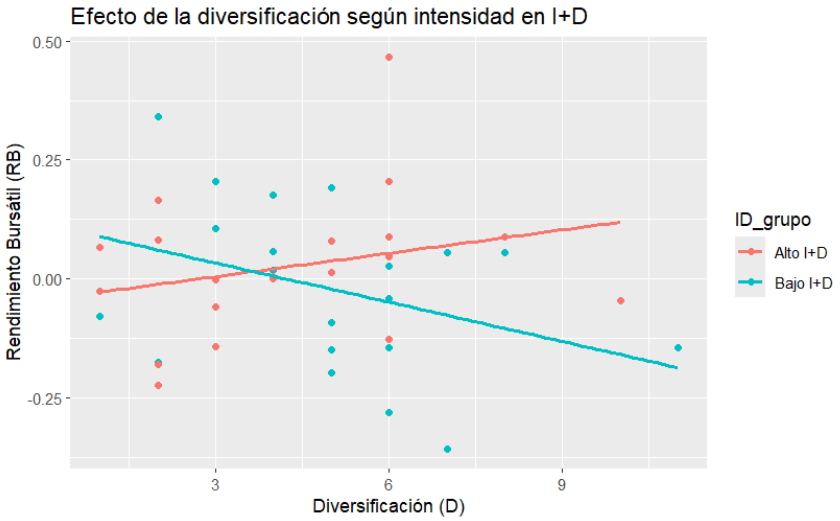


Gráfico 3.1 Efecto de la diversificación de alianzas (D) según intensidad I+D en el rendimiento bursátil (RB) a partir de datos winsorizados. Elaboración propia con el programa estadístico RStudio.

El Gráfico 3.1 visualiza el efecto moderador planteado en la hipótesis principal del trabajo, ahora aplicado al rendimiento bursátil. Las dos líneas de tendencia presentan **pendientes de signo opuesto**: la pendiente del grupo de Alto I+D es ligeramente positiva, mientras que la del grupo de Bajo I+D presenta una pendiente negativa. Las dos líneas se cruzan en torno a D ≈ 4. Esta separación visual sugiere que, en el subgrupo de empresas con elevada intensidad innovadora, la diversificación de alianzas tiende a estar asociada a mejor rendimiento bursátil, mientras que en el subgrupo de baja intensidad innovadora ocurre lo contrario.

A pesar de la sugerencia visual, el modelo multivariado no confirma estadísticamente este patrón: el coeficiente del término de interacción D × I+D no resulta significativo (β = +0,037; p = 0,267). La interpretación más prudente es que la evidencia gráfica sugiere una direccionalidad consistente con la hipótesis, pero que el tamaño muestral (n = 40) y la presencia de variables con elevada correlación entre sí (ID y D × I+D presentan VIF próximos a 10) limitan la capacidad de detección estadística del efecto moderador. Este gráfico es relevante por ser el contraste visual directo de la hipótesis principal del trabajo, y debe leerse junto con el coeficiente del término de interacción del modelo de regresión.

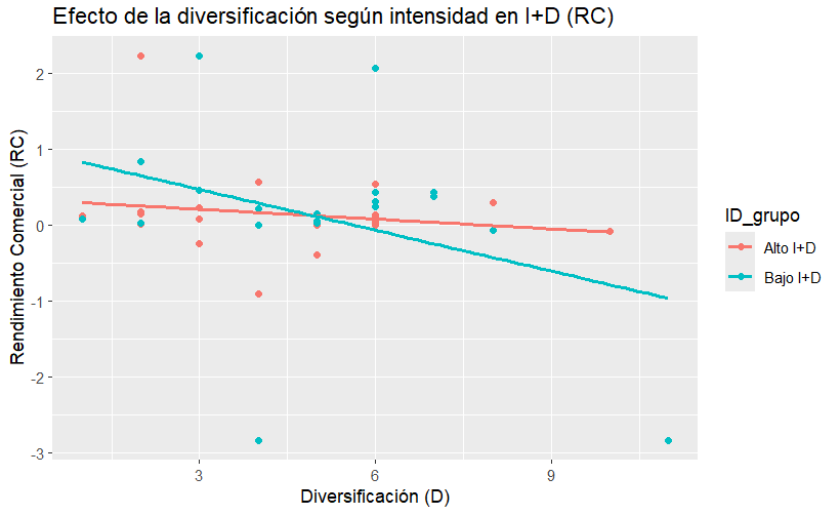


Gráfico 3.2. Efecto de la diversificación de alianzas (D) según intensidad I+D en el rendimiento comercial (RC) a partir de datos winsorizados. Elaboración propia con el programa estadístico RStudio.

El Gráfico 3.2 representa el mismo análisis de interacción que el Gráfico 3.1 pero ahora con el rendimiento comercial (RC) en el eje vertical. Las dos líneas presentan pendientes negativas, pero **la pendiente del grupo de Bajo I+D es notablemente más pronunciada** (más descendente) que la del grupo de Alto I+D. Esta diferencia significativa en pendientes constituye una representación visual consistente con un efecto moderador positivo de la I+D: el efecto negativo de la diversificación sobre RC se atenúa fuertemente cuando la empresa presenta elevada intensidad innovadora.

Este resultado es coherente con el coeficiente del término de interacción del modelo, positivo y estadísticamente significativo (β = +0,442; p = 0,019). Por tanto, el Gráfico 3.2 constituye una representación visual consistente con la hipótesis principal del *trabajo* **en su dimensión operativa**: la diversificación de alianzas crea valor comercial cuando va acompañada de una I+D propia robusta, y lo contrario cuando se produce sin sustento innovador interno. Este es uno de los hallazgos más relevantes del estudio.

No obstante, la comprobación de robustez mediante variables centradas, detallada en el apartado 5.2.1, indica que este patrón visual no se confirma estadísticamente una vez reducida la colinealidad entre variables. Los gráficos deben interpretarse por tanto como representaciones exploratorias coherentes con la dirección teórica de la hipótesis, sin que constituyan evidencia estadística concluyente del efecto moderador.

5.4.4 Distribución del rendimiento comercial (RC) según la fase de desarrollo

Objetivo: Comparar la distribución del rendimiento comercial entre empresas farmacéuticas consolidadas y biotecnológicas.
Permite analizar:

- Diferencias estructurales entre ambos grupos
- Dispersión de resultados
- Presencia de valores extremos

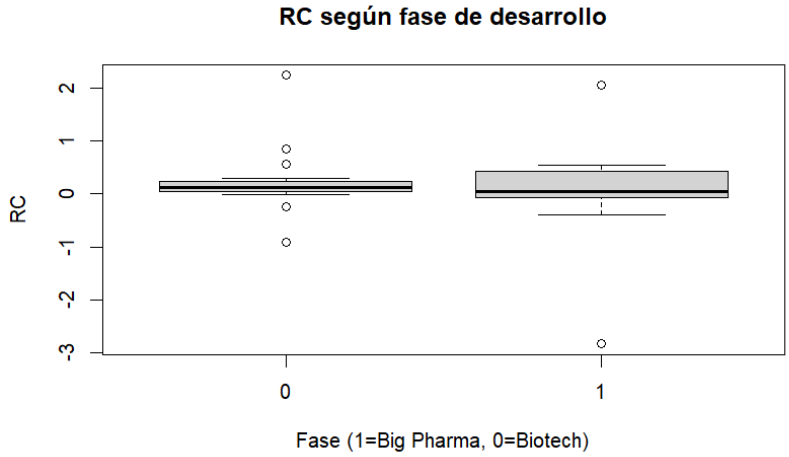


Gráfico 4. Distribución del rendimiento comercial (RC) según la fase de desarrollo a partir de datos winsorizados. Elaboración propia con el programa estadístico RStudio.

El Gráfico 4 compara la distribución del rendimiento comercial entre empresas Biotech y Big Pharma. Ambos subgrupos presentan medianas próximas a cero y una caja relativamente estrecha, pero **la dispersión es mayor entre las Biotech**, donde se observan outliers tanto positivos (Alnylam, BeOne con RC > +2) como negativos (Moderna con RC < -2,5). En las Big Pharma, los outliers se concentran principalmente en valores positivos (Eli Lilly, Sun Pharmaceutical) y la masa central está más concentrada.

Este resultado es coherente con la heterogeneidad inherente al subgrupo biotecnológico, donde conviven empresas en fase pre-comercial (cuyos ingresos pequeños amplifican la sensibilidad de las métricas operativas) y empresas con productos consolidados. El test t de diferencia de medias (Tabla 5) no detecta una diferencia significativa entre los dos grupos en RC (p = 0,17), lo que sugiere que la fase de desarrollo, por sí sola, no aparece como un determinante claro del rendimiento comercial. No obstante, la inclusión de Fase como variable de control en los modelos de regresión sigue siendo metodológicamente justificada para evitar sesgos derivados de la heterogeneidad estructural del sector, aun cuando su coeficiente no sea estadísticamente significativo.

5.4.5 Análisis de residuos de los modelos econométricos

Objetivo: Evaluar la calidad y validez de los modelos estimados.
Permite comprobar:

- Si los residuos se distribuyen de forma aleatoria
- Posibles problemas de heterocedasticidad
- Adecuación del modelo a los datos

El análisis diagnóstico de los modelos se realiza mediante dos gráficos por modelo: el gráfico de residuos frente a valores ajustados (residuals vs fitted) y el gráfico Q-Q de normalidad de los residuos.

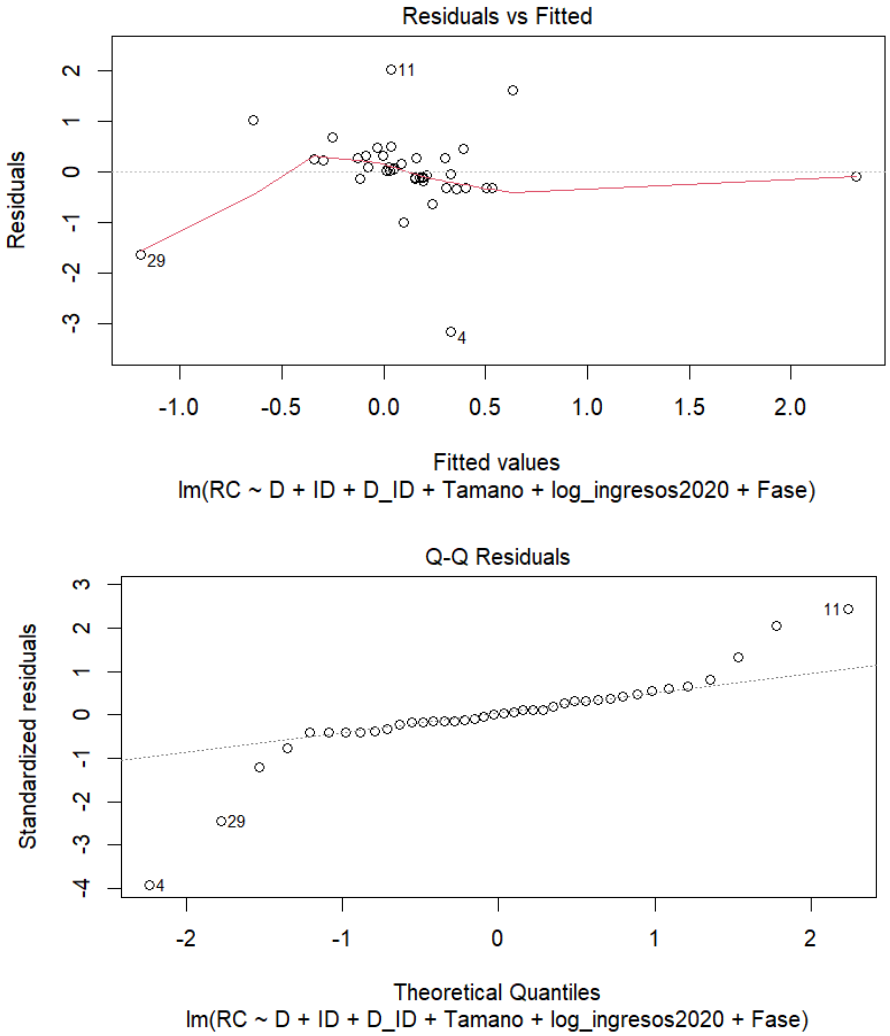


Gráfico 5.1. Análisis de residuos de los modelos econométricos del modelo de rendimiento comercial (RC) a partir de datos winsorizados. Elaboración propia con el programa estadístico RStudio.

El modelo del rendimiento comercial (RC) presenta un comportamiento adecuado en sus diagnósticos. El gráfico de residuos frente a valores ajustados muestra puntos distribuidos de forma bastante equilibrada alrededor de cero, sin patrones claros que indiquen errores sistemáticos en el modelo.

Se identifican tres observaciones que se desvían del resto (puntos 4, 11 y 29), pero no alteran de forma relevante el ajuste global. La línea de tendencia suavizada se mantiene prácticamente horizontal, lo que sugiere que la relación estimada es lineal y no presenta sesgos evidentes.

En cuanto a la distribución de los errores, estos siguen una forma aproximadamente normal en la zona central, aunque aparecen desviaciones en los extremos, algo habitual en datos empresariales con alta heterogeneidad. Estas desviaciones no son lo suficientemente importantes como para afectar a la validez del modelo. Además, el test de Breusch-Pagan no detecta problemas de varianza no constante (p = 0,690), por lo que los supuestos principales del modelo se cumplen razonablemente bien.

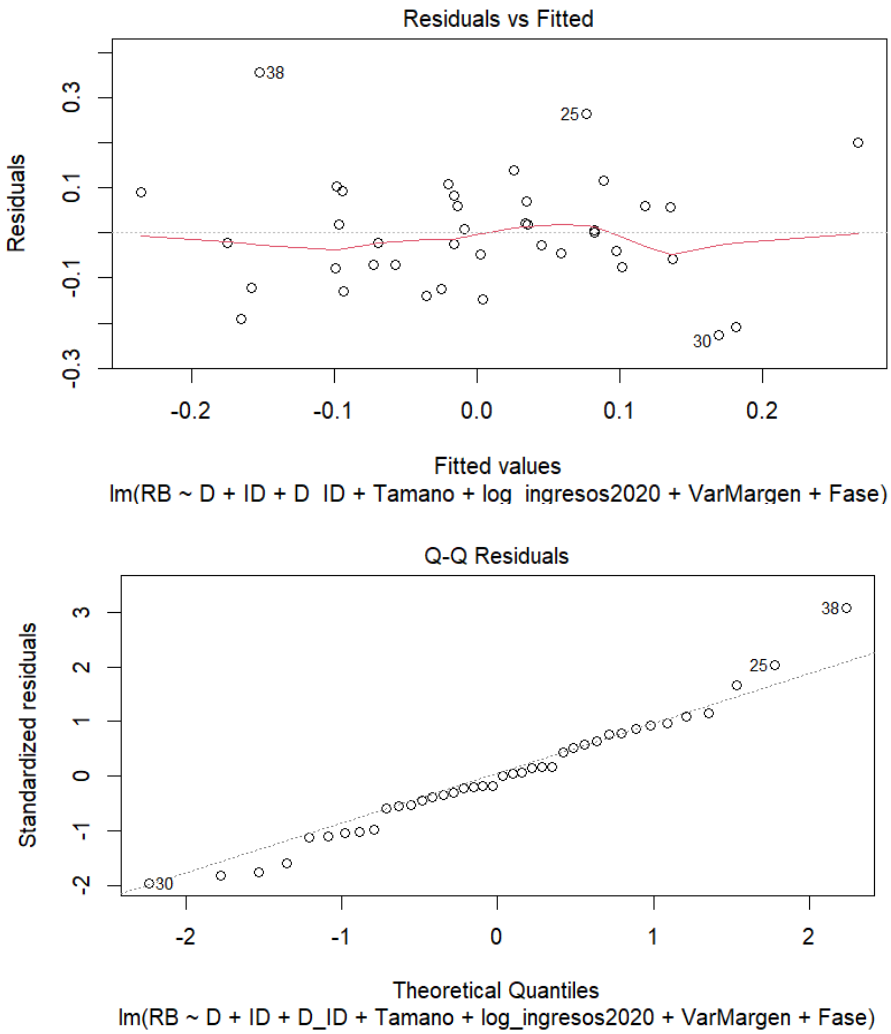


Gráfico 6.2. Análisis de residuos de los modelos econométricos del modelo de rendimiento bursátil (RB) a partir de datos winsorizados. Elaboración propia con el programa estadístico RStudio.

El modelo del rendimiento bruto (RB) muestra un buen comportamiento en sus diagnósticos. El gráfico de residuos frente a valores ajustados presenta una distribución equilibrada y sin patrones visibles, lo que sugiere que el modelo está bien especificado.

La línea se mantiene prácticamente horizontal, indicando que no hay indicios de relación no capturada o de errores sistemáticos en la estimación.

En el Q-Q plot, los residuos se ajustan bien a la distribución normal, especialmente en la zona central, con ligeras desviaciones únicamente en los extremos (observaciones 30, 25 y 38), algo habitual en este tipo de datos.

Por último, el test de Breusch-Pagan (p = 0,188) no detecta problemas de heterocedasticidad, por lo que no hay evidencia de varianza no constante. En conjunto, el modelo RB cumple de forma satisfactoria los supuestos básicos de la regresión lineal.

5.4.6 Relación entre intensidad en I+D y rendimiento comercial (RC)

Objetivo: Analizar la relación entre la intensidad en I+D y el rendimiento comercial de las empresas.
Permite evaluar:

- Si el esfuerzo en innovación se traduce en crecimiento de ingresos y mejora de eficiencia operativa
- La existencia de una relación lineal positiva, negativa o nula
- El grado de dispersión entre empresas con distintos niveles de inversión en I+D

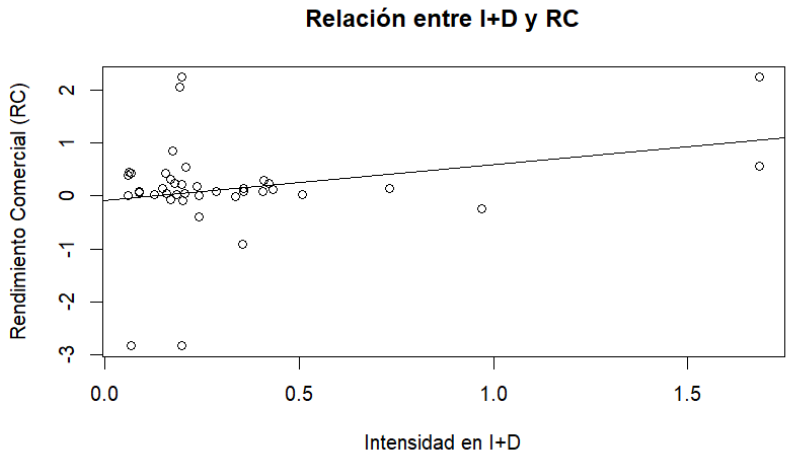


Gráfico 7. Relación entre la intensidad de I+D y el rendimiento comercial (RC) a partir de datos winsorizados. Elaboración propia con el programa estadístico RStudio.

El Gráfico 6 muestra la relación entre la intensidad en I+D y el rendimiento comercial. La línea de tendencia muestra una pendiente positiva, lo que sugiere que, en términos generales, las empresas con una mayor inversión relativa en investigación y desarrollo tienden a alcanzar un mejor rendimiento comercial durante el periodo analizado.

La distribución de los puntos presenta una mayor concentración en niveles bajos de intensidad en I+D (entre 0 y 0,5), mientras que la dispersión aumenta a medida que se incrementa esta variable. Este patrón resulta coherente con la estructura del sector, donde las grandes farmacéuticas suelen situarse en niveles intermedios de inversión, mientras que las biotecnológicas en fases tempranas o pre-comerciales alcanzan intensidades significativamente más elevadas.

Sin embargo, esta relación positiva en el análisis simple contrasta con el coeficiente del modelo multivariado, donde la intensidad en I+D, considerada como efecto principal y controlando por la interacción, no resulta estadísticamente significativa ($\beta = -1{,}678$; $p = 0{,}122$). Esta aparente discrepancia se explica por la inclusión del término de interacción D × I+D en el modelo, lo que implica que el efecto de la I+D sobre el rendimiento no puede interpretarse de forma aislada. En realidad, el impacto total depende del nivel de diversificación de alianzas, ya que ambos factores actúan de manera conjunta.

En este sentido, el patrón observado sugiere que la creación de valor asociada a la I+D está condicionada por su combinación con la diversificación de alianzas, reforzando la idea de que no se trata de factores independientes sino complementarios. Por tanto, los resultados empíricos son coherentes con la hipótesis de complementariedad estratégica planteada en el estudio.

En conjunto, los seis gráficos ofrecen una historia consistente. La diversificación de alianzas, por sí sola, no se asocia a una mejora del rendimiento (Gráficos 1 y 2). Sin embargo, cuando se combina con una alta intensidad en I+D, su efecto cambia y pasa a ser positivo sobre el rendimiento comercial (Gráficos 3.1 y 6).

Este efecto de combinación no se observa en el rendimiento bursátil, donde la relación sugerida visualmente en el Gráfico 3 no se confirma en el modelo estadístico. Por su parte, el boxplot por fase (Gráfico 4) muestra diferencias claras entre tipos de empresas, lo que justifica incluir la fase como variable de control.

Finalmente, los gráficos de diagnóstico (Gráfico 5.1 y 5.2) indican que los modelos cumplen los supuestos básicos de regresión lineal, por lo que los resultados pueden considerarse estadísticamente fiables.

6. Conclusiones

6.1 Recapitulación del objetivo y de la hipótesis

El presente Trabajo de Fin de Grado se ha planteado como objetivo analizar el impacto de las alianzas estratégicas sobre dos dimensiones clave del rendimiento empresarial en el sector farmacéutico y biotecnológico; el rendimiento comercial (RC), medido a través del crecimiento de ingresos y la variación del margen operativo, y la valoración bursátil (RB), medida como el rendimiento ajustado al riesgo según el modelo CAPM, prestando especial atención al papel moderador de la intensidad en investigación y desarrollo (I+D) y a la diversificación terapéutica de las alianzas. La hipótesis central que se ha contrastado afirmaba que el efecto positivo de las alianzas sobre ambas dimensiones del rendimiento es mayor cuanto más intensiva es la empresa en I+D y cuanto más diversificadas son sus colaboraciones, lo que implicaría una **complementariedad estratégica** entre la capacidad innovadora interna y la red de alianzas externas.

Para contrastarla se construyó una base de datos propia con información financiera y estratégica de 40 empresas farmacéuticas y biotecnológicas cotizadas durante el periodo 2020-2025, con la diversificación de alianzas codificada manualmente como el número de áreas terapéuticas distintas con colaboraciones activas, y se estimaron dos modelos de regresión lineal múltiple por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) con un término de interacción D × I+D y controles por tamaño, fase de desarrollo, base operativa de partida y, en el caso de RB, variación del margen operativo. Tres empresas en fase pre-comercial (Crinetics, Rhythm y BridgeBio) cuyos valores generaban inestabilidades matemáticas en la fórmula del CAGR fueron sustituidas por compañías biotecnológicas comparables con bases de ingresos consolidadas (Incyte, Neurocrine y Halozyme), y se aplicó una

winsorización al 5 %–95 % a las variables RC, ID, Margen 2020 y Margen 2025 para limitar el impacto de los valores extremos sobre los coeficientes estimados.

6.2 Síntesis de los resultados

a) Modelo de Rendimiento Comercial (RC). El modelo final explica aproximadamente el 27 % de la varianza muestral del rendimiento comercial (R^2 ajustado del 13,8 %; F = 2,04; p = 0,088). A pesar de que el ajuste global del modelo es modesto, dos coeficientes resultan estadísticamente significativos al nivel del 5 % y aportan información relevante para el contraste de la hipótesis principal:

- El **efecto principal de la diversificación de alianzas (D)** es **negativo y significativo** (β = -0,197; p = 0,024), indicando que un aumento de una unidad en el número de áreas terapéuticas con alianzas activas, manteniendo el resto de factores constantes y a niveles bajos de I+D, se asocia con una disminución de aproximadamente 20 puntos porcentuales en el rendimiento comercial.
- El **término de interacción D × I+D** es **positivo y significativo** (β = +0,442; p = 0,019), confirmando que el efecto negativo de la diversificación se atenúa o invierte a medida que aumenta la intensidad innovadora de la empresa.

Leídos en conjunto, ambos coeficientes describen una dinámica clara: **la diversificación de alianzas no crea valor operativo de forma autónoma, pero sí lo hace cuando se combina con una elevada inversión en I+D propia**. Este resultado constituye la evidencia central a favor de la hipótesis de complementariedad estratégica para la dimensión del rendimiento comercial.

No obstante, la interpretación de estos coeficientes requiere una cautela adicional derivada del comportamiento global del modelo. El estadístico F del modelo RC (F = 2,04; p = 0,088) no alcanza significatividad al nivel convencional del 5%, lo que implica que el conjunto de variables explicativas no rechaza con plena solidez la hipótesis nula de ausencia de relación lineal. En este contexto, la significatividad individual de D y del término D×I+D debe leerse con prudencia: cuando un modelo no es globalmente significativo, los coeficientes individuales significativos pueden ser resultado de variabilidad muestral más que de relaciones estructurales estables. Esta limitación es coherente con el tamaño muestral reducido (n = 40) y con el nivel de heterogeneidad estructural de la muestra, que incrementan el riesgo de error tipo II y reducen la potencia estadística del contraste global. En consecuencia, los resultados del modelo RC deben interpretarse como evidencia exploratoria sugestiva de complementariedad estratégica, no como confirmación estadística robusta de dicha relación.

b) Modelo de Rendimiento Bursátil (RB). El modelo alcanza un R^2 del 44,3 % (R^2 ajustado del 32,1 %; F = 3,63; p = 0,005), un nivel de ajuste superior al del modelo RC. Sin embargo, el contraste central de la hipótesis no se confirma en este modelo: el **término de interacción D × I+D no resulta estadísticamente significativo** (β = +0,037; p = 0,267).

Las dos variables que sí explican el rendimiento bursátil ajustado al riesgo son:

- El **tamaño de la empresa**, medido como logaritmo de la capitalización bursátil, con un coeficiente positivo y altamente significativo (β = +0,281; p < 0,001).
- El **logaritmo de los ingresos de 2020**, con un coeficiente negativo y significativo (β = -0,223; p = 0,002), reflejando que las empresas que partieron de bases de ingresos pequeñas en 2020 obtuvieron un rendimiento bursátil ajustado superior durante el periodo, posiblemente por un mayor potencial de crecimiento relativo.

La asimetría entre ambos modelos, sea ser la significancia de la interacción en RC pero no en RB, constituye uno de los hallazgos más relevantes del trabajo y sugiere que la complementariedad estratégica entre alianzas e I+D crea valor operativo pero no se traduce de forma diferencial en valoración bursátil ajustada por riesgo.

Como anteriormente se ha mencionado, los tests diagnósticos apoyan la robustez de ambos modelos. Entre los factores de inflación de la varianza (VIF), que sitúan en el rango de 2-8 para el modelo RC y de 2-10 para el modelo RB (lo cual es esperable por la construcción de ID y su término de interacción I*ID), la prueba de Breusch-Pagan, el cual no detecta heterocedasticidad significativa y los gráficos de residuos, que aportan evidencia coherente con la validez del ajuste del modelo.

6.3 Contrastación de la hipótesis

En conjunto, la evidencia no permite confirmar la hipótesis con criterio estricto de robustez. El patrón existe y apunta en la dirección predicha por la teoría, pero su significatividad estadística no sobrevive al control de la colinealidad en la dimensión operativa, y no aparece en la bursátil en ninguna especificación. A continuación, se detalla la evidencia que sustenta esta conclusión para cada dimensión del rendimiento analizada.

- **En relación con el rendimiento comercial (RC*),*** el modelo original muestra un término de interacción D×I+D positivo y estadísticamente significativo al 5% (β = +0,442; p = 0,019), resultado que se mantiene bajo errores estándar HC3 (p = 0,021). Este patrón sugiere que las empresas con mayor intensidad en I+D obtienen mejores resultados operativos cuando diversifican sus alianzas, lo cual es consistente con la hipótesis de complementariedad estratégica. Sin embargo, cuando se reestima el modelo con variables centradas para controlar la colinealidad entre ID y D×ID (cuyos VIF originales se aproximaban a 8 y 7 respectivamente), el término de interacción pierde completamente su significatividad (β = −0,086; p = 0,917). Esta sensibilidad a la especificación indica que el resultado original no puede considerarse robusto y que la colinealidad entre variables contribuía a su aparente significatividad. En consecuencia, la evidencia a favor de la hipótesis en la dimensión operativa debe calificarse como exploratoria y sugestiva, no como confirmación estadística sólida. El patrón visual identificado en los gráficos de interacción es coherente con la dirección predicha por la teoría, pero no está suficientemente respaldado por la inferencia estadística una vez controlada la colinealidad.
- **En cambio, para el rendimiento bursátil (RB),** los resultados son más estables entre especificaciones. El término de interacción D×I+D no resulta

significativo ni en el modelo original (β = +0,037; p = 0,267) ni en el centrado (β = +0,076; p = 0,445), lo que indica ausencia consistente de evidencia del efecto moderador sobre esta dimensión del rendimiento. Las variables que explican de forma robusta el rendimiento bursátil ajustado al riesgo son el tamaño empresarial y el logaritmo de los ingresos iniciales, resultado que se mantiene estable en todas las especificaciones estimadas, incluyendo el modelo centrado.

En consecuencia, la hipótesis principal se rechaza en ambas dimensiones cuando se aplica un criterio de robustez estricto. Esta conclusión, aunque más modesta que la inicialmente anticipada, constituye en sí misma un hallazgo relevante: sugiere que la complementariedad estratégica entre alianzas e I+D, si existe, opera a través de mecanismos más complejos que los capturables con los indicadores agregados y el tamaño muestral disponibles en este estudio. La asimetría entre rendimiento operativo y rendimiento bursátil se mantiene como el hallazgo más sólido del trabajo: mientras que el mercado financiero responde de forma consistente a determinantes estructurales como el tamaño y la base operativa de partida, la dimensión operativa muestra una mayor sensibilidad a variables estratégicas cuyo efecto no es suficientemente robusto para confirmarse con n = 40.

6.4 Implicaciones

6.4.1 Implicaciones académicas

El trabajo aporta evidencia empírica reciente (2020–2025) al debate sobre el valor estratégico de las alianzas en sectores intensivos en I+D, mostrando que su efecto depende del contexto en el que se analicen. En línea con la literatura sobre innovación abierta de Chesbrough (2003) y los estudios de Rothaermel y Deeds (2004) en biotecnología*, los resultados son coherentes con la idea de complementariedad entre alianzas e I+D, pero la matizan*.

En concreto, esta complementariedad no se observa de forma uniforme en todas las dimensiones del rendimiento empresarial. Mientras que sí se refleja en el rendimiento comercial, no ocurre lo mismo en la valoración bursátil. Esta diferencia sugiere que los factores que explican la creación de valor operativo no coinciden necesariamente con los que influyen en la percepción de los mercados financieros, abriendo así posibles líneas de investigación futura.

6.4.2 Implicaciones para la dirección estratégica

Los resultados ofrecen una recomendación práctica clara para las empresas del sector: la diversificación de alianzas no es una palanca universal de creación de valor, sino una decisión condicional. Su retorno depende del nivel de capacidad innovadora interna de la empresa. En empresas con elevada intensidad en I+D, la diversificación en múltiples áreas terapéuticas refuerza el rendimiento comercial mediante el aprovechamiento de las capacidades innovadoras propias. En empresas con menor intensidad en I+D, la dispersión sobre múltiples áreas puede traducirse en sobre-extensión estratégica y en una pérdida del foco operativo.

6.4.3 Implicaciones para los inversores

Para los inversores del sector, los resultados indican que el rendimiento bursátil ajustado al riesgo depende principalmente de características estructurales de la empresa, como su tamaño y su base operativa inicial, más que de decisiones concretas sobre la cartera de alianzas. En este sentido, los hallazgos refuerzan la idea de que, a la hora de invertir, los fundamentos económicos de la empresa tienen mayor peso que sus decisiones estratégicas a corto plazo.

6.5 Líneas de investigación futuras

Teniendo en cuenta las limitaciones presentadas en el trabajo (tamaño muestral reducido, sustitución en mitad del marco metodológico de tres empresas, la no-diferenciación entre tipo de alianzas, la multicolinealidad moderado, el uso del *S&P500* como *benchmark* para empresas estadounidenses y extranjeras, periodo afectado por pandemia...), se hace propuesta de las siguientes vías de extensión:

- **Replicar el análisis excluyendo o controlando explícitamente el efecto del shock pandémico**, bien mediante la eliminación de los ingresos extraordinarios derivados de vacunas COVID-19 en empresas como Pfizer, Moderna y BioNTech, bien utilizando 2019 como año base alternativo, con el objetivo de evaluar si los resultados son robustos a la distorsión introducida por el horizonte temporal seleccionado.
- **Diferenciar por tipo de alianza** mediante el uso de bases de datos especializadas, para analizar si el efecto de la diversificación varía según su composición.
- **Incorporar un enfoque longitudinal con datos de panel**, que permita estudiar la evolución temporal y reducir posibles sesgos asociados a características no observadas de las empresas.
- **Realizar análisis de eventos** sobre anuncios concretos de alianzas, con el objetivo de captar la reacción inmediata del mercado y compararla con los efectos estructurales identificados.
- **Refinar la medición de la diversificación** utilizando indicadores alternativos, como índices de concentración o ponderaciones según la relevancia económica de cada acuerdo.
- **Ampliar el análisis a un contexto internacional**, incorporando otras regiones y *benchmarks* globales, para evaluar la robustez de los resultados en distintos entornos.

6.6 Reflexión final

El sector farmacéutico-biotecnológico es un laboratorio natural para estudiar la relación entre estrategia, innovación y mercados de capitales: ningún otro sector concentra tanta incertidumbre científica, tanto capital en juego y tanta dependencia de decisiones colaborativas externas en un mismo modelo de negocio.

Las alianzas estratégicas no operan como palanca universal de creación de valor, y su complementariedad con la I+D interna, aunque teóricamente sólida y exploratoriamente sugestiva, requiere diseños con mayor potencia estadística

para poder demostrarse de forma concluyente. Lo que sí emerge con robustez es una asimetría relevante: mientras el rendimiento operativo muestra sensibilidad a variables estratégicas, el rendimiento bursátil ajustado al riesgo responde principalmente a determinantes estructurales como el tamaño y la base operativa de partida, con independencia de las decisiones de cartera de alianzas. Esta asimetría sugiere que los mecanismos a través de los cuales las alianzas crean valor son más complejos y más lentos de lo que los indicadores agregados de medio plazo pueden capturar, e implica que entre la decisión estratégica y su reflejo en la valoración de mercado median factores cualitativos (calidad ejecutiva, perfil del socio, ejecución del pipeline) que escapan al alcance de un modelo cuantitativo con las características del presente estudio.

Los resultados deben leerse, por tanto, como evidencia exploratoria coherente con el marco de la innovación abierta, no como confirmación causal. Pero esa modestia no es una debilidad del trabajo: es precisamente su contribución. Saber dónde termina lo demostrable con los datos disponibles y dónde empieza lo que queda por investigar es el punto de partida de cualquier agenda de investigación seria. Las alianzas son una pieza necesaria del rompecabezas de la creación de valor en este sector, pero no suficiente, y entender bajo qué condiciones se vuelven suficientes es la pregunta que este trabajo deja abierta, con mayor precisión de la que tenía antes de comenzarlo.

GLOSARIO

Beta (β). Indicador del riesgo sistemático de una acción frente al mercado. $\beta = 1$ indica movimientos paralelos al índice de referencia; $\beta > 1$, mayor volatilidad; $\beta < 1$, menor volatilidad. Utilizado como input del CAPM.

CAGR (Compound Annual Growth Rate). Tasa de crecimiento anual compuesta entre dos periodos. Calcula el crecimiento medio anualizado únicamente a partir del valor inicial y final, suavizando fluctuaciones intermedias.

CAPM (Capital Asset Pricing Model). Modelo que estima el retorno esperado de un activo en función de su riesgo sistemático (beta), la tasa libre de riesgo y la prima de mercado. Permite calcular el rendimiento anormal como diferencia entre retorno real y retorno esperado.

Coinversión. Acuerdo entre dos o más empresas para compartir costes y riesgos del desarrollo de un activo clínico, accediendo a capacidades complementarias en regulación, comercialización o I+D.

Error tipo II. No rechazar la hipótesis nula cuando es falsa. Implica no detectar un efecto real, fenómeno más frecuente en muestras pequeñas y modelos con baja potencia estadística.

Heterocedasticidad. Situación en la que la varianza de los errores de un modelo de regresión no es constante. No sesga los coeficientes OLS, pero compromete la fiabilidad de los errores estándar. Se evalúa con el test de Breusch-Pagan.

Investor Relations (IR). Sección corporativa que publica información destinada a inversores (informes anuales, earnings calls, comunicados de alianzas). Fuente oficial habitual en estudios empíricos del sector.

Multicolinealidad. Correlación elevada entre variables explicativas. No introduce sesgo, pero incrementa la varianza de los coeficientes y reduce la precisión de las inferencias individuales. Se diagnostica con el VIF.

OLS (Mínimos Cuadrados Ordinarios). Método estándar de estimación de regresión lineal que minimiza la suma de cuadrados de los residuos. Bajo los supuestos clásicos, produce estimadores insesgados y eficientes.

Pipeline. Conjunto de proyectos farmacéuticos en distintas fases de investigación y desarrollo, desde la fase preclínica hasta la comercialización.

p-value. Probabilidad de obtener un resultado al menos tan extremo como el observado si la hipótesis nula fuera cierta. Convencionalmente, $p < 0{,}05$ se considera evidencia estadística suficiente para rechazar la nula.

R^2 ajustado. Versión del coeficiente de determinación que penaliza la inclusión de variables explicativas adicionales. Más adecuado que el R^2 convencional para comparar modelos con distinto número de regresores.

RB (Rendimiento Bursátil). Variable dependiente del modelo. Rendimiento anormal calculado como diferencia entre el retorno real anualizado de la acción y el retorno esperado según CAPM.

RC (Rendimiento Comercial). Variable dependiente del modelo. Indicador compuesto que suma el CAGR de ingresos y la variación del margen operativo entre 2020 y 2025.

Retorno real. Cambio porcentual del precio ajustado (por dividendos y splits) entre dos fechas. Refleja el rendimiento efectivo del inversor.

rf (tasa libre de riesgo). Retorno esperado de un activo sin riesgo de impago. En este trabajo se aproxima mediante el bono del Tesoro estadounidense a 10 años (4 %).

rm (retorno del mercado). Retorno medio esperado de un índice bursátil amplio. En este trabajo se aproxima mediante el S&P 500.

Screener financiero. Herramienta de filtrado de empresas según criterios financieros y estratégicos (capitalización, sector, beta, intensidad en I+D, etc.). Facilita construir muestras homogéneas.

SEC filings. Documentos depositados ante la Securities and Exchange Commission por empresas cotizadas en EE.UU. (10-K anual, 10-Q trimestral). Fuente primaria de datos financieros auditados.

Splits (división de acciones). Operación corporativa que aumenta el número de acciones en circulación y reduce proporcionalmente su precio, manteniendo la capitalización constante. Relevante para calcular precios ajustados.

Sword-Financing (Stock Warrant-Based Deferred Financing). Mecanismo de financiación diferida basado en la combinación de capital y warrants, frecuente en biotecnológicas pre-comerciales. Permite obtener recursos sin dilución inmediata.

Test de Breusch-Pagan (BP). Contraste estadístico para detectar heterocedasticidad. La hipótesis nula es la homocedasticidad. Se rechaza si $p < 0,05$.

Valoración bursátil. Valor total que el mercado asigna a una empresa, calculado como precio de la acción multiplicado por el número de acciones en circulación. Incorpora expectativas futuras y percepción de riesgo.

VIF (Variance Inflation Factor). Indicador de multicolinealidad. Se calcula como $1/(1-R^2k)$. Regla práctica: VIF < 5, sin problema; entre 5 y 10, multicolinealidad moderada; > 10, severa.

Winsorización. Técnica de tratamiento de valores extremos que sustituye los valores por encima del percentil superior (típicamente p95) por el valor del percentil, y simétricamente para el inferior. Preserva el tamaño muestral.

ANEXO TABLAS

TABLA 6. BASE DE DATOS

Empresa	Ticker	Market Cap (USD)	Ingresos 2020 (m)	Ingresos 2025 (m)	Gasto I+D 2025	I+D%	Rendimiento Comercial	Beta 5Y	Adj close 02/01/2020	Adj close 31/12/2025	Retorno real 5Y - Anual	Retorno esperado CAPM	Rendimiento Bursatil Anual	D	D*I+D	EBIT 2020	EBIT 2025	Margen operativo 2020 %	Margen operativo 2025 %	Tamaño	Fase
Eli Lilly & Co	LLY	$ 961.620.000.000	$ 24.539.800.000	$ 65.179.000.000	$ 13.337.000.000	20,46%	4,44%	0,40	122,79	1072,89	54,27%	7,54%	46,73%	6	122,77%	$ 6.060.000,00	$ 29.696.000.000	24,69%	45,56%	11,98	1
Johnson & Johnson	JNJ	$ 597.010.000.000	$ 82.584.000.000	$ 94.193.000.000	$ 14.665.000.000	15,57%	42,78%	0,33	122,64	205,86	10,91%	8,29%	2,63%	6	93,41%	$ 19.719.000,00	$ 33.552.000.000	23,88%	35,62%	11,78	1
AbbVie	ABBV	$ 411.970.000.000	$ 45.784.000.000	$ 61.160.000.000	$ 9.096.000.000	14,87%	14,41%	0,33	69,27	226,67	26,76%	7,54%	19,21%	5	74,36%	$ 5.678.000	$ 9.224.000.000	12,40%	15,08%	11,61	1
Novartis	NVS	$ 305.530.000.000	$ 48.659.000.000	$ 56.674.000.000	$ 11.200.000.000	19,76%	-355,88%	0,50	75,28	137,87	12,86%	7,01%	5,85%	4	79,05%	$ 10.152.000,00	$ 17.496.000.000	20,86%	30,87%	11,49	1
AstraZeneca	AZN	$ 301.200.000.000	$ 26.617.000.000	$ 58.739.000.000	$ 14.232.000.000	24,23%	0,34%	0,38	86,52	181,96	16,03%	8,07%	7,96%	5	121,15%	$ 5.162.000,00	$ 13.743.000.000	19,39%	23,40%	11,48	1
Merck & Co	MRK	$ 286.280.000.000	$ 51.800.000.000	$ 65.011.000.000	$ 15.789.000.000	24,29%	-39,54%	0,28	72,63	105,26	7,70%	6,27%	1,43%	5	121,43%	$ 8.480.000,00	$ 22.424.000.000	16,37%	34,49%	11,46	1
Roche Holding	ROG.SW	$ 256.428.000.000	$ 47.359.782.812	$ 74.249.812.301	$ 14.777.301.532	19,90%	-8,47%	0,21	251,82	318,45	4,81%	9,35%	-4,54%	10	199,02%	$ 18.520.852,50	$ 22.300.532.000	39,11%	30,03%	11,41	1
Amgen	AMGN	$ 200.870.000.000	$ 25.424.000.000	$ 36.751.000.000	$ 7.272.000.000	19,79%	21,16%	0,44	198,23	325,06	10,40%	8,61%	1,79%	4	79,15%	$ 9.395.000,00	$ 11.731.000.000	36,95%	31,92%	11,30	0
Abbott Laboratories	ABT	$ 183.260.000.000	$ 34.608.000.000	$ 44.328.000.000	$ 2.942.000.000	6,64%	42,44%	0,77	77,81	124,66	9,88%	4,36%	5,53%	7	46,46%	$ 5.468.000	$ 8.651.000.000	15,80%	19,52%	11,26	1

Gilead Sciences	GILD	$ 181.060.000.000	$ 24.689.000.000	$ 29.442.000.000	$ 5.799.000.000	19,70%	224,13%	0,38	51,73	122,74	18,86%	8,29%	10,58%	3	59,09%	$ 4.071.000,00	$ 10.820.000.000	16,49%	36,75%	11,26	0
Pfizer	PFE	$ 151.470.000.000	$ 41.908.000.000	$ 62.579.000.000	$ 12.050.000.000	19,26%	205,91%	0,41	27,49	24,49	-2,28%	12,22%	-14,50%	6	115,53%	$ 7.001.000,00	$ 10.191.000.000	16,71%	16,29%	11,18	1
Novo Nordisk	NVO	$ 133.820.000.000	$ 19.448.127.000	$ 46.823.196.000	$ 7.883.909.000	16,84%	-7,42%	0,74	26,21	50,88	14,19%	8,71%	5,48%	8	134,70%	$ 9.388.402,40	$ 20.414.171.000	48,27%	43,60%	11,13	1
Sanofi	SNY	$ 121.620.000.000	$ 41.086.740.000	$ 52.789.080.000	$ 8.861.460.000	16,79%	30,68%	0,43	40,11	48,46	3,85%	8,07%	-4,22%	6	100,72%	$ 7.969.740,00	$ 7.685.130.000	19,40%	14,56%	11,09	1
Bristol-Myers Squibb	BMY	$ 120.700.000.000	$ 42.518.000.000	$ 48.195.000.000	$ 9.951.000.000	20,65%	53,91%	0,28	50,34	53,31	1,15%	13,91%	-12,76%	6	123,88%	$ -11.945.000,00	$ 11.219.000.000	-28,09%	23,28%	11,08	1
Vertex Pharmaceuticals	VRTX	$ 120.300.000.000	$ 6.206.000.000	$ 12.001.300.000	$ 4.042.500.000	33,68%	-0,50%	0,33	219,45	453,36	15,62%	6,80%	8,82%	6	202,10%	$ 3.170.000,00	$ 4.656.500.000	51,08%	38,80%	11,08	0
Regeneron Pharmaceuticals	REGN	$ 81.240.000.000	$ 8.497.000.000	$ 14.342.900.000	$ 5.850.200.000	40,79%	28,96%	0,40	370,84	770,94	15,76%	7,01%	8,75%	8	326,31%	$ 3.577.000,00	$ 5.274.500.000	42,10%	36,77%	10,91	0
Takeda Pharmaceutical	TAK	$ 56.150.000.000	$ 30.238.000.000	$ 30.279.000.000	$ 4.819.498.000	15,92%	4,78%	0,03	18,65	15,59	-3,52%	5,74%	-9,26%	5	79,58%	$ 924.000,00	$ 2.261.000.000	3,06%	7,47%	10,75	1
CSL Limited	CSLLY	$ 49.335.000.000	$ 8.796.600.000	$ 15.430.000.000	$ 1.359.000.000	8,81%	5,72%	0,21	44,8	28,44	-8,69%	6,27%	-14,96%	5	44,04%	$ 2.716.500,00	$ 4.117.000.000	30,88%	26,68%	10,69	0
UCB	UCB.BR	$ 48.980.000.000	$ 6.095.580.000	$ 8.747.330.000	$ 2.058.860.000	23,54%	17,95%	0,26	65,8	238,6	29,39%	12,85%	16,53%	2	47,07%	$ 1.246.020,00	$ 2.203.500.000	20,44%	25,19%	10,69	0
Alnylam Pharmaceuticals	ALNY	$ 42.750.000.000	$ 492.853	$ 3.713.937.000	$ 1.319.775.000	35,54%	13,10%	0,40	115,62	397,65	28,02%	7,54%	20,48%	6	213,21%	$ -782.913	$ 575.779	-158,85%	15,50%	10,63	0
Bayer AG	BAYN.MU	$ 37.920.000.000	$ 47.196.000.000	$ 51.499.750.000	$ 6.518.970.000	12,66%	2,61%	0,93	62,33	37,01	-9,90%	9,88%	-19,78%	5	63,29%	$ -18.270.970,00	-$ 1.217.010.000	-38,71%	-2,36%	10,58	1

BeOne Medicines Ltd	ONC	$ 31.470.000.000	$ 308.874	$ 5.282.061	$ 2.145.868	40,63%	8,79%	0,55	165,92	303,81	12,86%	8,29%	4,57%	6	243,75%	$ -1.617.000,00	$ 475.088	-523,51%	8,99%	10,50	0
Biogen	BIIB	$ 26.890.000.000	$ 13.444.600	$ 9.890.600	$ 1.778.600	17,98%	23,85%	0,16	294,24	175,99	-9,77%	18,37%	-28,14%	6	107,90%	$ 5.041.000,00	$ 1.824.000	37,49%	18,44%	10,43	0
BioNTech	BNTX	$ 24.230.000.000	$ 549.851	$ 3.242.987	$ 2.378.537	73,34%	14,54%	1,54	38,00	95,20	20,16%	11,90%	8,27%	2	146,69%	$ 22.800,00	-$ 1.171.358	4,15%	-36,12%	10,38	0
United Therapeutics	UTHR	$ 22.980.000.000	$ 1.483.300	$ 3.182.700	$ 550.000	17,28%	84,08%	0,83	87,66	487,25	40,93%	6,91%	34,02%	2	34,56%	$ 418.000,00	$ 1.733.400	28,18%	54,46%	10,36	0
Moderna	MRNA	$ 21.300.000.000	$ 803.395	$ 1.818.000	$ 3.132.000	172,28%	56,34%	1,35	19,23	29,49	8,93%	8,39%	0,53%	4	689,11%	$ -763.000,00	-$ 2.768.000	-94,97%	-152,26%	10,33	0
Incyte Corporation	INCY	$ 19.336.000.000	$ 2.666.702	$ 5.141.242	$ 2.606.848	50,70%	1,82%	0,80	85,97	98,91	2,84%	25,17%	-22,32%	2	101,41%	$ -263.676,00	$ 1.666.879	-9,89%	32,42%	10,29	0
Genmab	GMAB	$ 16.370.000.000	$ 236.556	$ 563.580	$ 243.309	43,17%	12,24%	0,98	22,3	30,8	6,67%	9,35%	-2,68%	1	43,17%	$ 967.151,60	$ 191.648	408,85%	34,01%	10,21	0
Viatris Inc.	VTRS	$ 15.200.000.000	$ 11.946.000	$ 14.299.900	$ 965.900	6,75%	-293,32%	0,83	16,74	12,34	-5,92%	8,61%	-14,52%	11	74,30%	$ -1.344.000,00	-$ 3.193.700	-11,25%	-22,33%	10,18	1
Ascendis Pharma	ASND	$ 13.620.000.000	$ 69.112	$ 720.132	$ 303.621	42,16%	22,77%	0,50	141,13	213,24	8,61%	14,44%	-5,84%	3	126,49%	$ -112.491,00	-$ 119.963	-162,77%	-16,66%	10,13	0
Neurocrine Biosciences	NBIX	$ 13.432.000.000	$ 1.045.900	$ 2.860.500	$ 1.015.700	35,51%	-91,08%	0,34	108,3	140,95	5,41%	5,31%	0,10%	4	142,03%	$ 163.000,00	$ 636.500	15,58%	22,25%	10,13	0

Ionis Pharmaceuticals	IONS	$ 11.730.000.000	$ 729.264	$ 943.711	$ 915.619	97,02%	-25,01%	0,43	60,89	79,11	5,37%	5,63%	-0,26%	3	291,07%	$ 183.000,00	-$ 295.819	- 25,09%	- 31,35%	10,07	0
Jazz Pharmaceuticals	JAZZ	$ 11.120.000.000	$ 2.346.660	$ 4.267.586	$ 782.736	18%	2,34%	0,26	148,43	170	2,75%	20,39%	-17,64%	2	36,68%	$ 259.000,00	-$ 432.808	11,04%	- 10,14%	10,05	0
BioMarin Pharmaceutical	BMRN	$ 11.050.000.000	$ 1.860.500	$ 3.221.253	$ 921.930	28,62%	7,93%	0,27	84,04	59,43	- 6,70%	7,65%	-14,35%	3	85,86%	$ 70.000,00	$ - 493.379	3,76%	15,32%	10,04	0
Exelixis	EXEL	$ 10.720.000.000	$ 987.538	$ 2.320.126	$ 825.001	35,56%	7,70%	0,44	17,66	43,83	19,94%	13,38%	6,55%	1	35,56%	$ 117.000,00	$ 892.701	11,85%	38,48%	10,03	0
Grifols	GIFLF	$ 8.779.000.000	$ 6.087.643	$ 8.502.391	$ 481.400	5,66%	38,11%	1,19	33,61	11,66	- 19,08%	16,67%	-35,76%	7	39,63%	$ 1.135.590,48	$ 1.404.949	18,65%	16,52%	9,94	1
Halozyme Therapeutics	HALO	$ 7.616.000.000	$ 267.594	$ 1.396.611	$ 81.490	5,83%	0,30%	0,88	18,1	67,7	30,19%	12,53%	17,66%	4	23,34%	$ 149.680,00	$ 485.001	55,94%	34,73%	9,88	0
Sun Pharmaceutical	SUNPHARMA	$ 4.305.000.000	$ 4.429.779	$ 60.360.003	$ 3.729.163	6,18%	45,26%	0,12	406,07	1708,6	33,29%	12,85%	20,44%	3	18,53%	$ 588.838,50	$ 17.362.409	13,29%	28,76%	9,63	1
Almirall	ALM.MC	$ 2.468.000.000	$ 928.530	$ 1.252.135	$ 108.480	8,66%	8,64%	0,15	13,49	12,84	- 0,98%	6,80%	-7,78%	1	8,66%	$ 148.401	$ 116.703	15,98%	9,32%	9,39	0
Intellia Therapeutics	NTLA	$ 1.520.000.000	$ 57.994	$ 67.671	$ 388.861	574,63%	608,95%	1,99	14,58	8,99	- 9,22%	8,71%	-17,93%	2	1149,27%	$ 206.000,00	-$ 440.990	- 355,21%	- 651,67%	9,18	0

TABLA 7. TABLA FINAL

Empresa	D	ID	RC	RB	D_ID	Tamaño	Margen2025	Margen2020	log_ingresos2020	Fase
Eli Lilly & Co	6	20,46%	0,044385674	0,46725201	122,77%	11,9830035	45,56%	24,69%	7,39	1
Johnson & Johnson	6	15,57%	0,427794075	0,02627475	93,41%	11,7759816	35,62%	23,88%	7,92	1
AbbVie	5	14,87%	0,144084787	0,19212644	74,36%	11,6148656	15,08%	12,40%	7,66	1
Novartis	4	19,76%	-3,558802912	0,05851821	79,05%	11,4850539	30,87%	20,86%	7,69	1
AstraZeneca	5	24,23%	0,003377817	0,07955839	121,15%	11,478855	23,40%	19,39%	7,43	1
Merck & Co	5	24,29%	-0,395408447	0,01433773	121,43%	11,456791	34,49%	16,37%	7,71	1
Roche Holding	10	19,90%	-0,084728749	-0,04541686	199,02%	11,4089654	30,03%	39,11%	7,68	1
Amgen	4	19,79%	0,211561206	0,01791943	79,15%	11,3029151	31,92%	36,95%	7,41	0
Abbott Laboratories	7	6,64%	0,424419646	0,05526462	46,46%	11,2630677	19,52%	15,80%	7,54	1
Gilead Sciences	3	19,70%	2,241259619	0,10576626	59,09%	11,2578225	36,75%	16,49%	7,39	0
Pfizer	6	19,26%	2,059059044	-0,14499992	115,53%	11,1803266	16,29%	16,71%	7,62	1
Novo Nordisk	8	16,84%	-0,074204946	0,05475204	134,70%	11,126521	43,60%	48,27%	7,29	1
Sanofi	6	16,79%	0,306826115	-0,04219888	100,72%	11,085005	14,56%	19,40%	7,61	1
Bristol-Myers Squibb	6	20,65%	0,539105656	-0,12761043	123,88%	11,0817073	23,28%	-28,09%	7,63	1
Vertex Pharmaceuticals	6	33,684%	-0,004995225	0,08816447	202,103%	11,0802656	38,80%	51,08%	6,79	0
Regeneron Pharmaceuticals	8	40,788%	0,289565254	0,08749355	326,305%	10,9097699	36,77%	42,10%	6,93	0
Takeda Pharmaceutical	5	15,917%	0,047801543	-0,09259626	79,585%	10,7493498	7,47%	3,06%	7,48	1
CSL Limited	5	8,808%	0,057157566	-0,14957122	44,038%	10,6931551	26,68%	30,88%	6,94	0
UCB	2	23,537%	0,179532378	0,16534098	47,074%	10,6900188	25,19%	20,44%	6,79	0
Alnylam Pharmaceuticals	6	35,536%	0,131042895	0,20480932	213,214%	10,6309361	15,50%	-158,85%	5,69	0
Bayer AG	5	12,658%	0,02614722	-0,19779616	63,291%	10,5788683	-2,36%	-38,71%	7,67	1

BeOne Medicines Ltd	6	40,626%	0,087912911	0,04573228	243,753%	10,4978967	8,99%	-523,51%	5,49	0
Biogen	6	17,983%	0,238451161	-0,2814209	107,896%	10,4295908	18,44%	37,49%	7,13	0
BioNTech	2	73,344%	0,145354325	0,08266149	146,688%	10,3843534	-36,12%	4,15%	5,74	0
United Therapeutics	2	17,281%	0,84078192	0,3401898	34,562%	10,36135	54,46%	28,18%	6,17	0
Moderna	4	172,277%	0,563393291	0,00534785	689,109%	10,3283796	-152,26%	-94,97%	5,90	0
Incyte Corporation	2	50,705%	0,018197481	-0,22324563	101,409%	10,2863666	32,42%	-9,89%	6,43	0
Genmab	1	43,172%	0,122401729	-0,02676977	43,172%	10,2140487	34,01%	408,85%	5,37	0
Viatris Inc.	11	6,755%	-2,933239822	-0,14522283	74,301%	10,1818436	-22,33%	-11,25%	7,08	1
Ascendis Pharma	3	42,162%	0,227700847	-0,05839974	126,486%	10,1341771	-16,66%	-162,77%	4,84	0
Neurocrine Biosciences	4	35,508%	-0,91078278	0,00097258	142,031%	10,1281407	22,25%	15,58%	6,02	0
Ionis Pharmaceuticals	3	97,023%	-0,250080194	-0,00257722	291,070%	10,069298	-31,35%	-25,09%	5,86	0
Jazz Pharmaceuticals	2	18,341%	0,023404542	-0,17639836	36,683%	10,0461048	-10,14%	11,04%	6,37	0
BioMarin Pharmaceutical	3	28,620%	0,079287314	-0,14345103	85,861%	10,0433623	15,32%	-3,76%	6,27	0
Exelixis	1	35,558%	0,076954195	0,06554569	35,558%	10,0301948	38,48%	11,85%	5,99	0
Grifols	7	5,662%	0,381105018	-0,35756464	39,634%	9,94344505	16,52%	18,65%	6,78	1
Halozyme Therapeutics	4	5,835%	0,003009516	0,17657451	23,339%	9,88172694	34,73%	55,94%	5,43	0
Sun Pharmaceutical	3	6,178%	0,452579425	0,20440785	18,535%	9,63397316	28,76%	13,29%	6,65	1
Almirall	1	8,664%	0,086421872	-0,07783312	8,664%	9,39234516	9,32%	15,98%	5,97	0
Intellia Therapeutics	2	574,635%	6,08951802	-0,17929483	1149,269%	9,18184359	-651,67%	-355,21%	4,76	0

TABLA 8. TABLA FINAL WINSONORIZADA

Empresa	D	ID_Win	RC_Win	RB	D_ID	Tamaño	Margen2025_Win	Margen2020_Win	log_ingresos2020	Fase
Eli Lilly & Co	6	0,205	0,044	0,467	1,228	11,983	0,455	0,247	7,390	1
Johnson & Johnson	6	0,156	0,428	0,026	0,934	11,776	0,356	0,239	7,917	1
AbbVie	5	0,149	0,144	0,192	0,744	11,615	0,151	0,124	7,661	1
Novartis	4	0,198	-2,832	0,059	0,790	11,485	0,309	0,209	7,687	1
AstraZeneca	5	0,242	0,003	0,080	1,211	11,479	0,234	0,194	7,425	1
Merck & Co	5	0,243	-0,395	0,014	1,214	11,457	0,345	0,164	7,714	1
Roche Holding	10	0,199	-0,085	-0,045	1,990	11,409	0,300	0,391	7,675	1
Amgen	4	0,198	0,212	0,018	0,791	11,303	0,319	0,370	7,405	0
Abbott Laboratories	7	0,066	0,424	0,055	0,465	11,263	0,195	0,158	7,539	1
Gilead Sciences	3	0,197	2,232	0,106	0,591	11,258	0,368	0,165	7,393	0
Pfizer	6	0,193	2,059	-0,145	1,155	11,180	0,163	0,167	7,622	1
Novo Nordisk	8	0,168	-0,074	0,055	1,347	11,127	0,436	0,483	7,289	1
Sanofi	6	0,168	0,307	-0,042	1,007	11,085	0,146	0,194	7,614	1
Bristol-Myers Squibb	6	0,206	0,539	-0,128	1,239	11,082	0,233	-0,281	7,629	1
Vertex Pharmaceuticals	6	0,337	-0,005	0,088	2,021	11,080	0,388	0,511	6,793	0
Regeneron Pharmaceuticals	8	0,408	0,290	0,087	3,263	10,910	0,368	0,421	6,929	0
Takeda Pharmaceutical	5	0,159	0,048	-0,093	0,796	10,749	0,075	0,031	7,481	1
CSL Limited	5	0,088	0,057	-0,150	0,440	10,693	0,267	0,309	6,944	0
UCB	2	0,235	0,180	0,165	0,471	10,690	0,252	0,204	6,785	0
Alnylam Pharmaceuticals	6	0,355	0,131	0,205	2,132	10,631	0,155	-1,589	5,693	0
Bayer AG	5	0,127	0,026	-0,198	0,633	10,579	-0,024	-0,387	7,674	1
BeOne Medicines Ltd	6	0,406	0,088	0,046	2,438	10,498	0,090	-3,456	5,490	0

Biogen	6	0,180	0,238	-0,281	1,079	10,430	0,184	0,375	7,129	0
BioNTech	2	0,733	0,145	0,083	1,467	10,384	-0,361	0,041	5,740	0
United Therapeutics	2	0,173	0,841	0,340	0,346	10,361	0,455	0,282	6,171	0
Moderna	4	1,685	0,563	0,005	6,891	10,328	-1,464	-0,950	5,905	0
Incyte Corporation	2	0,507	0,018	-0,223	1,014	10,286	0,324	-0,099	6,426	0
Genmab	1	0,432	0,122	-0,027	0,432	10,214	0,340	0,557	5,374	0
Viatris Inc.	11	0,068	-2,832	-0,145	0,743	10,182	-0,223	-0,113	7,077	1
Ascendis Pharma	3	0,422	0,228	-0,058	1,265	10,134	-0,167	-1,628	4,840	0
Neurocrine Biosciences	4	0,355	-0,911	0,001	1,420	10,128	0,223	0,156	6,019	0
Ionis Pharmaceuticals	3	0,970	-0,250	-0,003	2,911	10,069	-0,313	-0,251	5,863	0
Jazz Pharmaceuticals	2	0,183	0,023	-0,176	0,367	10,046	-0,101	0,110	6,370	0
BioMarin Pharmaceutical	3	0,286	0,079	-0,143	0,859	10,043	0,153	-0,038	6,270	0
Exelixis	1	0,356	0,077	0,066	0,356	10,030	0,385	0,118	5,995	0
Grifols	7	0,059	0,381	-0,358	0,396	9,943	0,165	0,187	6,784	1
Halozyme Therapeutics	4	0,059	0,003	0,177	0,233	9,882	0,347	0,557	5,427	0
Sun Pharmaceutical	3	0,062	0,453	0,204	0,185	9,634	0,288	0,133	6,646	1
Almirall	1	0,087	0,086	-0,078	0,087	9,392	0,093	0,160	5,968	0
Intellia Therapeutics	2	1,685	2,232	-0,179	11,493	9,182	-1,464	-3,456	4,763	0

TABLA 9. CAPM

Empresa	Beta	Prima ajustada	Retorno esperado (CAPM)
Eli Lilly & Co	0,4	0,042	8,29%
Johnson & Johnson	0,33	0,035	7,54%
AbbVie	0,33	0,035	7,54%
Novartis	0,50	0,053	9,35%
AstraZeneca	0,38	0,040	8,07%
Merck & Co	0,28	0,030	7,01%
Roche Holding	0,21	0,022	6,27%
Amgen	0,44	0,047	8,71%
Abbott Laboratories	0,77	0,082	12,22%
Gilead Sciences	0,38	0,040	8,07%
Pfizer	0,41	0,044	8,39%
Novo Nordisk	0,74	0,079	11,90%
Sanofi	0,43	0,046	8,61%
Bristol-Myers Squibb	0,28	0,030	7,01%
Vertex Pharmaceuticals	0,33	0,035	7,54%
Regeneron Pharmaceuticals	0,4	0,042	8,29%
Takeda Pharmaceutical	0,03	0,003	4,36%
CSL Limited	0,21	0,022	6,27%
UCB	0,26	0,028	6,80%
Alnylam Pharmaceuticals	0,4	0,042	8,29%
Bayer AG	0,93	0,099	13,91%
BeOne Medicines Ltd	0,55	0,058	9,88%
Biogen	0,16	0,017	5,74%
BioNTech	1,54	0,164	20,39%
United Therapeutics	0,83	0,088	12,85%
Moderna	1,35	0,143	18,37%
Incyte Corporation	0,8	0,085	12,53%

CAGR S&P500	
Precio final 31/12/2025	15220,45
Precio inicial 01/01/2021	7681,01
CAGR	0,14657332
Bono 10 Y (rf)	4,04%
Prima de Riesgo	10,62%

Genmab	0,98	0,104	14,44%
Viatris Inc.	0,83	0,088	12,85%
Ascendis Pharma	0,5	0,053	9,35%
Neurocrine Biosciences	0,34	0,036	7,65%
Ionis Pharmaceuticals	0,43	0,046	8,61%
Jazz Pharmaceuticals	0,26	0,028	6,80%
BioMarin Pharmaceutical	0,27	0,029	6,91%
Exelixis	0,44	0,047	8,71%
Grifols	1,19	0,126	16,67%
Halozyme Therapeutics	0,88	0,093	13,38%
Sun Pharmaceutical	0,12	0,013	5,31%
Almirall	0,15	0,016	5,63%
Intellia Therapeutics	1,99	0,211	25,17%

TABLA 10. SALIDAS DE RSTUDIO DEL MODELO RC Y RB

```
# ================================================
# MODELO RB CON INTERACCIÓN
# ================================================

Call:
lm(formula = RB ~ D + ID + D_ID + Tamano + log_ingresos2020 +
  VarMargen + Fase, data = datos)

Residuals:
   Min     1Q  Median     3Q    Max
-0.22743 -0.07150 -0.01092  0.07357  0.35727

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)     -1.36543    0.41224  -3.312   0.00230 **
D               -0.02196    0.01319  -1.664   0.10579
ID              -0.30762    0.19134  -1.608   0.11771
D_ID             0.03713    0.03286   1.130   0.26690
Tamano           0.28083    0.05740   4.893  2.71e-05 ***
log_ingresos2020    0.07290    0.06923   1.053   0.30017
VarMargen        -0.05899    0.04084  -1.444   0.15835
Fase            -0.22248    0.06433  -3.459   0.00156 **

---
Signif. codes:
0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’
0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 0.1354 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4426
Adjusted R-squared: 0.3207
F-statistic: 3.63 on 7 and 32 DF
p-value: 0.005433


# ================================================
# MODELO RC CON INTERACCIÓN
# ================================================

Call:
lm(formula = RC ~ D + ID + D_ID + Tamano + log_ingresos2020 +
  Fase, data = datos)

Residuals:
  Min    1Q  Median    3Q    Max
-3.1594 -0.1490  0.0176  0.2684  2.0224
```

```
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)       -2.02759    2.59900  -0.780   0.4409
D                 -0.19671    0.08299  -2.370   0.0238 *
ID                -1.67805    1.05809  -1.586   0.1223
D_ID               0.44182    0.17948   2.462   0.0192 *
Tamano             0.18383    0.33526   0.548   0.5872
log_ingresos2020   -0.28563    0.43106  -0.663   0.5122
Fase               0.16891    0.33651   0.502   0.6190

---
Signif. codes:
0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’
0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 0.8555 on 33 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.2703
Adjusted R-squared: 0.1376
F-statistic: 2.037 on 6 and 33 DF
p-value: 0.08833
```

TABLA 11. TEST ECONOMÉTRICOS

```
# ====================================================
# DETECCIÓN DE MULTICOLINEALIDAD (VIF)
# ====================================================
# ----------------------------------------------------
# MODELO RC
# ----------------------------------------------------

         D          ID        D_ID       Tamano
  2.045543    7.930259    6.897884    2.708203

log_ingresos2020         Fase
  2.481453    4.706102


# ----------------------------------------------------
# MODELO RB
# ----------------------------------------------------

         D          ID        D_ID       Tamano
  2.062788   10.347025    9.225554    3.167071

log_ingresos2020      VarMargen          Fase
  2.553550    1.912357    6.862082
```

TABLA 12. HETEROCEDASTICIDAD

```
# ====================================================
# TEST DE BREUSCH-PAGAN
# DETECCIÓN DE HETEROCEDASTICIDAD
# ====================================================

# ----------------------------------------------------
# MODELO RC
# ----------------------------------------------------

studentized Breusch-Pagan test
data: modelo_RC
BP = 3.9056
df = 6
p-value = 0.6895

# ----------------------------------------------------
# MODELO RB
# ----------------------------------------------------

studentized Breusch-Pagan test
data: modelo_RB
BP = 10.01
df = 7
p-value = 0.188
```

TABLA 13. MODELOS SIN INTERACCIÓN

```
# ====================================================
# MODELO RC SIN INTERACCIÓN
# ====================================================

Call:
lm(formula = RC ~ D + ID + Tamano + log_ingresos2020 + Fase,
  data = datos)

Residuals:
   Min     1Q  Median     3Q    Max
-3.07341 -0.25710  0.02453  0.29645  2.05625

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -1.64299    2.78065  -0.591   0.559
D                -0.10008    0.07838  -1.277   0.210
ID                0.67798    0.48361   1.402   0.170
Tamano            0.07194    0.35603   0.202   0.841
log_ingresos2020  -0.21354    0.46096  -0.463   0.646
```

```
Fase            0.20006   0.36043   0.555   0.582

Residual standard error: 0.917 on 34 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1363
Adjusted R-squared: 0.009303
F-statistic: 1.073 on 5 and 34 DF
p-value: 0.3924

# ================================================
# MODELO RB SIN INTERACCIÓN
# ================================================

Call:
lm(formula = RB ~ D + ID + Tamano + log_ingresos2020 + VarMargen + Fase,
  data = datos)

Residuals:
   Min     1Q  Median     3Q    Max
-0.24039 -0.07218 -0.00382  0.06482  0.35849

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -1.35578    0.41388  -3.276   0.00248 **
D                -0.01520    0.01181  -1.287   0.20693
ID               -0.10710    0.07183  -1.491   0.14545
Tamano            0.26140    0.05499   4.754  3.81e-05 ***
log_ingresos2020    0.07083    0.06949   1.019   0.31549
VarMargen        -0.03581    0.03546  -1.010   0.31994
Fase             -0.20006    0.06145  -3.256   0.00262 **

---
Signif. codes:
0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05
‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 0.136 on 33 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4204
Adjusted R-squared: 0.315
F-statistic: 3.989 on 6 and 33 DF
p-value: 0.004131
```

TABLA 14. HC3

```
# ================================================
# SALIDA HC3 - MODELO RC
# ================================================

t test of coefficients:

               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -2.02759    3.89684 -0.5203   0.60632
D              -0.19671    0.15982 -1.2308   0.22709
ID             -1.67805    0.86378 -1.9427   0.06063 .
D_ID            0.44182    0.18191  2.4288   0.02076 *
Tamano          0.18383    0.43328  0.4243   0.67412
log_ingresos2020  0.16891    0.19628  0.8606   0.39567
Fase           -0.28563    0.44921 -0.6359   0.52926

---
Signif. codes:
0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

# ================================================
# SALIDA HC3 - MODELO RB
# ================================================

t test of coefficients:

               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -1.365427   0.794535 -1.7185  0.095364 .
D              -0.021960   0.029436 -0.7460  0.461084
ID             -0.307622   0.444918 -0.6914  0.494292
D_ID            0.037129   0.114914  0.3231  0.748721
Tamano          0.280829   0.094297  2.9781  0.005492 **
log_ingresos2020 -0.222483   0.088896 -2.5027  0.017624 *
VarMargen       -0.058988   0.048254 -1.2224  0.230469
Fase            0.072903   0.111675  0.6528  0.518541

---
Signif. codes:
0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

TABLA 15. MODELOS CENTRADOS — COMPROBACIÓN DE ROBUSTEZ (HC3)

Variable	Modelo RC centrado	Modelo RB centrado
Constante	-2,174 (4,334)	-1,208 (0,803)
D_c	-0,108 (0,152)	-0,008 (0,016)
ID_c	0,549 (1,007)	0,006 (0,115)
D_ID_c	-0,086 (0,820)	+0,076 (0,098)
Tamaño	0,096 (0,425)	0,240** (0,102)
log Ingresos 2020	0,205 (0,233)	-0,203* (0,095)
VarMargen	—	-0,035 (0,044)
Fase	-0,257 (0,557)	0,109 (0,116)
R^2	0,138	0,458
R^2 ajustado	-0,019	0,340
VIF máximo	3,12	6,22

*Errores estándar HC3 entre paréntesis. *p<0,05; **p<0,01. Variables centradas respecto a su media muestral. El R^2 del modelo RC centrado difiere del original porque la transformación de centrado redistribuye la varianza explicada entre los componentes del término de interacción.*

BIBLIOGRAFIA

MARCO TEORICO

Aiken, L. S., & West, S. G. (1991). Multiple regression: Testing and interpreting interactions. Sage

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management, 17*(1), 99–120. https://doi.org/10.1177/014920639101700108

Campbell, J. Y., & Hamao, Y. (1992). Predictable stock returns in the United States and Japan: A study of long-term capital market integration. *The Journal of Finance, 47*(1), 43–69.

Chesbrough, H. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business School Press.

Cockburn, I. M., & Henderson, R. M. (1998). Absorptive capacity, coauthoring behavior, and the organization of research in drug discovery. *The Journal of Industrial Economics, 46*(2), 157–182.

Cohen, L., Malloy, C., & Nguyen, Q. (2020). Lazy prices. *The Journal of Finance, 75*(3), 1371–1415.

Damodaran, A. (2012). *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset* (3.ª ed.). Wiley.

Danzon, P. M., Epstein, A., & Nicholson, S. (2007). Mergers and acquisitions in the pharmaceutical and biotech industries. *Managerial and Decision Economics, 28*(4–5), 307–328.

Dranove, D., & Meltzer, D. (1994). Do important drugs reach the market sooner? *The RAND Journal of Economics, 25*(3), 402–423. https://doi.org/10.2307/2555769

Fama, E. F., & French, K. R. (1998). Value versus growth: The international evidence. *The Journal of Finance, 53*(6), 1975–1999.

Ghazal, S., Aziz, T., Tabash, M. I., & Drachal, K. (2024). The linkage between corporate research and development intensity and stock returns: Empirical evidence. *Journal of Risk and Financial Management, 17*(5), 180. https://doi.org/10.3390/jrfm17050180

Golec, J., & Vernon, J. A. (2009). Financial risk of the biotech industry versus the pharmaceutical industry. *Applied Health Economics and Health Policy, 7*(3), 155–165. https://doi.org/10.1007/bf03256149

Green, S. B. (1991). How many subjects does it take to do a regression analysis? *Multivariate Behavioral Research, 26*(3), 499–510.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5.ª ed.). McGraw-Hill.

Hall, B. H. (1993). The stock market's valuation of R&D investment during the 1980's. *American Economic Review, 83*(2), 259–264. https://eml.berkeley.edu/~bhhall/papers/BHH%20AEA93%20R&Dval.pdf

Higgins, M. J., & Rodriguez, D. (2006). The outsourcing of R&D through acquisitions in the pharmaceutical industry. *Journal of Financial Economics, 80*(2), 351–383.

Hoang, H., & Rothaermel, F. T. (2005). The effect of general and partner-specific alliance experience on joint R&D project performance. *Academy of Management Journal, 48*(2), 332–345.

Hwang, T. J. (2013). Stock market returns and clinical trial results of investigational compounds: An event study analysis of large biopharmaceutical companies. *PLoS ONE, 8*(8), e71966. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071966

Lev, B., & Sougiannis, T. (1996). The capitalization, amortization, and value-relevance of R&D. *Journal of Accounting and Economics, 21*(1), 107–138. https://doi.org/10.1016/0165-4101(95)00410-6

Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economics and Statistics, 47*(1), 13–37.

MacKinnon, J. G., & White, H. (1985). Some heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimators with improved finite sample properties. Journal of Econometrics, 29(3), 305–325.

Morgan, C. (2025, 28 de julio). *Strategic partnerships as catalysts for long-term value creation in the biopharma sector*. AInvest.

Pfizer. (2022). *Roivant and Pfizer form new Vant company focused on developing TL1A drug candidate for inflammatory and fibrotic diseases* [Press release].

Piñeiro-Chousa, J., López-Cabarcos, M. Á., Quiñoá-Piñeiro, L., & Pérez-Pico, A. M. (2022). US biopharmaceutical companies' stock market reaction to the COVID-19 pandemic: Understanding the concept of the 'paradoxical spiral' from a sustainability perspective. *Technological Forecasting and Social Change, 175*, 121365. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121365

Pisano, G. P. (2006). *Science business: The promise, the reality, and the future of biotech*. Harvard Business School Press.

Rothaermel, F. T., & Deeds, D. L. (2004). Exploration and exploitation alliances in biotechnology: A system of new product development. *Strategic Management Journal, 25*(3), 201–221. https://doi.org/10.1002/smj.376

Saharti, M. (2025). R&D and innovation and its impact on firm performance and market value: Panel evidence from G7 economies. *Economies, 13*(9), 254. https://doi.org/10.3390/economies13090254

Sarkar, S. K., & de Jong, P. J. (2006). *Market response to FDA announcements* [Working paper]. University of Texas at Arlington.

Schilling, M. A. (2010). *Strategic management of technological innovation* (3.ª ed.). McGraw-Hill/Irwin.

Seru, A., Shumway, T., & Stoffman, N. (2010). Learning by trading. *The Review of Financial Studies, 23*(2), 705–739. https://doi.org/10.1093/rfs/hhp060

Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance, 19*(3), 425–442.

Sigmadiez. (2020, 17 de diciembre). *Pharma — Biotech*. Sigmadiez.

Sorescu, S., Chandy, R., & Prabhu, J. (2008). Sources and financial consequences of radical innovation: Insights from pharmaceuticals. *Journal of Marketing, 72*(4), 114–132.

Team, P. (2025, octubre). *How does Roivant Sciences company work? Porter's Five Forces*.

Teece, D. J. (1992). Competition, cooperation, and innovation: Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress. *Journal of Economic Behavior & Organization, 18*(1), 1–25.

West, J. (2025, 7 de octubre). *Legend Biotech and Janssen's CAR-T collaboration: A catalyst for long-term growth in a $10B+ market*. AInvest.

Wooldridge, J. M. (2013). *Introductory econometrics: A modern approach* (5.ª ed.). Cengage Learning.

Xu, B. (2006). Market differential evaluations of strategic alliances in the pharmaceutical/biotech industry. *The Journal of High Technology Management Research, 17*(1), 43–52. https://doi.org/10.1016/j.hitech.2006.05.004

Xu, B. (2009). R&D innovation and the value of cash in the biotech industry. *Journal of Business Research, 62*(7), 750–755. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2007.09.024

Abbott Laboratories. (2024). *Annual reports*. AnnualReports.com.

Abbott Laboratories. (2025). *Products & solutions*.

AbbVie. (2018). *Investor presentations*.

AbbVie. (2025). *Áreas de investigación*.

Almirall. (2020a). *Áreas terapéuticas*.

Almirall. (2020b). *Informes anuales*.

Almirall. (2025). *Resultados de Almirall en 2025*.

Alnylam Pharmaceuticals. (2021). *Fourth quarter and full year 2020 financial results* [Press release].

Alnylam Pharmaceuticals. (2024). *Financial information*.

Alnylam Pharmaceuticals. (2025). *Focused on developing RNAi therapeutics*.

Amgen. (2020). *Therapy areas*.

Amgen. (2021). *Quarterly earnings*.

Ascendis Pharma. (2020). *Fourth quarter and full-year 2020 financial results*.

Ascendis Pharma. (2025a). *Áreas terapéuticas*.

Ascendis Pharma. (2025b). *Fourth quarter and full-year 2025 financial results*.

AstraZeneca. (2021). *Full-year 2020 results*.

AstraZeneca. (2024). *Áreas terapéuticas*.

AstraZeneca. (2026). *Full year and Q4 2025 results*.

Bayer. (2026a). *Development pipeline*.

Bayer. (2026b). *Financial news conference for fiscal 2025*.

BeOne Medicines. (2026a). *Filings & financials*.

BeOne Medicines. (2026b). *Pipeline*.

Biogen. (2024a). *Annual reports*.

Biogen. (2024b). *Pipeline*.

BioMarin. (2023). *Quarterly results*.

BioMarin. (2025). *Pipeline*.

BioNTech. (2024). *Pipeline: Advancing innovative investigational therapies and vaccines*.

BioNTech. (2025). *Quarterly reports*.

Bristol-Myers Squibb. (2025). *BMY quarterly earnings report*.

Bristol-Myers Squibb. (2026). *Areas of interest*.

CSL. (2020). *CSL Ltd Annual Report 2020*.

CSL. (2025). *Product pipeline*.

Exelixis. (2024). *Annual reports*.

Finviz. (2024). *NVS — Novartis AG ADR stock price and quote*.

Genmab. (2019). *Annual report*.

Genmab. (2020). *Genmab publishes 2020 annual report*.

Gilead. (2019). *Virology, inflammation & oncology pipeline*.

Gilead. (2022). *Quarterly results*.

Grifols. (2025a). *Cuentas anuales auditadas*.

Grifols. (2025b). *Principales áreas terapéuticas*.

Halozyme (2024). *Financial Information*

Halozyme (2026). *Pipeline*.

Incyte (2024). *Financial Information*

Incyte (2026). *Pipeline*.

Intellia Therapeutics. (2024). *Financial information*.

Intellia Therapeutics. (2026). *Pipeline*.

Ionis Pharmaceuticals. (2024a). *Annual report*.

Ionis Pharmaceuticals. (2024b). *Areas of focus*.

Jazz Pharmaceuticals. (2024). *Annual reports*.

Jazz Pharmaceuticals. (2025). *Pipeline*.

Johnson & Johnson. (n.d.-a). *Q4 and full year 2020 results press release*.

Johnson & Johnson. (n.d.-b). *Q4 and full year 2025 earnings press release*.

Lilly. (2017). *Clinical development pipeline*.

Lilly. (2024). *Quarterly results*.

Madrigal Pharmaceuticals. (2022). *Financials and filings*.

Merck. (2025). *Financial information*.

Merck. (2026). *Pipeline*.

Moderna. (2026a). *Medical areas of focus & modalities*.

Moderna. (2026b). *Quarterly results*.

Neurocrine (2024). *Financial Information*

Neurocrine (2026). *Pipeline*.

Novartis. (2023). *Therapeutic areas*.

Novo Nordisk. (2026a). *Financial results and events overview*.

Novo Nordisk. (2026b). *Welcome to Novo Nordisk in the U.S.*

Pfizer. (2024). *Our therapy areas*.

Pfizer. (2025). *Financials — quarterly results*.

Regeneron. (2019). *Pipeline & medicines in development*.

Roche. (2020). *Annual report 2020*.

S&P Capital IQ. (2021). *BeiGene, Ltd. informa de los resultados del año completo terminado el 31 de diciembre de 2020*. MarketScreener.

Sanofi. (2025). *Financial reports and other publications*.

Sanofi. (2026). *Contenido científico*.

Sun Pharmaceutical. (2025a). *Annual reports & presentations*.

Sun Pharmaceutical. (2025b). *Our product portfolio*.

Takeda. (2020). *Fiscal year 2020 earnings results*.

Takeda. (2026). *Product pipeline*.

UCB. (n.d.). *Integrated annual report 2020*.

UCB. (2025a). *Drug discovery & development pipeline*.

UCB. (2025b). *Integrated annual report 2025*.

United Therapeutics. (2025). *Investor resources*.

United Therapeutics. (2026). *Treatment areas*.

Vertex Pharmaceuticals. (2016). *Áreas terapéuticas*.

Vertex Pharmaceuticals. (2025). *Quarterly results*.

Viatris. (2020). *Annual reports*.

Viatris. (2022). *Therapeutic areas*.

Yahoo Finance. (2025-2026). *Financial data of pharmaceutical and biotechnology companies* [Datasets]. https://finance.yahoo.com (incluye históricos y estados financieros de Abbott, AbbVie, Almirall, Alnylam, Amgen, Ascendis Pharma, AstraZeneca, Bayer, BeOne, Biogen, BioMarin, Bristol-Myers Squibb, CSL, Eli Lilly, Genmab, Gilead, Grifols, Halozyme, Intellia, Incyte, Ionis, Jazz, Johnson & Johnson, Madrigal, Merck, Moderna, Neurocrine, Novartis, Novo Nordisk, Pfizer, Roche, Sanofi, Sun Pharmaceutical, Takeda, UCB, United Therapeutics, Vertex y Viatris).