



Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Evaluación del impacto de las ayudas a la I+D+I sobre la innovación en las empresas industriales españolas

Informe final



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE HACIENDA



Fondos Europeos

Informe final de evaluación

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS AYUDAS A LA I+D+I SOBRE LA INNOVACIÓN EN LAS EMPRESAS INDUSTRIALES ESPAÑOLAS

Plan de Evaluación Común FEDER 2021-2027

Dirección General de Fondos Europeos (DGFE)
Instituto de Estudios Fiscales (IEF)
MINISTERIO DE HACIENDA

Evaluadora:
Bárbara López de Quintana Palacios (IEF)

Enero de 2026



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE HACIENDA



Fondos Europeos

Índice

Resumen ejecutivo	1
1. Las ayudas públicas a la I+D+I empresarial	5
1.1. ¿Qué es la I+D+I?	6
1.2. ¿Por qué conceder apoyo público a las empresas para que realicen I+D+I?	7
1.3. Las ayudas a la I+D+I empresarial cofinanciadas por el FEDER	8
2. El propósito de la evaluación y su metodología	9
2.1. El propósito de la evaluación	10
2.2. Los datos	10
2.3. Las preguntas de la evaluación	11
2.4. La metodología de la evaluación	11
2.5. La gobernanza de la evaluación	12
2.6. Las limitaciones de la evaluación	13
3. Los hallazgos de la evaluación	15
3.1. Adicionalidad de recursos de las ayudas a la I+D+I empresarial	16
3.1.1. Impacto en el esfuerzo privado en I+D	17
3.1.2. Impacto en la probabilidad de invertir en I+D	19
3.1.3. Impacto en la proporción de la plantilla dedicada a tareas de I+D	20
3.2. Adicionalidad de resultados de las ayudas a la I+D+I empresarial	22
3.2.1. Impacto en la innovación de producto	25
3.2.2. Impacto en la innovación de proceso	23
3.2.3. Impacto en la protección de invenciones mediante propiedad industrial	26
3.3. Adicionalidad de comportamiento de las ayudas a la I+D+I empresarial	28
3.3.1. Impacto en la apertura a fuentes de conocimiento externo	29
3.3.2. Impacto en la colaboración con universidades y centros tecnológicos	30
3.3.3. Impacto en la gobernanza de la innovación	32
4. Conclusiones y recomendaciones	33
4.1. Respuestas a las preguntas de la evaluación	34
4.2. Recomendaciones de la evaluación	39
5. Referencias	41
Anexo:	
1. El marco metodológico	44
2. Los datos	47
3. Las variables: definición y análisis descriptivo	49

4. El análisis de impacto: descripción y resultados	55
4.1. Adicionalidad de recursos: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable binaria <i>Gasto privado en I+D</i>	55
4.2. Adicionalidad de recursos: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable <i>Esfuerzo privado en I+D</i>	63
4.3. Adicionalidad de recursos: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable <i>Cambio interanual en la proporción de personal dedicado a tareas de I+D</i>	70
4.4. Adicionalidad de resultados: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre las variables <i>Innovación de producto</i> y <i>Número de innovaciones de producto</i>	76
4.5. Adicionalidad de resultados: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable <i>Innovación de proceso</i>	85
4.6. Adicionalidad de resultados: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre las variables relacionadas con la protección de invenciones mediante títulos de propiedad industrial	91
4.7. Adicionalidad de comportamiento: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable <i>Apertura a fuentes externas de conocimiento</i>	97
4.8. Adicionalidad de comportamiento: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable <i>Colaboración con universidades y centros tecnológicos</i>	103
4.9. Adicionalidad de comportamiento: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable <i>Gobernanza de la innovación</i>	108

Resumen ejecutivo

El Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) es uno de los principales instrumentos de la Unión Europea para reducir las diferencias de desarrollo económico y social entre regiones y mejorar la calidad de vida en las menos favorecidas. Sus dos grandes objetivos son estimular inversiones generadoras de crecimiento y empleo, y promover la cooperación entre regiones. Cada siete años, la Comisión, el Parlamento y el Consejo europeos fijan su presupuesto y prioridades de inversión en el periodo. Posteriormente, cada Estado acuerda con la Comisión cómo adaptar estas prioridades a sus necesidades, y lo plasma en programas de ámbito regional o plurirregional, que concretan cuánto se invierte, en qué actuaciones y con qué objetivos. Estos programas son gestionados por las Administraciones nacionales y regionales, que seleccionan los proyectos, conceden las ayudas y supervisan su ejecución.

En el periodo de programación 2014-2020, una de las principales prioridades del FEDER fue reforzar las actividades empresariales relacionadas con la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación (I+D+I), por ser claves para un crecimiento inteligente, sostenible e inclusivo. Sin embargo, muchas empresas experimentan dificultades para invertir en estas actividades, lo que hace que la inversión privada en I+D+I sea menor de lo socialmente deseable. Para hacer frente a esta situación, las Administraciones públicas españolas —estatal y autonómicas— implementan distintas políticas de apoyo, entre ellas la concesión de ayudas económicas a las empresas. Muchas están cofinanciadas por el FEDER, cuyos programas operativos destinaron en 2014-2020 una ayuda de más de 2.900 millones de euros a impulsar el liderazgo empresarial en I+D+I.

Con el fin de valorar los resultados del apoyo público a la I+D+I empresarial, el Plan de Evaluación Común del periodo de programación 2021-2027 (que define las evaluaciones de inversiones FEDER a realizar) incluye una evaluación de impacto cuyo objetivo es analizar si, gracias a las ayudas públicas recibidas en 2014-2020, las empresas beneficiarias —especialmente las situadas en las regiones con un menor nivel de desarrollo— aumentaron los recursos dedicados a I+D+I, generaron más innovaciones y reforzaron su estrategia innovadora.

El presente informe recoge el resultado de dicha evaluación, centrada en las empresas manufactureras. En 2014-2020, estas representaron el 35 % de las empresas innovadoras españolas y ejecutaron más del 44 % del gasto empresarial en I+D+I —el 48 % del gasto empresarial en I+D—. Para medir el impacto de las ayudas, la evaluación aplicó el criterio de adicionalidad, comparando lo que hicieron las empresas beneficiarias frente a lo que habrían hecho sin apoyo —este escenario hipotético, denominado contrafactual, se estimó mediante el método econométrico de diferencias en diferencias—. La lógica es sencilla: si con ayuda las empresas no muestran cambios respecto al escenario estimado sin apoyo, no hay impacto; en cambio, si dedican más recursos, generan más innovaciones o modifican sus estrategias, existe evidencia de un efecto positivo o “adicionalidad” atribuible a la política pública. También se considera la posibilidad de efectos no deseados, como que las subvenciones sustituyan inversiones que las empresas habrían realizado igualmente sin ayuda.

Los resultados del análisis de impacto muestran que las ayudas públicas a la I+D+I empresarial concedidas en el periodo 2014-2020 a empresas manufactureras innovadoras tuvieron un claro efecto positivo sobre los recursos, resultados y comportamiento estratégico en I+D+I. En general, el análisis

sugiere que el impacto habría sido más intenso en las regiones con menor nivel de desarrollo, contribuyendo a disminuir disparidades regionales, si bien los resultados territoriales deben interpretarse con cautela por el reducido tamaño muestral disponible en las regiones menos desarrolladas.

1) Efectos de las ayudas sobre los recursos que las empresas dedican a I+D:

- **Las ayudas no sustituyeron la inversión privada que las empresas manufactureras innovadoras hubieran realizado igualmente, sino que generaron un gasto adicional real en I+D.** Las empresas que ya invertían en este ámbito incrementaron entre un 15 % y un 20 % su esfuerzo privado en I+D —definido como el porcentaje de sus ventas dedicado a I+D—. Además, las ayudas sirvieron de estímulo para que muchas compañías que antes no invertían en I+D comenzaran a hacerlo, elevando entre 27 y 29 puntos porcentuales su probabilidad de iniciar este tipo de inversión. Este efecto positivo se mantuvo incluso tras la finalización de los proyectos, lo que indica un cambio estructural en el comportamiento inversor. **Fue especialmente intenso en empresas situadas en las regiones con menor nivel de desarrollo**, y también entre las pymes y en aquellas de sectores de menor intensidad tecnológica, contribuyendo así a reducir brechas en el ecosistema innovador.
- **Las ayudas también aumentaron la proporción de personal dedicado a tareas de I+D**, aunque este efecto fue temporal y tendió a desaparecer una vez finalizado el proyecto. **Se observó sobre todo en empresas situadas en las regiones más desarrolladas** y en empresas grandes, lo que puede reflejar que la capacidad de ampliar plantilla en I+D depende en gran medida de factores estructurales, como la disponibilidad de talento en el entorno o las capacidades asociadas al tamaño empresarial.

2) Efectos de las ayudas sobre los resultados de la I+D+i empresarial:

- **Las ayudas impulsaron la innovación de producto en empresas manufactureras innovadoras que antes no innovaban en este ámbito**, aumentando entre 7 y 11 puntos porcentuales la probabilidad de que introdujeran en el mercado productos nuevos o mejorados, **siendo el impacto más intenso en las empresas radicadas en los territorios menos desarrollados** y entre las pymes. **También elevaron el volumen de innovaciones de producto**, con un incremento medio del 17 %–19 % respecto a un escenario sin apoyo. En este aspecto, **el efecto también fue más acusado en las regiones con menor nivel de desarrollo**. Asimismo, resultó mayor entre las empresas de mayor tamaño y en las de sectores de mayor intensidad tecnológica, lo que probablemente se deba a que este tipo de firmas cuentan con mayores capacidades estructurales para aprovechar mejor en términos de volumen el impulso que proporcionan las ayudas. Lo relevante es que estos impactos sobre la probabilidad y el volumen de innovación de producto se mantuvieron incluso después de finalizados los proyectos financiados, lo que sugiere que la ayuda pública generó cambios duraderos que sostuvieron el esfuerzo innovador, como aprendizajes organizativos o capacidades técnicas mejoradas.
- Asimismo, **las ayudas activaron la innovación de proceso**, aumentando entre 10 y 15 puntos porcentuales la probabilidad de introducir nuevos métodos de producción, logística o distribución. Sin embargo, este efecto fue sobre todo de corto plazo: al terminar los proyectos, la probabilidad de innovar en proceso cayó por debajo del nivel estimado en ausencia de apoyo. Este efecto negativo podría estar reflejando el carácter puntual de muchas innovaciones de proceso —como la robotización—, que requieren inversiones muy elevadas, por lo que la innovación tiende a decaer tras el esfuerzo inversor asociado al proyecto financiado. **El retroceso fue más intenso en las empresas de los territorios menos avanzados** y entre las pymes, lo que sugiere que la innovación de proceso

depende en gran medida de condiciones estructurales del entorno y de la empresa, tales como las características del ecosistema innovador o la capacidad de movilizar recursos financieros.

- En cambio, **las ayudas no tuvieron efecto sobre el registro de invenciones**, lo que sugiere que han sido eficaces para estimular la innovación adaptativa —nueva para la empresa, pero no para el mercado—, mientras que su capacidad para impulsar innovación con novedad global, potencialmente patentable, permanece limitada. Esta ausencia de efecto también podría estar asociada a una baja propensión de las empresas a proteger sus innovaciones mediante propiedad industrial.

3) Efectos de las ayudas sobre el comportamiento estratégico empresarial en I+D+I:

- **Las ayudas impulsaron que las empresas manufactureras innovadoras abrieran más sus puertas al conocimiento externo.** De media, las beneficiarias incorporaron una fuente adicional de conocimiento procedente de fuera de la organización respecto a un escenario sin apoyo. Aunque el efecto fue más intenso en el corto plazo, se mantuvo más allá de la duración media de los proyectos.
- Poniendo el foco en una de las estrategias de apertura más fomentada por los programas públicos, **las ayudas aumentaron la colaboración con universidades y centros tecnológicos.** Se estima que la probabilidad de establecer este tipo de vínculos creció entre 26 y 29 puntos porcentuales. Este efecto también se mantuvo en el tiempo, lo que indica que las ayudas no solo propiciaron colaboraciones puntuales, sino que indujeron cambios estratégicos duraderos en la relación de las empresas con el sistema científico y tecnológico.
- **Las ayudas también reforzaron la gestión interna de la innovación**, aumentando entre 19 y 20 puntos porcentuales la probabilidad de que las empresas adoptaran estructuras formales como comités de dirección, planes estratégicos o sistemas de seguimiento de resultados. Este efecto se mantuvo tras la finalización de los proyectos, lo que indica un cambio estructural en la forma de organizar la innovación.

En conjunto, esta adicionalidad de comportamiento fue especialmente importante en las regiones menos desarrolladas, en las pymes y en los sectores de baja intensidad tecnológica, contribuyendo a reducir desigualdades en el ecosistema innovador. No obstante, en el caso concreto de la apertura al conocimiento externo, el impacto fue algo mayor en las grandes empresas, probablemente porque disponen de más recursos económicos y humanos para realizar este esfuerzo. En las pymes, además, la continuidad de los efectos una vez finalizados los proyectos resultó más limitada.

Recomendaciones de la evaluación: La principal recomendación es **mantener el apoyo del FEDER a las actividades de I+D+I de las empresas manufactureras**, dado su impacto positivo tanto en los recursos destinados a innovación como en los resultados obtenidos y en el comportamiento estratégico de las empresas, así como su contribución a la reducción de disparidades regionales. A partir de los hallazgos, se plantean además las siguientes líneas de acción:

- **Reforzar la capacidad para atraer y retener personal especializado en I+D**, con especial atención a las pymes y a las empresas situadas en regiones con un menor nivel de desarrollo.
- **Apoyar la innovación de proceso en pymes y territorios menos avanzados**, mediante instrumentos que **faciliten** el acceso a financiación y fortalezcan los ecosistemas innovadores.
- **Fomentar la innovación nueva para el mercado y su protección**, complementando el apoyo a la innovación adaptativa con medidas que favorezcan invenciones más disruptivas.
- **Consolidar el comportamiento estratégico en innovación en las pymes**, a través de ayudas que apoyen su apertura al conocimiento externo y la gestión organizada de la innovación.

1.

Las ayudas públicas a la I+D+I empresarial

Las actividades de I+D+I son necesarias para que Europa crezca de manera inteligente, sostenible e inclusiva. Pero su realización por parte de las empresas afronta una serie de retos que provocan que la inversión empresarial en I+D+I sea inferior a la socialmente deseable. Las Administraciones públicas tratan de corregir esta situación mediante diversos instrumentos, entre los que se encuentra el apoyo directo mediante ayudas. En el periodo 2014-2020, el FEDER dedicó más de 2.900 millones de euros a ayudas dirigidas a fomentar el liderazgo empresarial en I+D+I.



1.1. ¿QUÉ ES LA I+D+I?

Las siglas **I+D+I** corresponden a los términos **Investigación, Desarrollo experimental e Innovación**:



El término innovación se emplea en la práctica tanto para referirse a la actividad como a su resultado, esto es, también se denomina innovación al propio producto o proceso nuevo o mejorado. Las actividades involucradas en el proceso de innovación pueden ser de distinto tipo: científico, tecnológico, de ingeniería, de diseño, organizativas, financieras, comerciales... Por tanto, **las actividades de innovación incluyen las actividades de I+D, aunque hay que señalar que muchos procesos de innovación no requieren actividades de I+D.**

A modo de ejemplo:

- Estudiar el ARN mensajero (ARNm) para comprender su papel en la producción de proteínas específicas en las células constituye **INVESTIGACIÓN BÁSICA**.
- Utilizar el conocimiento sobre el ARNm para desarrollar una vacuna contra la covid-19 es **INVESTIGACIÓN APLICADA**.
- Realizar ensayos clínicos para evaluar la seguridad, la dosis adecuada y la eficacia de la vacuna constituye **DESARROLLO EXPERIMENTAL**.
- El proceso de **INNOVACIÓN** incluye el conjunto de actividades de I+D anteriores y el resto de actividades de ingeniería, logísticas, de comunicación, etc. necesarias para producir a gran escala la vacuna y ponerla a disposición de la población.

1.2. ¿POR QUÉ CONCEDER APOYO PÚBLICO A LAS EMPRESAS PARA QUE REALICEN I+D+I?

Es ampliamente aceptado que la I+D+I impulsa la productividad, el crecimiento económico a largo plazo y el bienestar social. La Comisión Europea, en su Comunicación sobre el de Marco de ayudas estatales de investigación, desarrollo e innovación [2], afirma que **las actividades de I+D+I son necesarias para que Europa crezca de manera inteligente, sostenible e inclusiva. Pero la realización de proyectos de I+D+I por parte de las empresas afronta una serie de retos** que se pueden clasificar en dos grandes grupos:

EXTERNALIDADES DEL PROCESO INNOVADOR

Las empresas no pueden apropiarse plenamente del rendimiento de su inversión en I+D+I porque los conocimientos generados en el proceso innovador pueden ser en mayor o menor medida utilizados por las firmas competidoras para introducir sus propias innovaciones. Esto provoca que los incentivos de las empresas para invertir en actividades innovadoras se vean afectados por el grado en que se pueden apropiarse del conocimiento generado.

DIFICULTADES DE FINANCIACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE I+D+I

Las empresas pueden experimentar dificultades para financiar su I+D+I debido a varias razones [3]:

- La incertidumbre técnica, estratégica, de demanda y de rentabilidad que caracteriza al proceso innovador.
- Los desfases temporales, prolongados y no bien definidos, entre los desembolsos y la obtención de beneficios.
- La denominada “asimetría de información” entre la empresa y los entes financiadores, que dificulta a estos últimos valorar adecuadamente el retorno potencial de la inversión al no tener un conocimiento tan profundo de la innovación perseguida, lo que crea barreras para que la empresa acceda a la financiación externa.

Estos retos provocan que la inversión empresarial en I+D+I sea inferior a la socialmente deseable y justifican el apoyo público a través de instrumentos como el apoyo directo a actividades innovadoras mediante ayudas económicas, contratación o participación pública; el sistema de patentes; los incentivos fiscales a la I+D+I; o el fomento de asociaciones de investigación de diversos tipos.

1.3. LAS AYUDAS A LA I+D+I EMPRESARIAL COFINANCIADAS POR EL FEDER EN EL PERIODO 2014-2020

En el periodo 2014-2020, el gasto en I+D+I de las empresas españolas tuvo una evolución con altibajos. Entre 2014 y 2019 creció de forma sostenida, pasando de 12.960 a 19.390 millones de euros. La pandemia de 2020 interrumpió esta tendencia: el gasto cayó un 11,9 %, afectando especialmente a la construcción (-34,5 %) y la industria (-15,6 %). Tras la crisis sanitaria, el gasto volvió a crecer, y en 2022 superó los niveles prepandemia, alcanzando 20.836 millones de euros.

En dicho periodo, el marco de referencia para las políticas de I+D+I estatales y autonómicas fue la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología y de Innovación 2013-2020, que tenía como uno de sus principales objetivos el impulso del liderazgo empresarial en I+D+I. Para alcanzarlo, **al amparo de sus respectivos planes de I+D+I, las Administraciones estatal y autonómicas pusieron en marcha distintas iniciativas para estimular la innovación en las empresas. Buena parte de estas iniciativas fueron cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).**

El FEDER es uno de los principales instrumentos financieros de la política de cohesión europea. Se creó en 1975 con el objetivo de reducir las diferencias entre los niveles de desarrollo de las regiones europeas y de mejorar la calidad de vida en aquellas menos favorecidas. Se organiza en periodos de programación de siete años. Para cada periodo, las principales instituciones de la Unión Europea —la Comisión, el Parlamento y el Consejo— fijan su presupuesto y sus prioridades de inversión. Posteriormente, cada Estado acuerda con la Comisión cómo adaptar las prioridades a sus necesidades, y lo plasma en un Acuerdo de Asociación. Este Acuerdo sirve de base para diseñar los programas operativos, que son planes de actuación de ámbito regional o plurirregional que concretan cuánto se invierte en cada región, en qué tipos de actuación, y qué resultados se prevén alcanzar. Son gestionados por las Administraciones nacionales y regionales, que seleccionan las actuaciones a financiar, conceden las ayudas y supervisan su ejecución.

En el periodo de programación 2014-2020, el FEDER tuvo como principales prioridades reforzar la I+D+I, facilitar el acceso a las TIC, mejorar la competitividad de las pymes, y promover la transición hacia una economía baja en carbono. Para adaptar estas prioridades a las realidades de los distintos territorios, en España se implementaron veintiún programas operativos: dos plurirregionales y diecinueve regionales (uno por cada comunidad y ciudad autónoma).

Dentro de la prioridad de refuerzo de la I+D+I, los programas operativos españoles destinaron más de 2.900 millones de euros a la I+D+I empresarial, financiando inversiones enmarcadas en dos grandes líneas:

- **El fomento de la innovación empresarial,** mediante ayudas para implementar estrategias de negocio basadas en I+D+I, realizar proyectos de I+D+I, modernizar tecnología o impulsar la compra pública de soluciones innovadoras desarrolladas por empresas.
- **El fomento de la transferencia de conocimiento entre el sistema científico y tecnológico y las empresas,** mediante ayudas para promover su interconexión con organismos de investigación públicos y privados, como universidades y centros tecnológicos, con el objetivo de conectar capacidades y dar respuestas conjuntas a retos empresariales.

Se estima que en torno al 45% de la ayuda concedida por las Administraciones españolas en los ámbitos anteriores se canalizó a través de programas cofinanciados por el FEDER.

2.

El propósito de la evaluación y su metodología

El Plan de Evaluación Común de los Programas Operativos del FEDER 2021-2027 incluye la evaluación del impacto que tuvieron las políticas de ayudas a la I+D+I empresarial implementadas en 2014-2020. Con esta evaluación se persigue, por un lado, rendir cuentas a la ciudadanía sobre los resultados alcanzados por estas políticas, cofinanciadas en una parte sustancial con fondos europeos y, por otro, proporcionar a los responsables políticos evidencias sobre las que fundamentar futuras decisiones sobre las políticas de apoyo a la I+D+I empresarial y la programación de los fondos de la Política de Cohesión.



2.1. EL PROPÓSITO DE LA EVALUACIÓN

La presente evaluación se enmarca en el Plan de Evaluación Común de los Programas Operativos del FEDER 2021-2027. Su objetivo es determinar si, gracias a las ayudas públicas a la I+D+I empresarial que se concedieron durante el periodo 2014-2020, las empresas —especialmente las situadas en las regiones con un menor nivel de desarrollo— dedicaron más recursos a la I+D+I, obtuvieron más innovaciones y mejoraron su comportamiento estratégico a la hora de abordar los procesos de innovación.

Esta evaluación tiene un doble propósito: por una parte, informar a la ciudadanía sobre los resultados obtenidos por las políticas de ayudas a la I+D+I empresarial, cofinanciadas en una parte sustancial con fondos europeos, y, por otra, ofrecer a los responsables políticos evidencias que sirvan de apoyo para la toma de decisiones tanto en lo que se refiere a actuaciones de fomento de la I+D+I empresarial como en la programación de los fondos de la Política de Cohesión.

2.2. LOS DATOS

Para la evaluación del impacto de las ayudas públicas a la I+D+I, se ha utilizado como fuente de los datos la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE). La ESEE —gestionada por la Fundación SEPI, entidad pública adscrita al Ministerio de Hacienda— es una encuesta anual que se viene realizando desde 1990 y que desde 2021 está incluida en el Plan Estadístico Nacional. Recopila información detallada sobre una muestra representativa de empresas del sector manufacturero español y **está diseñada como un panel longitudinal, es decir, sigue a las mismas empresas a lo largo del tiempo**, lo que permite observar la evolución de sus decisiones de inversión, su actividad innovadora, la recepción de ayudas públicas, sus estrategias empresariales y sus resultados económicos.¹

En anteriores evaluaciones sobre el impacto de las ayudas públicas a la I+D+I empresarial llevadas a cabo en los periodos de programación 2000-2006 y 2007-2013, se utilizó como fuente de los datos el Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) del Instituto Nacional de Estadística (INE), que abarca solo hasta 2016, pues desde ese año el INE dejó de mantenerlo. La principal limitación de la ESEE respecto al PITEC es su cobertura sectorial: como se ha señalado, **la ESEE solo incluye empresas industriales**, mientras que el PITEC abarcaba empresas de todos los sectores. **Por tanto, los resultados de la evaluación se circunscriben a las empresas manufactureras españolas. No obstante, en el periodo 2014-2020, estas empresas representaron cerca del 35 % de todas las empresas innovadoras españolas y ejecutaron más del 44 % del gasto empresarial en I+D+I —más del 48 % del gasto empresarial en la partida específica de I+D—, por lo que los resultados tienen una elevada relevancia.**

¹ El diseño muestral de la ESEE garantiza la representatividad por tamaño, sector y localización geográfica, cubriendo todos los subsectores de la industria manufacturera, desde alimentación y automoción hasta química o maquinaria industrial. Cada año participan en la encuesta unas 1.800 empresas con 10 o más puestos de trabajo. Todas las empresas con más de 200 empleos forman parte de la muestra, mientras que las que tienen entre 10 y 200 se seleccionan mediante un muestreo aleatorio estratificado. Este planteamiento asegura que los resultados de los análisis realizados con la ESEE sean extrapolables al conjunto de la industria manufacturera española con un alto grado de confianza.

La ESEE resulta especialmente adecuada para la evaluación del impacto de las ayudas públicas a la I+D+I porque recoge, con nivel de detalle y consistencia temporal, todas las variables relevantes para este análisis. Entre ellas destacan: la obtención de ayudas públicas para I+D+I, su cuantía y su origen nacional, regional o de otras instituciones; el gasto en I+D interna y externa; los recursos humanos destinados a I+D; la introducción de innovaciones de producto y de proceso; el registro de invenciones; la colaboración con agentes del sistema innovador; aspectos relativos a la gestión de la innovación; y características estructurales de las empresas (tamaño, productividad, exportaciones, capital extranjero, cuota de mercado, etc.). Esta amplitud y profundidad de variables facilita la estimación precisa del efecto de las ayudas públicas.

En definitiva, la ESEE es una base de datos idónea para evaluar de manera rigurosa y representativa el impacto de las políticas públicas de fomento de la innovación en el sector industrial, gracias a su diseño longitudinal, riqueza informativa y calidad estadística.

2.3. LAS PREGUNTAS DE LA EVALUACIÓN

De acuerdo con el propósito de la evaluación y la información disponible, se pretende responder a las siguientes preguntas:

- **¿Las empresas industriales innovadoras que recibieron apoyo público en el periodo de programación 2014-2020 incrementaron los recursos dedicados a I+D+I gracias a la ayuda? ¿Existen diferencias según el nivel de desarrollo de la región?² ¿Y en función del tamaño de la empresa o de la intensidad tecnológica del sector?**
- **¿El apoyo público se tradujo en mejores resultados innovadores, como la introducción de nuevos productos o procesos o el registro de invenciones? ¿Varía este efecto según el nivel de desarrollo regional? ¿Y según el tamaño de la empresa o la intensidad tecnológica del sector?**
- **¿Recibir ayudas públicas influyó en el comportamiento estratégico de las empresas respecto a la innovación? ¿Se observan diferencias según el nivel de desarrollo regional? ¿Y según el tamaño de la empresa o la intensidad tecnológica del sector?**

2.4. LA METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

Para responder las preguntas de evaluación, **se ha aplicado el criterio de adicionalidad, que**

² Para el período de programación 2014-2020, el FEDER clasificó las regiones de la Unión Europea en tres categorías principales según su nivel de desarrollo, medido por su PIB per cápita. Esta clasificación determinó la asignación de recursos y los porcentajes de cofinanciación para cada región. En el caso de España:

- Regiones más desarrolladas (PIB per cápita superior al 100 % de la media de la UE): Aragón, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Ceuta, Comunidad de Madrid, Comunidad Foral de Navarra, Comunidad Valenciana, Galicia, Islas Baleares, País Vasco y Principado de Asturias.
- Regiones en transición (PIB per cápita entre el 75 % y el 100 % de la media de la UE): Andalucía, Castilla-La Mancha, Islas Canarias, Melilla y Región de Murcia.
- Región menos desarrollada (PIB per cápita inferior al 75 % de la media de la UE): Extremadura.

busca estimar el cambio atribuible a la política pública comparando dos situaciones: la observada —lo que hicieron las empresas que recibieron ayuda— y la contrafactual —lo que habrían hecho esas mismas empresas si no la hubieran recibido—. Este criterio de adicionalidad se aplica a tres dimensiones: los insumos o recursos, los resultados y el comportamiento. La idea central es sencilla: si con ayuda las empresas no cambian sus dinámicas o sus resultados respecto a un escenario sin ayuda, no hay impacto; si, por el contrario, dedican más recursos, innovan más o modifican sus estrategias, existe evidencia de un efecto positivo o adicionalidad atribuible a la política pública. También puede ocurrir que, de manera no intencionada, las ayudas generen efectos negativos, y las empresas destinen menos recursos, empeoren su desempeño innovador o adopten comportamientos no beneficiosos para su proceso innovador.

Como se dispone de una base de datos de panel, **para estimar la situación contrafactual se ha empleado una metodología de evaluación de impacto basada en el enfoque de diferencias en diferencias**, que compara la evolución de las empresas que reciben la ayuda con otras similares que no la reciben, tanto antes como después del tratamiento. Este enfoque permite identificar el efecto que puede atribuirse exclusivamente al apoyo público, descartando otros factores que podrían influir en los resultados.

Estudios recientes ([5], [6], [7]) han demostrado que los métodos tradicionalmente empleados para implementar el enfoque de diferencias en diferencias pueden ofrecer resultados engañosos cuando las empresas beneficiarias reciben la ayuda en momentos distintos y el efecto de dicha ayuda, o bien no es exactamente igual para todas, o bien varía en intensidad a lo largo del tiempo. Dado que estas circunstancias se dan en nuestro caso, este trabajo aplica un enfoque desarrollado recientemente por los académicos de Chaisemartin y D’Haultfœuille [4], que soluciona estos problemas y ha sido ampliamente validado por la comunidad científica. Además, al tener en cuenta cuándo recibe ayuda cada empresa, permite estimar no solo si la ayuda tiene efecto, sino también cómo evoluciona este efecto a lo largo del tiempo.

El Anexo explica en más profundidad este enfoque y detalla cómo se construye la muestra de empresas empleada para el análisis, que incluye las empresas manufactureras españolas que han innovado en el periodo 2014-2021³. Asimismo, describe el análisis realizado para cada variable de resultado.

2.5. LA GOBERNANZA DE LA EVALUACIÓN

La evaluación se ha desarrollado dentro de un marco de gobernanza claro, que ha garantizado tanto la relevancia e independencia de los análisis como la calidad y la transparencia de los resultados.

- Los **objetivos de la evaluación** son los establecidos en el Plan de Evaluación Común de los Programas Operativos del FEDER 2021-2027. Este plan, aprobado en los Comités de Seguimiento de los programas operativos del FEDER, fue elaborado por el Ministerio de Hacienda

³ El periodo de programación FEDER 2014-2020 se extiende hasta el año 2023, puesto que su normativa reguladora permite que los fondos concedidos en el periodo puedan ejecutarse hasta finales de ese año. No obstante, la muestra de la ESEE empleada para el análisis corresponde solo al periodo 2014-2021, debido a que en el momento de solicitud de los datos a la Fundación SEPI no estaban aún disponibles los correspondientes a las anualidades 2022 y 2023.

en colaboración con los distintos actores implicados, siguiendo un enfoque participativo. En él participaron las comunidades autónomas, que tienen un papel central en la programación, gestión y evaluación del FEDER; distintos ministerios y organismos públicos responsables de las políticas sectoriales cofinanciadas por el FEDER; y agentes económicos y sociales, tales como universidades, sindicatos y entidades representativas de la sociedad civil. A través de consultas y procesos de intercambio, estos socios aportaron sus prioridades, experiencias y propuestas, enriqueciendo el contenido del plan y asegurando que las evaluaciones respondan a las necesidades reales de los territorios y de los sectores implicados.

- El **organismo impulsor de la evaluación** es la Subdirección General de Programación y Evaluación de la Dirección General de Fondos Europeos del Ministerio de Hacienda, en calidad de responsable de la gestión del Plan de Evaluación Común de los Programas Operativos del FEDER 2021-2027.
- El **equipo evaluador** pertenece al Instituto de Estudios Fiscales, organismo autónomo adscrito al Ministerio de Hacienda. Ha asumido la responsabilidad técnica de diseñar la metodología, recopilar y analizar la información, y elaborar el informe final.
- Para proporcionar una orientación adecuada al equipo evaluador, validando las principales decisiones metodológicas, supervisando los avances, y garantizando la robustez de las conclusiones y la idoneidad de las recomendaciones, se acordó la constitución de un **Grupo de Trabajo** en el que han participado dos organismos dependientes del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades:
 - La Dirección General de Planificación, Coordinación y Transferencia de Conocimiento, que tiene entre sus competencias la elaboración, seguimiento y evaluación de la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación, en la que se encuadran las ayudas estatales y autonómicas a la I+D+I empresarial.
 - El Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (CDTI), entidad pública empresarial que promueve la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas.

2.6. LAS LIMITACIONES DE LA EVALUACIÓN

Las principales limitaciones de la evaluación están relacionadas con los datos disponibles:

- Desde 2016 el INE no actualiza el PITEC, que era el instrumento estadístico de referencia para el seguimiento de las actividades de innovación de las empresas españolas. Este panel se elaboraba con los datos anonimizados de una muestra representativa de empresas participantes en la Encuesta sobre Innovación en las Empresas del INE. Como se ha señalado anteriormente, la principal limitación respecto al PITEC del panel empleado en la presente evaluación, la ESEE, es su cobertura sectorial: la ESEE solo incluye empresas industriales, mientras que el PITEC abarcaba empresas de todos los sectores. Por tanto, **los resultados de la evaluación se circunscriben a las empresas manufactureras españolas.**
- **Aunque la ESEE recoge información muy valiosa, no es una encuesta específica de I+D+I.** Esto implica que, al no estar bien acotado su ámbito —como sí sucede en la Encuesta sobre

Innovación en las Empresas—, algunas cuestiones pueden no interpretarse de forma homogénea por parte de las empresas encuestadas.⁴ Además, la ESEE no recoge determinada información relevante, como el gasto en actividades innovadoras distintas a la I+D o la colaboración con organismos de investigación distintos a universidades y centros tecnológicos.

- Otra consecuencia de que no sea una encuesta específica de I+D+I es que, **aunque la ESEE cuenta con una buena representación territorial, incluye relativamente pocas empresas que hayan recibido ayudas para I+D+I en las regiones en transición (cuatro regiones y una ciudad autónoma) y en la región menos desarrollada. Como resultado, los análisis para estas zonas tienen menos precisión y, por ello, los resultados deben interpretarse como indicativos u orientativos, y no con el mismo nivel de solidez estadística que los obtenidos para las regiones más desarrolladas.**⁵
- Por último, hay que señalar que **la falta de indicadores adecuados ha impedido evaluar la contribución de las ayudas públicas a la I+D+I a los principios horizontales de los fondos europeos: desarrollo sostenible, igualdad entre mujeres y hombres, y no discriminación.** En relación con el principio de desarrollo sostenible, desde 2022 la ESEE incorpora un indicador sobre la introducción de innovaciones con beneficios medioambientales, de eficiencia energética y de uso de recursos. Esto permitirá utilizarlo en futuras evaluaciones. En cuanto al principio de igualdad entre mujeres y hombres, la ESEE solo recoge, desde 2016, un indicador no directamente vinculado con las actividades de I+D+I: el número de mujeres en puestos directivos.

⁴ Dos ejemplos reseñables son las cuestiones relativas a la recepción de ayudas públicas y al registro de invenciones.

- En el caso de las ayudas para I+D, existe un apartado específico suficientemente claro. Sin embargo, las ayudas destinadas a otras actividades innovadoras distintas de la I+D se incluyen en un subapartado de una pregunta genérica no directamente relacionada con la anterior. En concreto, la pregunta plantea: *“Indique si la empresa dispuso de los siguientes mecanismos o realizó las siguientes acciones”*, incluyendo entre 19 opciones la de *“Financió la innovación con créditos subvencionados”*. Esta formulación puede inducir a respuestas heterogéneas y limita la capacidad de identificar de forma consistente el alcance de las ayudas recibidas.
- En lo relativo al registro de invenciones, no queda claro si las empresas encuestadas están interpretando las preguntas como referidas a títulos de propiedad industrial solicitados o ya concedidos (véase Nota al pie 38 para una explicación más detallada).

⁵ El Anexo técnico concreta esta limitación. El panel empleado en la evaluación consta de 9.284 observaciones de 2.507 empresas, de las cuales 479 recibieron ayuda pública para I+D+I en al menos una anualidad del periodo analizado. Sin embargo, al desagregar por categoría de región, la muestra correspondiente a regiones menos desarrolladas —compuesta únicamente por Extremadura— resulta demasiado reducida, por lo que se ha agrupado con las regiones en transición para poder realizar los análisis. Pero incluso tras esta agregación, el número de empresas receptoras de ayuda en estas regiones (75) es reducido, lo que limita la potencia estadística para identificar efectos significativos y hace que los intervalos de confianza sean relativamente amplios. En consecuencia, los resultados para este grupo territorial deben entenderse más como evidencia indicativa que como conclusiones firmes.

3.

Los hallazgos de la evaluación

El análisis de impacto identifica que las ayudas al fomento de la I+D+I empresarial concedidas por las Administraciones españolas en el periodo 2014-2020, cofinanciadas en una parte sustancial por el FEDER, tuvieron efectos positivos en las empresas industriales, las cuales representaron en dicho periodo cerca del 35 % de todas las empresas innovadoras españolas y concentraron casi el 50 % del gasto empresarial en I+D. Gracias a las ayudas, las empresas manufactureras, en especial las situadas en las regiones con menor nivel de desarrollo, destinaron más recursos a la I+D, desarrollaron más innovaciones y mejoraron su forma de afrontar los procesos de I+D+I.



3.1. ADICIONALIDAD DE RECURSOS DE LAS AYUDAS A LA I+D+I

La adicionalidad de recursos o de *input* se centra en los recursos económicos y humanos que las empresas destinan a la I+D+I y **puede caracterizarse por la siguiente pregunta: ¿Las ayudas públicas incentivan que las empresas destinen más recursos a actividades de I+D+I que los que habrían dedicado en ausencia de ayuda?** En la presente evaluación, la información disponible en la ESEE ha permitido analizar dos dimensiones de la adicionalidad de recursos:

IMPACTO EN EL GASTO PRIVADO EN I+D

En este caso el criterio de adicionalidad busca determinar si las ayudas públicas realmente incentivan a las empresas a invertir más en I+D. Para ello, se compara el gasto que hacen con ayuda con el que habrían realizado sin recibirla. Este escenario sin ayuda, el *contrafactual*, no es observable directamente y se estima mediante técnicas econométricas. La Figura 1 muestra las posibles situaciones:

- **Efecto adicional:** la empresa invierte más gracias a la ayuda.
- **Sin efecto:** la empresa habría invertido lo mismo sin ayuda.
- **Efecto negativo o de sustitución (*crowding out*):** la empresa reduce su inversión propia y la reemplaza con fondos públicos. En el caso más extremo, el gasto total es menor que en el escenario sin ayuda.

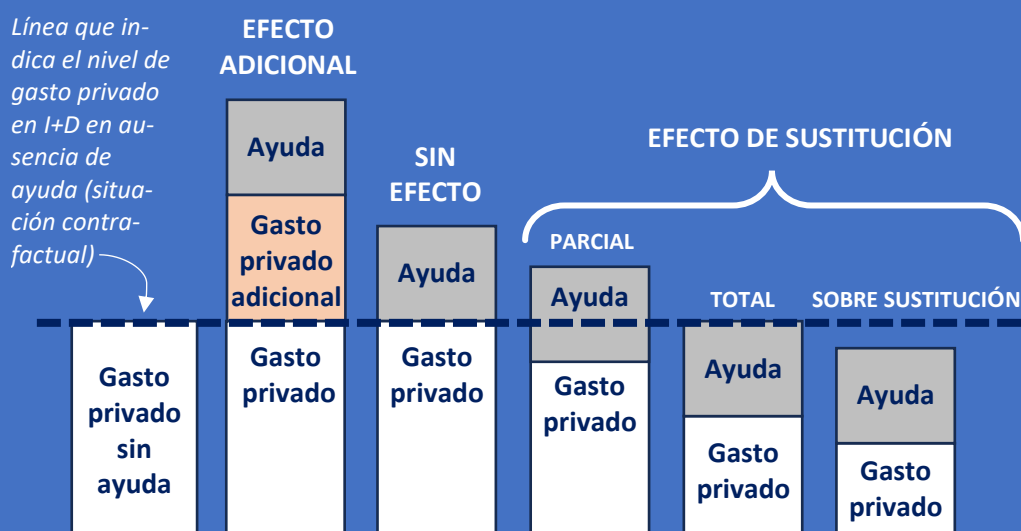


Figura 1. Efectos de la ayuda pública sobre el gasto privado en I+D (adaptado de [8]).

IMPACTO EN LA PROPORCIÓN DE LA PLANTILLA DEDICADA A I+D

En este caso el criterio de adicionalidad lo que persigue es conocer si las ayudas públicas inducen a las empresas a aumentar la proporción de la plantilla que realiza tareas de I+D. Para ello, se compara la proporción observada con ayuda con la estimación de la que habrían tenido sin recibirla. Las posibles situaciones son:

- **Efecto adicional:** gracias a la ayuda crece la proporción de personal en I+D.
- **Sin efecto:** la proporción de personal en I+D no cambia.
- **Efecto negativo:** la empresa reduce la proporción de personal en I+D.

3.1.1. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN EL ESFUERZO PRIVADO EN I+D

En la muestra de firmas industriales innovadoras con actividad en I+D en el periodo 2014-2021, el esfuerzo privado en I+D —definido como el porcentaje de las ventas dedicado a I+D— fue mayor entre las empresas que recibieron ayuda. El gráfico de la Figura 2 refleja que las empresas que recibieron alguna ayuda en el periodo destinaron a I+D una cuantía media equivalente al 2,4 % de sus ventas, frente al 1,7 % de las empresas que no recibieron ayuda.

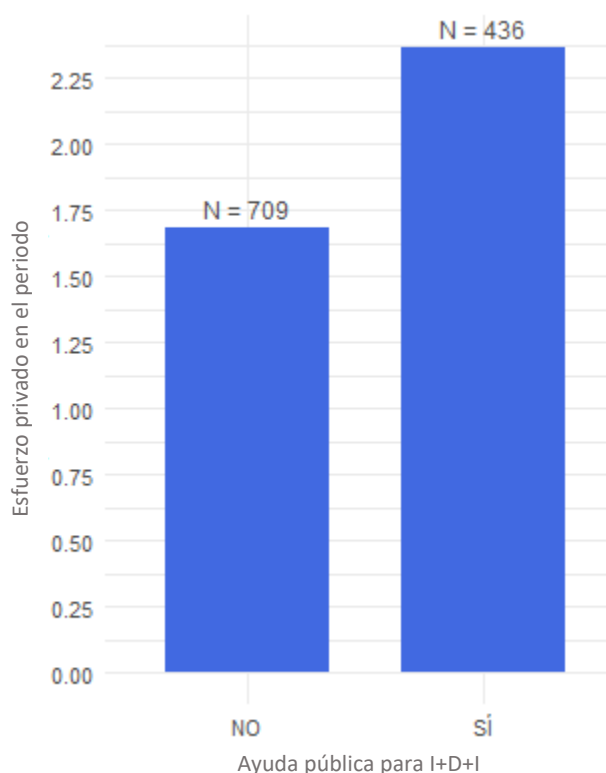


Figura 2. Promedio del esfuerzo privado medio en I+D por empresa en el periodo 2014-2021, en la muestra de empresas activas en I+D, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

Ahora bien, esta diferencia no significa necesariamente que la ayuda pública haya contribuido al mayor esfuerzo observado. En general, las empresas que reciben ayudas poseen características —como su trayectoria en I+D, su tamaño o el sector en el que operan— que influyen tanto en su probabilidad de solicitar y obtener financiación pública como en su esfuerzo en I+D. Además, el entorno donde desarrollan su actividad —como el ecosistema innovador regional o local, el contexto económico o el número de competidores en su mercado— también puede afectar a la intensidad de su inversión en I+D, y hacerlo de forma distinta según las características de la empresa.

Para identificar el efecto real de las ayudas y no confundirlo con la influencia de otros factores, **se ha realizado el análisis de impacto que se detalla en el Anexo**. Este análisis compara cómo evolucionó el esfuerzo privado en I+D en las empresas beneficiarias antes y después de recibir la ayuda, en

relación con la evolución de empresas similares que no recibieron apoyo. La técnica empleada permite tener en cuenta las diferencias estructurales entre empresas, ya que cada una se compara consigo misma a lo largo del tiempo, y también los cambios generales que afectaron a todas las empresas en el periodo, como por ejemplo cambios normativos o crisis como la provocada por la pandemia de covid-19.

Los resultados del análisis muestran que, tras recibir la ayuda, las empresas manufactureras con actividad en I+D aumentaron su esfuerzo privado en este ámbito. En concreto, el incremento medio estimado se sitúa entre el 15 % y el 20 %, dependiendo del modelo empleado en el análisis.

En la práctica, esto significa que, aunque entre las empresas apoyadas se observó un esfuerzo privado medio en I+D del 2,4 %, si no hubieran recibido ayuda este porcentaje se habría situado en torno al 2 %-2,1 %. Por ejemplo, si una empresa facturó 1 millón de euros y, siendo

beneficiaria de una ayuda, invirtió de sus fondos propios 24.000 € en I+D, sin ayuda habría invertido entre 4.000 y 3.000 € menos.

Aunque el aumento absoluto parece modesto, este resultado es relevante, pues indica que **las ayudas públicas generaron un gasto adicional real en I+D, esto es, no sustituyeron el gasto privado ni se limitaron a complementarlo**. Este hallazgo es especialmente valioso, ya que uno de los principales riesgos en el diseño de ayudas públicas es que los subsidios reemplacen inversiones que las entidades beneficiarias habrían realizado igualmente.

Además, el análisis revela que, aunque el efecto de la ayuda sobre el esfuerzo en I+D fue más intenso en el corto plazo, de media perduró mientras la empresa estuvo presente en la muestra (alrededor de tres años y medio). Como la duración de los proyectos financiados suele oscilar entre uno y tres años, esto sugiere que **el impacto de la ayuda pública en el esfuerzo en I+D se extendió más allá del proyecto concreto apoyado, promoviendo cambios sostenidos en el comportamiento inversor de la empresa**.

En cuanto a diferencias en el impacto según el nivel de desarrollo de la región en la que la empresa tiene su establecimiento principal, la intensidad tecnológica del sector en el que opera y su tamaño:

- Por territorios, **aunque los análisis para las regiones con menor nivel de desarrollo tienen menos precisión por el reducido tamaño muestral, los resultados sugieren que las empresas beneficiarias de las regiones en transición y menos desarrollada habrían aumentado su esfuerzo privado en I+D más que las empresas de las regiones más desarrolladas**, lo que apunta a que las ayudas habrían contribuido a la convergencia regional en I+D+I.
- Respecto a la intensidad tecnológica sectorial, **el impacto de las ayudas fue claro en los sectores de baja y media-baja tecnología**, mientras que en los sectores de tecnología alta y media-alta no se observa un efecto significativo. Esto podría deberse a que estas empresas ya presentaban altos niveles de inversión en I+D, por lo que la ayuda pública no generó un cambio apreciable en su comportamiento.
- **El impacto también fue mayor en las pymes**, aunque en este caso la diferencia con las empresas grandes no es tan acusada, probablemente porque las pymes activas en I+D, aunque en general tengan un gasto absoluto menor, tienden a tener una mayor intensidad relativa de gasto en este ámbito, si bien la variabilidad dentro del grupo es elevada: algunas pymes invierten mucho en I+D, mientras que otras apenas lo hacen. La ayuda habría ayudado en este caso a reforzar el esfuerzo inversor medio en las pymes.

En resumen, los resultados obtenidos para las empresas industriales con actividad en I+D sugieren que los subsidios públicos no sustituyeron su inversión privada, ni solo la complementaron, sino que incentivaron un esfuerzo adicional que no se habría producido en ausencia de apoyo. Además, el impacto positivo sobre su esfuerzo en I+D se extendió más allá de la duración del proyecto financiado, lo que indica un efecto persistente en el tiempo. Este efecto fue más pronunciado en las regiones con menor nivel de desarrollo, si bien los análisis para estos territorios deben interpretarse con cautela debido al reducido tamaño muestral. También fue más intenso en las pymes y en los sectores de menor intensidad tecnológica. En conjunto, los hallazgos apuntan a que las ayudas públicas contribuyeron a reducir las brechas en la inversión en I+D, favoreciendo una mayor convergencia entre empresas y territorios en el sistema de innovación.

3.1.2. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN LA PROBABILIDAD DE INVERTIR EN I+D

En el apartado anterior se ha analizado el impacto de las ayudas públicas sobre el esfuerzo privado en I+D entre las empresas que ya estaban activas en este ámbito. Sin embargo, surge otra pregunta relevante: **¿las ayudas indujeron que empresas innovadoras que previamente no realizaban gasto en I+D —sino en otras actividades de innovación, como ingeniería, diseño o adquisición de tecnología— comenzaran a invertir en I+D?**

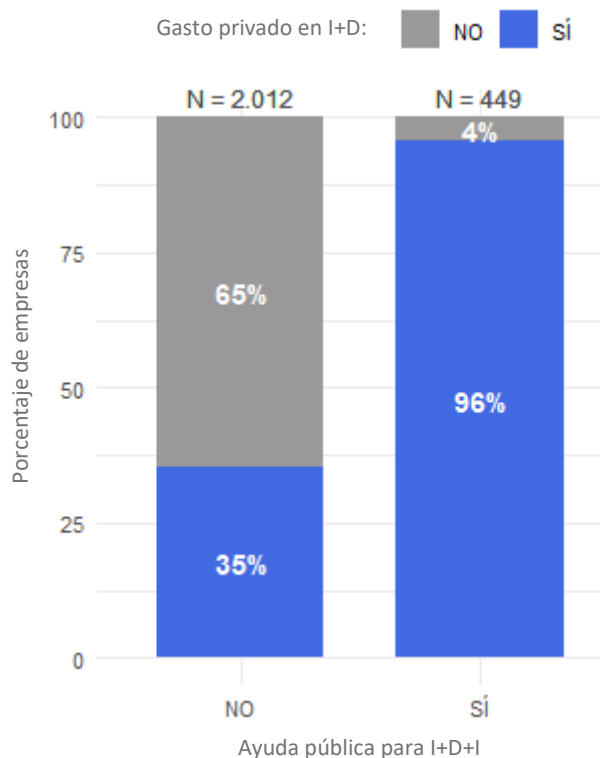


Figura 3. Proporción de empresas con gasto privado en I+D al menos un año entre 2014 y 2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

En la muestra de firmas industriales innovadoras del periodo 2014-2021, el porcentaje de empresas con gasto en I+D fue significativamente mayor entre las que recibieron ayuda pública. El gráfico de la Figura 3 muestra una diferencia muy marcada: mientras solo un 35 % de las empresas sin ayuda declararon invertir en I+D, esta proporción asciende al 96 % entre las empresas que sí recibieron apoyo.

Esta diferencia sugiere un fuerte vínculo entre la recepción de ayudas y la inversión en I+D, pero no permite concluir que las ayudas sean la causa de esa diferencia. Muchas de las empresas que recibieron apoyo ya estarían invirtiendo en I+D o tendrían una alta probabilidad de hacerlo incluso sin ayuda, debido a sus características, como tamaño, capacidades tecnológicas o estrategia empresarial.

Para estimar el efecto real de las ayudas — es decir, cuánto incrementaron la probabilidad de comenzar a invertir en I+D, al reducir el riesgo percibido y mejorar la viabilidad de los proyectos— **se ha realizado el análisis de impacto que se detalla en el Anexo.**

Los resultados muestran que, tras recibir la ayuda, las empresas industriales innovadoras aumentaron significativamente su probabilidad de invertir fondos propios en I+D. El incremento medio estimado se sitúa entre 27 y 29 puntos porcentuales, según el modelo utilizado.

En términos prácticos, esto significa que, aunque en la muestra se observa que el 96 % de las empresas que recibieron ayuda invirtieron en I+D, sin apoyo público sólo lo hubieran hecho entre el 67 % y el 69 %. Es decir, la ayuda pública no solo acompañó la inversión, sino que la indujo en una proporción significativa de casos. En concreto, se asocia a un aumento relativo del 39 %-43 % en la probabilidad de invertir en I+D entre las empresas con características similares a las que accedieron a las ayudas.

Este resultado refuerza la idea de que las ayudas públicas no sustituyeron el gasto privado, sino que generaron un gasto adicional real, incentivando que más empresas dieran el paso de invertir en I+D.

Además, el análisis muestra que **este efecto persistió más allá de la duración media de los proyectos financiados**, lo que indica que la ayuda pública no solo impulsó la inversión privada en el corto plazo, sino que indujo una continuidad en el esfuerzo inversor en I+D.

El impacto de las ayudas no fue igual para todas las empresas: varió según sus características. En particular, **las ayudas fueron especialmente efectivas para estimular la entrada en actividades de I+D de pymes, empresas de sectores menos intensivos en tecnología y aquellas ubicadas en las regiones en transición o en la menos desarrollada, si bien en este último caso los resultados deben interpretarse con cautela debido al reducido tamaño muestral y a la menor precisión estadística asociada**. En conjunto, estos patrones sugieren que las políticas públicas ayudaron a reducir brechas estructurales dentro del sistema de innovación, al facilitar el acceso a la I+D a actores que tradicionalmente afrontan mayores barreras.

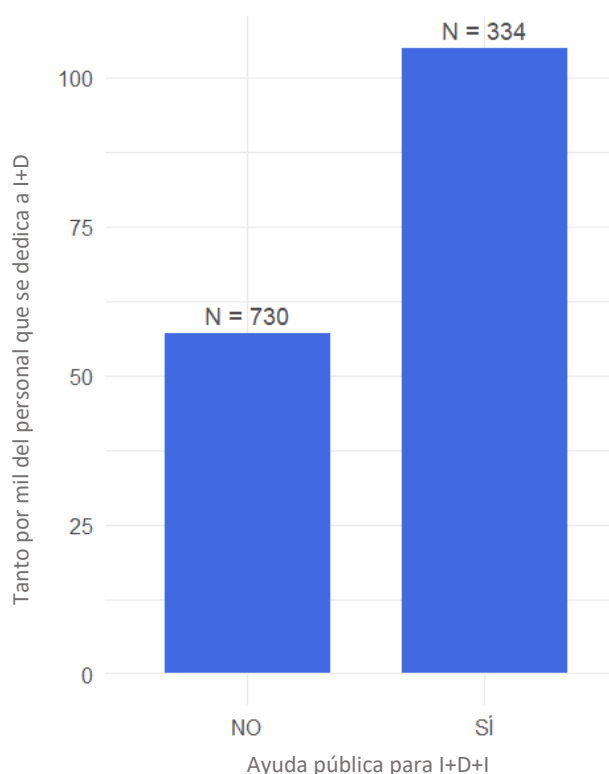


Figura 4. Promedio de la proporción media de plantilla dedicada a I+D por empresa en el periodo 2016-2021 (*), en la muestra de empresas activas en I+D, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas. (*): El periodo analizado es 2016-2021 porque la variable de personal en I+D solo se recoge anualmente en la ESEE desde 2016.

3.1.3. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN LA PROPORCIÓN DE LA PLANTILLA DEDICADA A TAREAS DE I+D

En la muestra de firmas industriales innovadoras con actividad en I+D, la proporción de la plantilla dedicada a tareas en este ámbito fue significativamente mayor entre las que recibieron ayuda pública. El gráfico de la Figura 4 muestra esta diferencia, que sugiere un fuerte vínculo entre la recepción de ayudas y la proporción de personal que se dedica a I+D. No obstante, es posible que las empresas beneficiarias, por sus características, hubieran mantenido la misma ratio de recursos humanos para I+D incluso sin ayudas públicas.

Para estimar el efecto real de las ayudas —es decir, en qué medida afectaron a la proporción de personal en I+D— **se ha realizado un análisis de impacto que se detalla en el Anexo**.

Los resultados muestran que la ayuda pública indujo un aumento neto y significativo en la proporción de personal dedicado a I+D en el corto plazo, pero este efecto se disipó una vez finalizado el proyecto financiado, sin consolidarse a medio plazo.

El análisis de heterogeneidad, aunque no concluyente debido a limitaciones estadísticas, apunta a que **este efecto sobre el personal fue más pronunciado en las empresas ubicadas en las regiones más desarrolladas, en las de mayor tamaño y en las de sectores de menor intensidad tecnológica.**

- Estos resultados sugieren que la eficacia de las ayudas para estimular la contratación o reasignación de personal en I+D no depende solo de la disponibilidad de financiación, sino también de factores como las estructuras organizativas internas o el acceso a talento cualificado. Las grandes empresas disponen de una mayor capacidad de reorganización interna y de absorción de nuevo personal sin comprometer su estructura de costes. Por su parte, en las regiones más avanzadas, la existencia de ecosistemas de innovación más maduros facilita la incorporación temporal de capital humano especializado.
- Respecto a diferencias en el impacto en función de la intensidad tecnológica del sector, el resultado apunta a que, en aquellos menos intensivos, donde el personal dedicado a I+D suele ser más reducido, las ayudas pueden desempeñar un papel más decisivo para activar la incorporación de nuevo personal a estas tareas.

3.2. ADICIONALIDAD DE RESULTADOS DE LAS AYUDAS A LA I+D+I

La adicionalidad de resultados o de *output* se focaliza en los resultados del proceso innovador. **Puede caracterizarse por la pregunta: ¿las ayudas públicas incentivan que las empresas obtengan más o mejores resultados que los que habrían obtenido en ausencia de ayuda?** Como en el caso de la adicionalidad de recursos, las ayudas pueden incentivar resultados adicionales, no tener efecto, o incluso provocar de manera inintencionada una disminución de los resultados. La información disponible en la ESEE permite analizar tres tipos de resultados:

IMPACTO EN LA INNOVACIÓN DE PRODUCTO

La innovación de producto se refiere a la introducción en el mercado de un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado, ya sea en sus características, uso, componentes o funcionalidades. No se refiere solo a productos novedosos para el mercado, sino también a aquellos nuevos para la empresa. Por ejemplo, un fabricante de electrodomésticos que incorpora a su línea de frigoríficos sensores para poder controlar la temperatura con una *app*, estaría introduciendo innovaciones de producto.

En este caso, el criterio de adicionalidad busca medir si las ayudas públicas —al facilitar actividades como el desarrollo de I+D, la compra de tecnología o equipamiento, o la contratación de personal cualificado— aumentan tanto la probabilidad de que una empresa innove en producto como el número de innovaciones realizadas.

IMPACTO EN LA INNOVACIÓN DE PROCESO

La innovación de proceso hace referencia a la implementación de métodos novedosos para la empresa de producción, logística o distribución. Suele estar orientada a reducir costes, aumentar la eficiencia o mejorar la calidad del producto.

La ayuda pública puede favorecer estas innovaciones al facilitar el desarrollo de proyectos de I+D, la adquisición de tecnología, el asesoramiento externo, la formación de personal, etc. Por ejemplo, una ayuda pública para adquirir equipamiento puede contribuir a que una empresa textil introduzca un sistema automatizado de corte por láser que reduzca el desperdicio de tela y mejore los acabados.

IMPACTO EN LA PROTECCIÓN DE INVENCIONES MEDIANTE PROPIEDAD INDUSTRIAL

La solicitud de un título de propiedad industrial (una patente o un modelo de utilidad) es un indicador de que la empresa reconoce la novedad y el valor estratégico del producto o proceso resultado de su I+D y busca protegerlo frente a la competencia.

La ayuda pública puede incentivar la protección de invenciones al facilitar el desarrollo de proyectos de I+D más ambiciosos en su alcance, al cubrir los costes de tramitación de patentes y modelos de utilidad, al reforzar la cultura de protección de las invenciones, etc. Por ejemplo, una ayuda pública para proyectos de I+D puede contribuir a que una *startup* de biotecnología desarrolle un método nuevo a nivel mundial para conservar vacunas sin refrigeración y solicite una patente nacional y europea.

3.2.1. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN LA INNOVACIÓN DE PRODUCTO

En la muestra de firmas industriales innovadoras en el periodo 2014-2021, la proporción de empresas que introdujeron en el mercado productos nuevos o significativamente mejorados fue mayor entre aquellas que recibieron ayuda pública para actividades de I+D+I. El gráfico de la Figura 5 refleja que el 48 % de las empresas que recibieron alguna ayuda durante el periodo también introdujeron al menos una innovación de producto. Entre las empresas que no recibieron ayuda, el porcentaje con innovaciones de producto cae al 20 %. El gráfico de la Figura 6 muestra que el número medio de innovaciones de producto también es mayor entre las empresas con ayuda.

Sin embargo, esta relación positiva entre ayuda e innovación de producto no implica

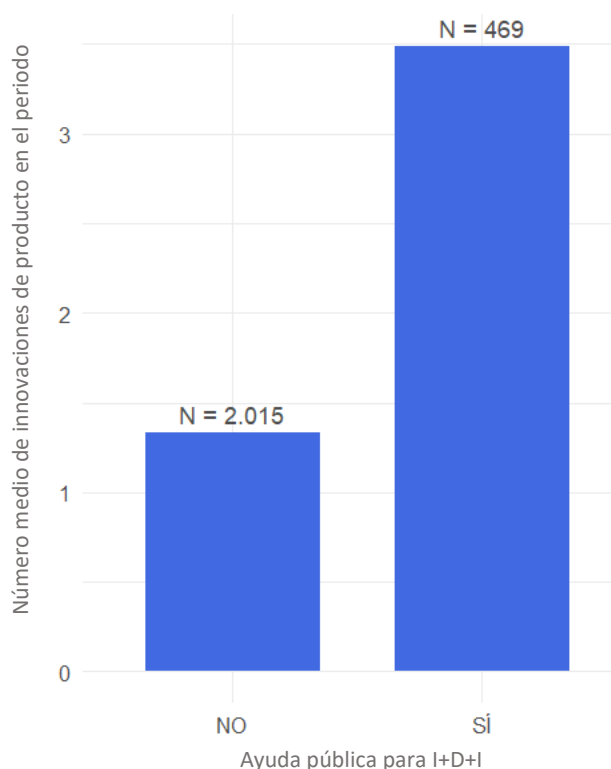


Figura 6. Promedio del número medio de innovaciones de producto por empresa en el periodo 2014-2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

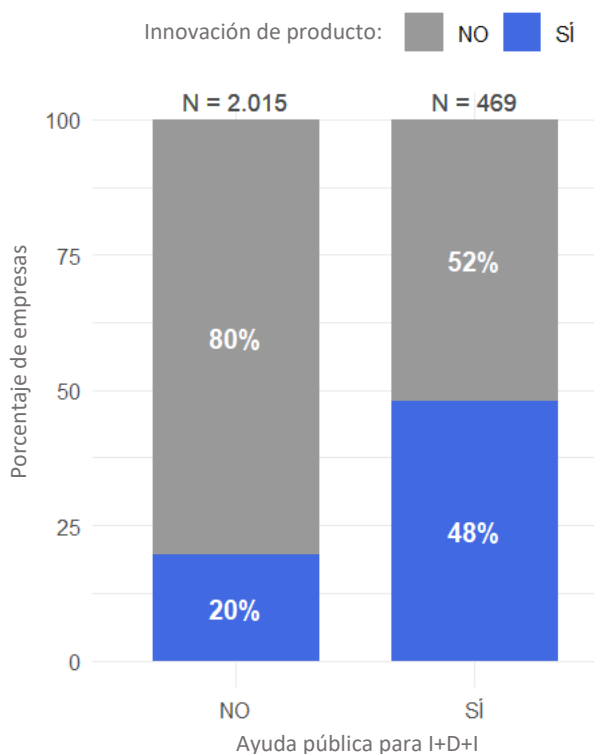


Figura 5. Proporción de empresas que innovaron en producto al menos un año entre 2014 y 2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

necesariamente causalidad. Es posible que las empresas que reciben ayuda tengan características que las hagan más propensas a obtener innovaciones de producto y que también hubieran logrado este resultado sin el apoyo público. El análisis de impacto que se detalla en el Anexo tiene como objetivo determinar en qué medida la diferencia observada se debe a la ayuda pública y no a diferencias preexistentes entre las empresas, como su tamaño, sector o capacidad de inversión en innovación.

Los resultados del análisis muestran que **las ayudas públicas a la I+D+I tuvieron un efecto positivo sobre la probabilidad de que las empresas manufactureras intro-**

dujeran innovaciones de producto. El incremento medio estimado se situó entre 7 y 11 puntos porcentuales, según el modelo utilizado.

En términos prácticos, esto significa que, aunque en la muestra observamos que el 48 % de las empresas que recibieron ayuda innovaron en producto, sin apoyo público sólo lo hubieran hecho entre el 37 % y el 41 %. Es decir, la ayuda pública no solo acompañó la inversión en innovación de producto, sino que activó el comportamiento innovador en empresas que previamente no innovaban en producto. En concreto, se asocia a un aumento relativo del 17 %-30 % en la probabilidad de innovar en producto entre las empresas con características similares a las que acceden a las ayudas.

El mayor impacto se dio en el primer año después de recibir la ayuda, con un aumento de hasta 13 puntos porcentuales en la probabilidad de innovar. A partir de ahí, el efecto fue disminuyendo, pero persistió, en promedio, más allá de la duración media de los proyectos financiados. Esto significa que la probabilidad de seguir innovando se mantuvo más alta que si no hubieran recibido ayuda. En otras palabras, **la ayuda pública no solo impulsó la innovación de producto en el corto plazo, sino que pudo inducir cambios internos duraderos —como nuevas dinámicas, aprendizajes organizativos o capacidades técnicas mejoradas— que sostuvieron el comportamiento innovador más allá del proyecto financiado.**

En cuanto al número de innovaciones de producto, la ayuda también produjo un efecto positivo, aunque en este caso el impacto se concentró en el primer año tras la recepción del apoyo, con un incremento medio estimado del 17 %-19 % en el número de innovaciones respecto a un escenario sin ayuda. Posteriormente, los efectos desaparecen prácticamente por completo.

El hecho de que el efecto a corto plazo sea el más intenso —tanto sobre la probabilidad de introducir innovaciones de producto como sobre el número de innovaciones— puede estar asociado al diseño de las propias ayudas, muchas de las cuales están orientadas a resultados tempranos, como las ayudas para la adquisición de equipamiento o para la adopción de tecnologías disponibles en el mercado.

Respecto a diferencias en el impacto del apoyo público según las características de las empresas, **las ayudas fueron especialmente útiles para activar la innovación de producto en las pymes.** Sin embargo, cuando se trata del número de innovaciones de producto, el impacto fue más acusado en las empresas de mayor tamaño y las que pertenecen a sectores tecnológicos más avanzados. Estas firmas, al tener más capacidades estructurales, pueden aprovechar mejor en términos de volumen el impulso que ofrecen las ayudas.

En cuanto a diferencias en el ámbito territorial, los resultados sugieren que los impactos fueron mayores en las regiones con un menor nivel de desarrollo: **la ayuda pública habría, por un lado, inducido a innovar en producto a empresas industriales que previamente no lo hacían y, por otro, intensificado el volumen innovador en empresas ya activas.** Aunque se requieren análisis complementarios debido a limitaciones estadísticas del análisis, estos indicios apuntan a que las ayudas habrían ampliado la base innovadora en estos entornos y reforzado la capacidad de sus agentes más dinámicos, contribuyendo así a la reducción de brechas regionales en materia de innovación.

3.2.2. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN LA INNOVACIÓN DE PROCESO

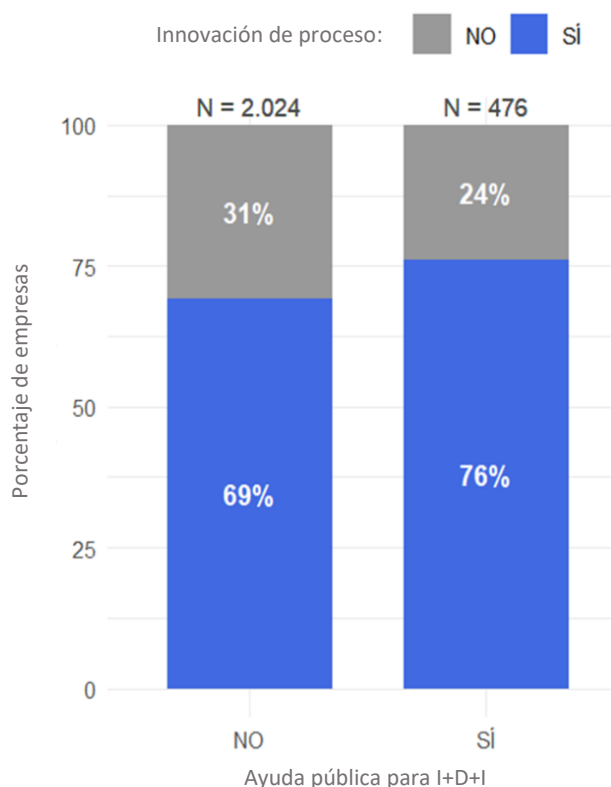


Figura 7. Proporción de empresas que innovaron en proceso al menos un año entre 2014 y 2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

En la muestra de compañías industriales innovadoras en el periodo 2014-2021, la proporción de empresas que implementaron métodos novedosos de producción, logística o distribución es mayor entre aquellas que recibieron ayuda pública para actividades de I+D+I. El gráfico de la Figura 7 muestra que el 76 % de las empresas que recibieron alguna ayuda durante el periodo también implementaron al menos una innovación de proceso, frente al 69 % entre las que no recibieron apoyo.

Como se viene señalando, esta diferencia observada no implica necesariamente que la ayuda pública sea la causa. Las empresas que reciben apoyo pueden tener características distintas a las que no lo reciben —por ejemplo, pueden operar en otros sectores, ser más grandes o tener más experiencia en innovación—, lo que podría hacerlas más propensas a obtener innovaciones de proceso, incluso sin ayudas. Como en los demás casos, para iden-

tificar el efecto real de la ayuda, **se ha realizado un análisis de impacto que se detalla en el Anexo.**

Sus resultados muestran que **las ayudas públicas a la I+D+I tuvieron un efecto positivo sobre la probabilidad de que las empresas manufactureras innovaran en proceso.** En concreto, se estima que las empresas beneficiarias aumentaron entre 10 y 15 puntos porcentuales su probabilidad de innovar en proceso respecto a un escenario sin ayuda. Dado que el 76 % de las empresas tratadas introdujeron innovaciones de proceso, los resultados sugieren que, en ausencia de apoyo, este porcentaje habría sido sensiblemente menor —en torno al 61 %-66 %⁶—. Esta diferencia equivale a una mejora relativa del 16 %-25 % sobre el nivel estimado sin ayuda. En otras palabras, las ayudas habrían activado comportamientos innovadores en una parte significativa de las empresas beneficiarias.

Este efecto positivo se concentró en un periodo promedio de casi dos años y medio, algo más de la duración media de los proyectos financiados. A partir de ese momento, el impacto se tornó negativo: la probabilidad de innovar en proceso pasó a ser menor que la estimada en ausencia de ayuda. **Este patrón podría reflejar el carácter puntual de muchas innovaciones de**

⁶ El hecho de que estas cifras sean inferiores al 69 % observado en el grupo no tratado refleja diferencias estructurales entre ambos grupos. Estas diferencias implican que, en ausencia de ayuda, la probabilidad de innovar en proceso habría sido más baja en el grupo que finalmente recibió apoyo.

proceso —como la robotización— que exigen inversiones iniciales muy elevadas. Una vez finalizado el proyecto, la inversión en procesos tiende a decaer tras el esfuerzo inversor realizado.

Respecto a diferencias en el impacto del apoyo público según las características de las empresas, las ayudas fueron especialmente útiles para activar la innovación de proceso en las pymes y en las empresas de sectores con nivel tecnológico bajo y medio-bajo. Sin embargo, en las pymes los efectos negativos tras la finalización del proyecto fueron más pronunciados que en las grandes, posiblemente debido a que en promedio afrontan mayores dificultades para sostener el esfuerzo innovador sin apoyo externo.

En el plano territorial, aunque el análisis presenta limitaciones estadísticas, los resultados sugieren que en las regiones con menor nivel de desarrollo los efectos positivos de las ayudas fueron menos intensos y los negativos más acusados que en las regiones más avanzadas. Esto apunta a que, si bien las ayudas ampliaron la base innovadora en estos territorios, no contribuyeron a cerrar las brechas regionales en innovación de proceso, y sugiere una dependencia de esta de condiciones estructurales como el dinamismo del ecosistema innovador territorial.

3.2.3. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN LA PROTECCIÓN DE INVENCIONES MEDIANTE PROPIEDAD INDUSTRIAL

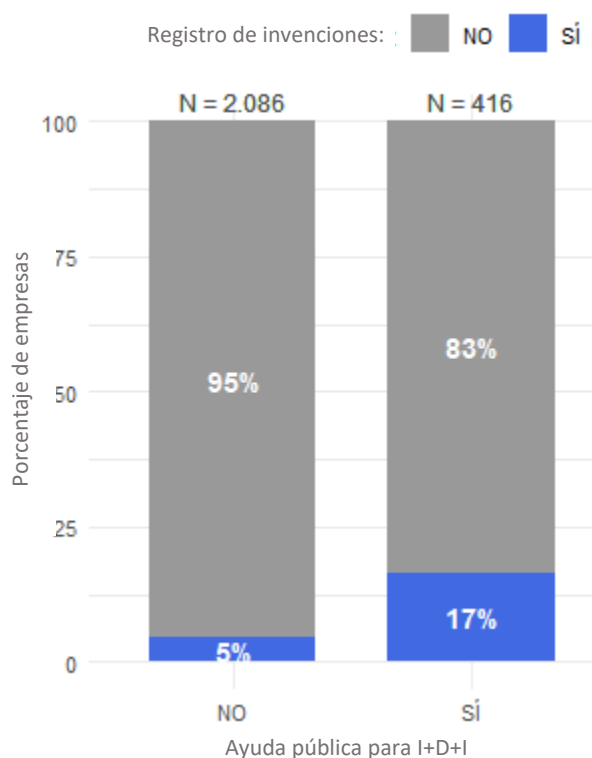


Figura 8. Proporción de empresas que registraron al menos una invención entre 2014 y 2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

En la muestra de firmas industriales innovadoras en el periodo 2014-2021, la proporción de empresas que registraron invenciones es mayor entre aquellas que recibieron ayuda pública para actividades de I+D+I. El gráfico de la Figura 8 refleja que el 17 % de las empresas que recibieron alguna ayuda durante el periodo también registraron al menos una invención. Entre las empresas que no recibieron ayuda, el porcentaje cae al 5 %. El gráfico de la Figura 9 muestra que el número medio de registros también fue mayor entre las empresas con ayuda.

Pero esta diferencia no implica necesariamente que la ayuda sea la causa del mayor porcentaje de registros observado. Es posible que las empresas que reciben ayuda tengan características que las hagan más propensas a registrar invenciones y que también hubieran logrado este resultado sin el apoyo público. El análisis de impacto que se detalla en el Anexo tiene como ob-

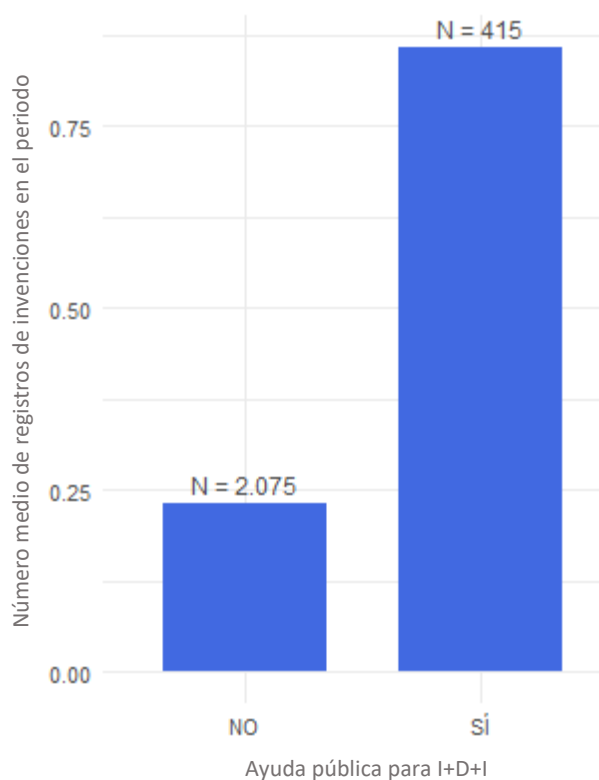


Figura 9. Promedio del número medio de registros de invenciones por empresa en el periodo 2014–2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

jetivo determinar en qué medida la diferencia observada se debe a la ayuda pública y no a diferencias preexistentes entre las empresas, como su tamaño, sector o capacidad de inversión en innovación.

Los resultados del análisis muestran que las ayudas públicas a la I+D+I no tuvieron un impacto significativo ni sobre la probabilidad de que las empresas manufactureras innovadoras registraran invenciones, ni sobre el número de registros. Es decir, las ayudas no activaron el uso del sistema de patentes en empresas que previamente no lo utilizaban, ni incrementaron el volumen de registros entre aquellas que ya contaban con actividad previa en este ámbito.

Esta ausencia de efecto puede interpretarse desde dos perspectivas complementarias. Por un lado, puede reflejar que, especialmente entre las pymes y los sectores menos intensivos en tecnología, no está suficientemente extendida la cultura de protección de la propiedad industrial.

Por otro lado, si se considera este resultado junto con los efectos observados en innovación de producto y de proceso —donde el impacto fue más intenso en el corto plazo—, todo apunta a que las ayudas habrían impulsado principalmente innovaciones de carácter adaptativo, orientadas a mejorar productos existentes o procesos internos, pero que no alcanzaron el umbral de novedad y actividad inventiva requerido para su protección formal mediante patentes o modelos de utilidad.

3.3. ADICIONALIDAD DE COMPORTAMIENTO DE LAS AYUDAS A LA I+D+I

La adicionalidad de comportamiento **persigue capturar los cambios en el comportamiento innovador de la empresa que son resultado de la ayuda pública**. Abarca una amplia variedad de posibles impactos: por ejemplo, como consecuencia de la ayuda, las empresas pueden acometer proyectos de I+D más ambiciosos, orientarse a nuevos dominios tecnológicos, abrirse a fuentes externas de conocimiento, cambiar su modo de gestionar la I+D+I, o reorientar su inversión o incluso su localización. Al igual que en el caso de los otros tipos de adicionalidad, la ayuda puede, o incentivar, o no afectar, o incluso desincentivar ciertos comportamientos innovadores. Los datos disponibles para esta evaluación permiten analizar tres dimensiones:

IMPACTO EN LA APERTURA AL CONOCIMIENTO EXTERNO

La adquisición de conocimiento externo y la colaboración con otros agentes juegan un papel clave en la innovación, ya que permite a las empresas:

- **Mejorar su capacidad innovadora** mediante la aplicación a sus actividades de I+D+I del conocimiento generado en otros lugares.
- **Diversificar más fácilmente su base de conocimientos**, lo que favorece innovaciones más disruptivas. Un caso ilustrativo sería la colaboración de una firma biotecnológica con un centro de investigación en inteligencia artificial, que puede abrirle a innovar en medicina personalizada.
- **Compartir costes y riesgos asociados a la innovación**. Por ejemplo, la colaboración de un fabricante de automóviles con *startups* de baterías y energías renovables puede reducir su incertidumbre en el desarrollo de su gama de vehículos eléctricos.
- **Acceder más rápidamente a tecnologías emergentes**. Por ejemplo, la participación en *startups* es una estrategia habitual para acelerar la incorporación de nueva tecnología.

La ayuda pública puede fomentar esta apertura exigiendo la colaboración de distintos agentes en los proyectos, incentivando la contratación de personal cualificado capaz de incorporar conocimiento externo, estimulando la creación de redes de conocimiento, etc.

IMPACTO EN LA COLABORACIÓN CON UNIVERSIDADES Y CENTROS TECNOLÓGICOS

Una de las estrategias implementadas por las empresas para acceder a conocimiento externo es la colaboración con universidades y otros organismos de investigación públicos y privados, como los centros tecnológicos. Dada la importancia concedida a esta estrategia por una amplia variedad de programas públicos, se analiza por separado el efecto de la ayuda sobre este tipo de colaboración.

IMPACTO EN LA GOBERNANZA DE LA INNOVACIÓN

La gobernanza de la innovación se refiere a cómo las empresas organizan y gestionan sus actividades innovadoras: qué estructuras crean para gobernarlas, cómo las planifican, y cómo monitorizan y evalúan sus resultados. Las ayudas públicas, al exigir ciertos requisitos para su solicitud y justificación, pueden incentivar la adopción de mecanismos formales de gobernanza —como comités de innovación, planes de trabajo o sistemas de seguimiento— que ayudan a hacer la innovación más eficiente y alineada con los objetivos de la empresa.

3.3.1. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN LA APERTURA A FUENTES DE CONOCIMIENTO EXTERNO

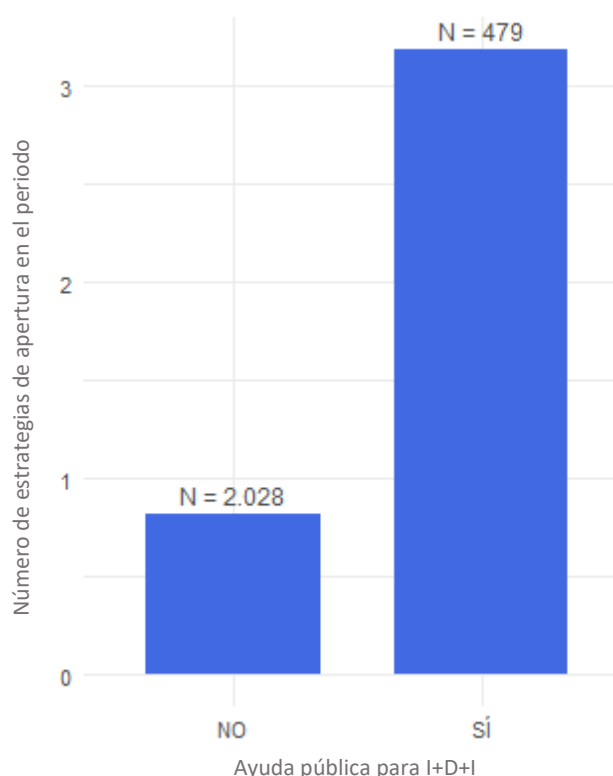


Figura 10. Promedio del número medio de estrategias distintas de apertura por empresa en el periodo 2014–2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

Para la adquisición de conocimiento externo, las empresas pueden implementar distintos tipos de estrategias, como la colaboración con universidades y otros centros de investigación, la colaboración con proveedores, clientes y competidores, la asociación temporal con otras empresas para la cooperación en innovación, la participación en el capital de *startups*, la subcontratación de I+D, la adquisición de licencias para explotar tecnologías de terceros, la contratación de personal altamente cualificado en I+D o la utilización de asesores para informarse sobre tecnologías. Para medir la apertura o disposición de una empresa a adquirir conocimiento de fuentes externas, se ha creado una variable que suma el número de estrategias enumeradas anteriormente que la empresa ha implementado. Esta variable varía de 0 a 10, reflejando niveles crecientes de integración de fuentes externas de conocimiento en el proceso innovador.

En la muestra de firmas industriales innovadoras en el periodo 2014-2021, las empresas que recibieron ayuda pública para I+D+I adoptaron de media un mayor número de estrategias distintas de adquisición de conocimiento externo. El gráfico de la Figura 10 muestra que las empresas con apoyo público emplearon de media más de tres canales de acceso al conocimiento generado fuera de la organización, mientras que entre las empresas sin apoyo la media no llega a uno.

Ahora bien, la diferencia observada puede estar causada por otros factores distintos a la ayuda pública. Como se viene señalando, las empresas que reciben apoyo pueden tener características distintas a las que no lo reciben —por ejemplo, pueden operar en otros sectores o en ecosistemas innovadores más dinámicos, ser más grandes o tener más experiencia en innovación—, lo que podría hacerlas más propensas a buscar conocimiento externo, o tener más éxito en el establecimiento de colaboraciones, incluso sin ayudas. Para identificar el efecto real de las ayudas y no confundirlo con la influencia de otros factores, se ha realizado un **análisis de impacto que se detalla en el Anexo**.

Los resultados del análisis muestran que las ayudas públicas a la I+D+I tuvieron un impacto claro en la conexión de las empresas industriales innovadoras con fuentes de conocimiento

externas. En promedio, las empresas que recibieron ayuda adoptaron casi una estrategia adicional de apertura en comparación con un escenario sin apoyo. En términos prácticos, esto significa que, aunque en la muestra observamos que las empresas beneficiarias emplearon en promedio tres estrategias distintas, sin ayuda solo habrían implementado dos, lo que supone una mejora relativa del 50 %.

Los impactos más intensos se concentraron en los dos primeros años tras la recepción de la ayuda, lo que sugiere que esta actuó como un catalizador inmediato, permitiendo a las empresas activar rápidamente nuevos canales de conexión con el conocimiento externo. Una vez finalizado el proyecto o alcanzados ciertos objetivos, los efectos tendieron a estabilizarse o reducirse, pero se mantuvieron, en promedio, más allá de la duración media de los proyectos financiados. En otras palabras, **la ayuda pública no solo impulsó la apertura en el corto plazo, sino que pudo inducir cambios internos duraderos —como nuevas alianzas y dinámicas, aprendizajes organizativos o mejores capacidades técnicas— que sostuvieron la conexión con fuentes de conocimiento externo más allá del proyecto financiado.**

Cuando se analizan las diferencias entre tipos de empresas, el efecto fue más fuerte en los sectores con menor intensidad tecnológica. Esto puede deberse a que en estos sectores había más margen de mejora: partían de niveles de apertura más bajos y, por tanto, la ayuda tuvo más recorrido. También se observa que **el efecto fue algo mayor en las grandes empresas que en las pymes, aunque en ambos casos fue sustancial.** Esto indica que, si bien las pymes también se beneficiaron, podrían necesitar más apoyo para abordar los costes asociados a la apertura al conocimiento externo y para aprovechar al máximo sus oportunidades.

Por último, aunque **en las regiones menos desarrolladas el impacto estimado fue mayor que en las más avanzadas,** esta diferencia no es estadísticamente concluyente, posiblemente porque hay menos datos disponibles en estas zonas. Aun así, los resultados sugieren que las ayudas podrían haber ayudado a reducir las brechas territoriales en cuanto a la apertura empresarial al conocimiento externo.

3.3.2. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN LA COLABORACIÓN CON UNIVERSIDADES Y CENTROS TECNOLÓGICOS

En este apartado se pone el foco sobre la estrategia de apertura al conocimiento externo más incentivada por los programas públicos: la colaboración con universidades y centros tecnológicos. Este tipo de interacción no solo permite transferir conocimientos desde el sistema científico y tecnológico hacia el tejido productivo, sino que también facilita la transmisión de necesidades, retos, conocimientos y aprendizajes desde las empresas hacia el ámbito investigador, generando así un ecosistema de innovación más dinámico y con mayor impacto social.

En la muestra de empresas industriales innovadoras en el periodo 2014-2021, la colaboración con universidades y centros tecnológicos fue mucho más frecuente entre las beneficiarias de ayudas públicas para actividades de I+D+I. Como refleja la Figura 11, el 75 % de las empresas con ayuda estableció colaboraciones, frente al 18 % de las que no recibieron apoyo.

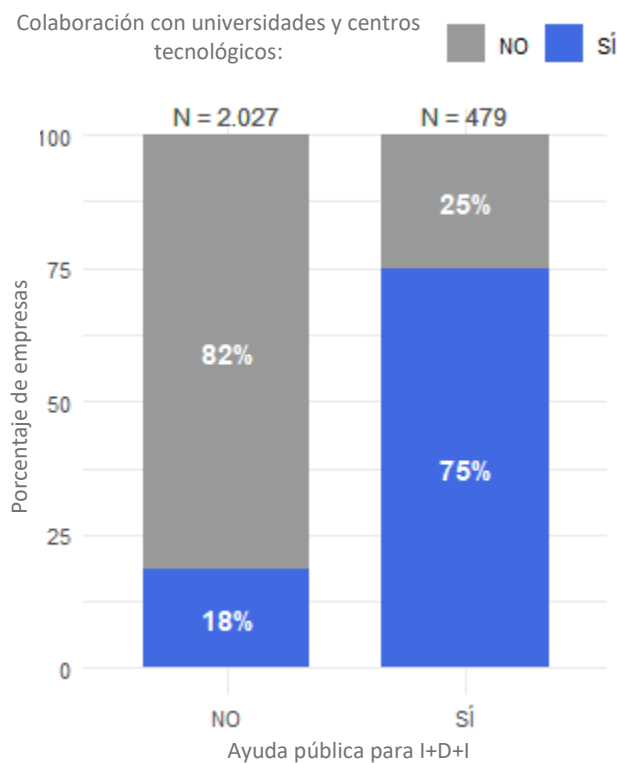


Figura 11. Proporción de empresas que colaboraron con universidades y/o centros tecnológicos al menos un año entre 2014 y 2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

Esta diferencia sugiere un fuerte vínculo entre la recepción de ayudas y la colaboración con organismos de investigación, pero no permite concluir que las ayudas sean la causa de esta relación. Es posible que muchas de las empresas que recibieron apoyo ya tuvieran una alta probabilidad de buscar conocimiento en universidades y centros tecnológicos, incluso sin ayuda, debido a sus características, como su ecosistema innovador local o regional, su sector o sus capacidades tecnológicas.

Para identificar el efecto real de las ayudas y no confundirlo con la influencia de otros factores, se ha realizado un **análisis de impacto que se detalla en el Anexo**.

Los resultados muestran que, tras recibir la ayuda, las empresas industriales innovadoras aumentaron significativamente su probabilidad de colaborar con organismos de investigación. El incremento medio estimado se situó entre 26 y 29 puntos porcentuales, según el modelo utilizado.

En términos prácticos, esto significa que, aunque en la muestra observamos que el 75 % de las empresas que recibieron ayuda colaboraron con universidades y/o centros tecnológicos, sin apoyo público sólo lo hubieran hecho entre el 46 % y el 49 %. Es decir, la ayuda pública no solo acompañó la colaboración, sino que la indujo en una proporción significativa de casos. En concreto, entre las empresas con características similares a las que accedieron a las ayudas, se asocia a un aumento relativo del 53 %-63 % en la probabilidad de colaboración.

Además, el análisis muestra que **este efecto persistió más allá de la duración media de los proyectos financiados**. Esto indica que la ayuda pública no solo impulsó la colaboración en el corto plazo, sino que pudo inducir cambios internos duraderos —como aprendizajes organizativos, nuevas capacidades técnicas o nuevas orientaciones estratégicas— que sostuvieron la conexión con organismos de investigación más allá del proyecto financiado.

En cuanto a las diferencias en el impacto según las características de las empresas, el análisis sugiere que **las ayudas fueron especialmente efectivas en las pymes, en las empresas de sectores menos intensivos en tecnología y en aquellas ubicadas en las regiones en transición o en la menos desarrollada, si bien en este último caso los resultados deben interpretarse con cautela debido a la menor precisión estadística asociada al reducido tamaño muestral**. En conjunto, este patrón apunta a que las ayudas habrían contribuido a reducir brechas estructurales dentro del sistema de innovación, al facilitar la conexión con el sistema científico y tecnológico a actores que tradicionalmente experimentan más barreras para establecer este tipo de vínculo.

3.3.3. IMPACTO DE LAS AYUDAS EN LA GOBERNANZA DE LA INNOVACIÓN

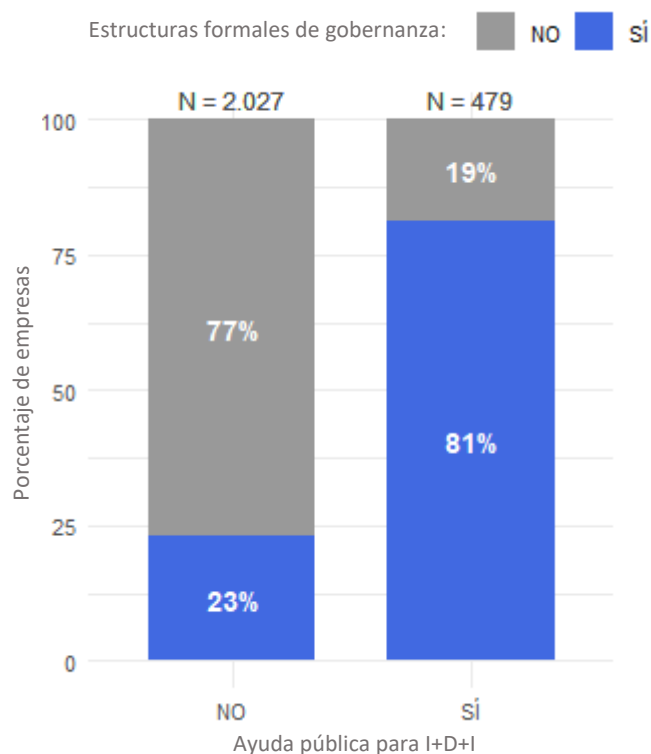


Figura 12. Proporción de empresas que dispusieron de estructuras formales de gobernanza en al menos un año entre 2014 y 2021, en la muestra de empresas innovadoras, según si recibieron apoyo público. N: número de empresas.

ben —por ejemplo, pueden operar en otros sectores o en ecosistemas innovadores más dinámicos, ser más grandes o tener más experiencia en innovación—, lo que podría hacerlas más propensas a institucionalizar la innovación dentro de la organización, incluso sin ayudas. Para identificar el efecto real de las ayudas y no confundirlo con la influencia de otros factores, **se ha realizado el análisis de impacto que se detalla en el Anexo.**

Los resultados evidencian que las ayudas públicas a la I+D+I empresarial contribuyeron a un cambio organizativo sostenido en el tiempo. Incrementaron entre 19 y 20 puntos porcentuales la probabilidad de que una empresa adoptara mecanismos formales de gobernanza de la innovación. Es decir, si el 81 % de las empresas tratadas institucionalizaron sus procesos de innovación, se estima que, sin ayuda, ese porcentaje habría sido notablemente menor —entre el 61 % y el 62 %—, lo que representa una mejora relativa del 31 %–33 %. **El impacto fue temprano, pero persistió más allá de la duración del proyecto financiado.**

El análisis de heterogeneidad indica que el impacto fue especialmente relevante en empresas que tradicionalmente poseen un menor grado de institucionalización de la innovación: pymes, sectores menos intensivos en tecnología y regiones con menor nivel de desarrollo, aunque en este último caso los resultados son orientativos debido a la menor precisión estadística asociada al reducido tamaño muestral. En conjunto, los hallazgos sugieren que las ayudas habrían contribuido a reducir desigualdades estructurales dentro del ecosistema innovador.

Para aumentar la eficiencia y la coherencia de los procesos innovadores, las empresas pueden adoptar estructuras formales de gobernanza, como comités de dirección de la innovación, planes estratégicos o sistemas de seguimiento de los resultados. En la muestra de empresas industriales innovadoras en el periodo 2014-2021, la implementación de mecanismos formales de gobernanza fue mucho más frecuente entre quienes recibieron ayudas públicas para actividades de I+D+I. Como refleja la Figura 12, el 81 % de las empresas con ayuda contaba con mecanismos formales de gobernanza, frente al 23 % de las que no recibieron apoyo.

Ahora bien, la diferencia observada puede estar causada por otros factores distintos a la ayuda pública. Como se viene señalando, las empresas que reciben apoyo pueden tener características distintas a las que no lo reciben

4.

Conclusiones y recomendaciones

Los hallazgos muestran que las ayudas a la I+D+I empresarial han generado un claro efecto de adicionalidad en términos de recursos, resultados y comportamiento. No obstante, en ciertos ámbitos es necesario asegurar la perdurabilidad de estos efectos. En general, el impacto fue más significativo en las regiones en transición y menos desarrollada, en las pymes y en los sectores con menor nivel tecnológico, aunque persisten desigualdades en los impactos que deben ser abordadas. Se recomienda continuar apoyando con el FEDER la I+D+I empresarial, prestando especial atención a mejorar la atracción y retención de talento, apoyar la innovación de proceso en las pymes y en los territorios con menor nivel de desarrollo, fomentar la innovación nueva para el mercado y su protección, y consolidar el comportamiento estratégico en innovación en las pymes.



4.1. RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE LA EVALUACIÓN

Recapitulando los hallazgos presentados en el bloque anterior, en este apartado se sintetizan las respuestas a las preguntas planteadas en el marco de la evaluación:

¿Las empresas industriales innovadoras que recibieron apoyo público en el periodo de programación 2014-2020 incrementaron los recursos dedicados a I+D+I gracias a la ayuda? ¿Existen diferencias según el nivel de desarrollo de la región? ¿Y en función del tamaño de la empresa o de la intensidad tecnológica del sector?

Durante el periodo de programación 2014-2020, las ayudas públicas a la I+D+I concedidas a empresas industriales innovadoras tuvieron un claro efecto de adicionalidad de recursos:⁷

- Se estima que, **tras recibir apoyo público, las empresas manufactureras con actividad en I+D incrementaron su esfuerzo privado en este ámbito** entre un 15 % y un 20 %. Este esfuerzo se define como el porcentaje de las ventas que la empresa destina a financiar actividades de I+D con fondos propios, sin incluir ayuda pública. Se trata de un indicador ampliamente utilizado para evaluar en qué medida las ayudas inducen una mayor implicación financiera por parte de las empresas.

Las ayudas también tuvieron un efecto movilizador sobre empresas que previamente no invertían en I+D. El análisis estima un incremento de entre 27 y 29 puntos porcentuales en la probabilidad de comenzar a invertir en I+D tras recibir apoyo. En términos prácticos, esto significa que, aunque en la muestra empleada para el análisis se observa que el 96 % de las empresas que recibieron ayuda invirtieron en I+D, sin apoyo público sólo lo hubieran hecho entre el 67 % y el 69 %.

Ambos efectos —el aumento del esfuerzo privado y la mayor probabilidad de invertir en I+D— no solo son significativos en el corto plazo, sino que persisten durante varios años, incluso una vez finalizado el proyecto financiado. Esto sugiere un cambio estructural en el comportamiento inversor de las empresas.

- Asimismo, se ha identificado un **aumento en la proporción de la plantilla dedicada a tareas de I+D como resultado de la ayuda**, aunque este efecto fue transitorio y tendió a desaparecer una vez finalizado el proyecto. Se trata de un efecto de adicionalidad en recursos humanos más limitado en el tiempo.

Respecto a diferencias en los impactos según el desarrollo de los territorios y características estructurales de las empresas:

- Aunque los análisis para las regiones con menor nivel de desarrollo tienen menos precisión por el reducido tamaño muestral, **los resultados sugieren que el impacto de las ayudas sobre la inversión en I+D habría sido más intenso en las regiones en transición y menos desarrollada. Este patrón apunta a que el apoyo público habría contribuido a reducir brechas territoriales y a fomentar la convergencia regional en innovación. Por el contrario, el**

⁷ La ESEE no recoge información sobre los recursos económicos o humanos que las empresas dedican a otras actividades innovadoras distintas a la I+D, por lo que solo se ha podido analizar el impacto sobre los recursos destinados a I+D.

efecto sobre el personal dedicado a I+D fue más visible en las regiones más desarrolladas, probablemente por la existencia de ecosistemas de innovación más maduros que facilitan la incorporación temporal de capital humano especializado.

- En cuanto a diferencias según el tamaño de empresa, las pymes mostraron un mayor efecto de adicionalidad económica, lo que sugiere que este segmento empresarial tiene una mayor necesidad de apoyo público para acometer inversiones en I+D debido a que en general las empresas de menor tamaño afrontan mayores restricciones financieras. En cambio, en términos de recursos humanos, las grandes empresas experimentaron un impacto más intenso, posiblemente debido a su mayor capacidad de reorganización interna y absorción de nuevo personal sin comprometer su estructura de costes.
- Por último, la adicionalidad, tanto económica como en recursos humanos, fue mayor en sectores de baja y media-baja tecnología. Esto sugiere que las ayudas fueron más determinantes en empresas con una menor propensión estructural a invertir en I+D.

En resumen, los resultados del análisis indican que las empresas industriales innovadoras destinaron más recursos económicos y humanos a actividades de I+D de los que habrían dedicado en ausencia de apoyo público. El efecto de adicionalidad económica no solo fue más intenso en empresas con mayores barreras estructurales —por su ubicación en regiones menos desarrolladas, su menor tamaño o su pertenencia a sectores de baja y media-baja tecnología—, sino que además se mantuvo tras finalizar el proyecto, lo que apunta a un cambio estructural en el comportamiento inversor. En cambio, la adicionalidad en recursos humanos mostró un patrón diferente: el incremento en la proporción de plantilla dedicada a I+D fue transitorio y se concentró principalmente en grandes empresas y en regiones más desarrolladas, lo que sugiere que la capacidad para ampliar personal especializado depende críticamente de factores como la estructura organizativa interna y la disponibilidad de talento cualificado en el entorno.

Por tanto, de cara a la política pública, el impacto de las ayudas a la I+D+I empresarial podría maximizarse si se refuerzan las medidas que fortalecen la capacidad de atracción y retención de personal de I+D en todos los territorios y tipos de empresa.

¿El apoyo público a empresas industriales innovadoras se tradujo en mejores resultados innovadores, como la introducción de nuevos productos o procesos o el registro de invenciones? ¿Varía este efecto según el nivel de desarrollo de la región? ¿Y según el tamaño de la empresa o la intensidad tecnológica del sector?

Las ayudas públicas a la I+D+I concedidas en el periodo 2014-2021 a empresas industriales innovadoras contribuyeron de forma significativa a mejorar los resultados de sus actividades innovadoras:

- En el caso de la innovación de producto, se estima que las ayudas aumentaron entre 7 y 11 puntos porcentuales la probabilidad de que las empresas introdujeran productos nuevos o significativamente mejorados. Es decir, **la ayuda pública activó el comportamiento innovador en empresas que previamente no innovaban en producto. La ayuda también tuvo un efecto positivo sobre el volumen de innovaciones**, con un incremento medio estimado del 17 %–19 % en el número de innovaciones respecto a un escenario sin ayuda.

Aunque el efecto fue más intenso en el corto plazo, los resultados sugieren que la ayuda pública también indujo cambios en las empresas —como nuevas dinámicas, aprendizajes organizativos o capacidades técnicas mejoradas— que sostuvieron el comportamiento innovador más allá del proyecto financiado.

El hecho de que el efecto a corto plazo sea el más intenso puede estar asociado al diseño de las propias ayudas, muchas de las cuales estuvieron orientadas a resultados tempranos, como las ayudas para la adquisición de equipamiento o para la adopción de tecnologías disponibles en el mercado.

- **Respecto a la innovación de proceso, las ayudas públicas también activaron el comportamiento innovador en empresas que previamente no innovaban en este ámbito**, incrementando entre 10 y 15 puntos porcentuales la probabilidad de que las empresas implementaran métodos novedosos de producción, logística o distribución. Este efecto positivo se concentró en el corto plazo. Una vez finalizados los proyectos financiados, la probabilidad de innovar en proceso pasó a ser incluso menor que la estimada en ausencia de ayuda. Este efecto negativo podría estar reflejando el carácter puntual de muchas innovaciones de proceso —como la robotización—, que requieren inversiones muy elevadas, por lo que la innovación tiende a decaer tras el esfuerzo inversor asociado al proyecto financiado.
- En cambio, **no se observa que las ayudas tuvieran ningún efecto sobre el registro de invenciones**. Esta ausencia de impacto apunta a que las ayudas han sido una herramienta eficaz para estimular la innovación adaptativa, orientada a mejorar productos existentes o procesos internos, pero que su capacidad para impulsar innovación con novedad global, potencialmente protegible mediante el sistema de patentes, permanece limitada. También podría denotar que, especialmente entre las pymes y los sectores menos intensivos en tecnología, no está suficientemente extendida la cultura de protección de la propiedad industrial.

En cuanto a diferencias en los impactos según el desarrollo de los territorios y características estructurales de las empresas:

- **Los resultados sugieren, de forma orientativa debido a las mencionadas limitaciones estadísticas, que el impacto de las ayudas en el desempeño innovador en producto fue más notable en las regiones en transición y menos desarrollada, donde habrían inducido a nuevas empresas a introducir productos nuevos o significativamente mejorados, y habrían reforzado el volumen innovador de sus firmas más dinámicas. Sin embargo, en innovación de proceso, los efectos positivos fueron menos intensos que en las regiones más desarrolladas y los efectos negativos tras la finalización del proyecto más acusados. En conjunto, este patrón apunta a que, si bien las ayudas habrían contribuido a ampliar la base innovadora en estos territorios, no habrían reducido las brechas regionales en innovación de proceso.**
- Las pymes se beneficiaron especialmente en términos de activación de la innovación de producto y de proceso, lo que refuerza el valor de las ayudas como herramienta para generalizar el acceso a la innovación. No obstante, en el caso de la innovación de proceso, los efectos negativos al acabar el apoyo público fueron más pronunciados en estas empresas, posiblemente debido a que en promedio afrontan mayores dificultades para sostener el esfuerzo innovador sin apoyo externo.

- Las empresas de sectores tecnológicos más avanzados se beneficiaron más en términos de volumen de innovación de producto del impulso que ofrecen las ayudas. Las de sectores tecnológicos bajo y medio bajo experimentaron un mayor impacto en cuanto a activación de la innovación de proceso.

En síntesis, los resultados del análisis confirman un claro efecto de adicionalidad: las empresas industriales innovadoras que recibieron apoyo público innovaron más que en ausencia de ayuda, tanto en producto como en proceso. En innovación de producto, las ayudas ampliaron la base innovadora —especialmente en las regiones menos desarrolladas y entre las pymes— y elevaron el volumen de innovaciones, con efectos que, si bien más intensos al inicio, se mantuvieron más allá de la finalización del proyecto. En innovación de proceso, las ayudas activaron la entrada de nuevas empresas, pero su impacto fue predominantemente de corto plazo y tendió a diluirse —incluso revertirse— tras finalizar el apoyo, sobre todo en los territorios menos avanzados y en las empresas de menor tamaño, lo que sugiere una fuerte dependencia de condiciones estructurales como el dinamismo del ecosistema innovador o la capacidad para movilizar recursos financieros, tanto propios como externos.

De cara a la política pública, el impacto de las ayudas a la I+D+I empresarial podría maximizarse si se refuerzan aquellos instrumentos que pueden contribuir a sostener la innovación de proceso en pymes y regiones menos desarrolladas, tales como los orientados a facilitar el acceso a la financiación y a dinamizar los ecosistemas innovadores regionales y locales.

Por último, la ausencia de impacto en el registro de invenciones indica que, junto al apoyo a la innovación adaptativa, conviene reforzar instrumentos específicos para fomentar la innovación nueva para el mercado y su protección, como ayudas a proyectos de mayor riesgo tecnológico, medidas de estímulo a la colaboración entre ciencia y empresa, o servicios de asesoramiento en propiedad industrial.

¿Recibir ayudas públicas influyó en el comportamiento estratégico de las empresas industriales respecto a la innovación? ¿Se observan diferencias según el nivel de desarrollo regional? ¿Y según el tamaño de la empresa o la intensidad tecnológica del sector?

Las ayudas públicas a la I+D+I también generaron efectos significativos en el comportamiento estratégico de las empresas industriales innovadoras. Se han analizado tres dimensiones clave: apertura al conocimiento externo, colaboración con universidades y centros tecnológicos, y adopción de estructuras formales de gobernanza de la innovación.

- **Las empresas beneficiarias se abrieron más al conocimiento externo**, adoptando, en promedio, una estrategia adicional de adquisición de conocimiento externo respecto a un escenario sin ayuda. Este efecto fue más intenso en el corto plazo, pero se mantuvo más allá de la duración media de los proyectos.
- Poniendo el foco en una de las estrategias de apertura más fomentada por los programas públicos, **las ayudas activaron la colaboración con universidades y centros tecnológicos**, incrementando entre 26 y 29 puntos porcentuales la probabilidad de establecer este tipo de vínculos. Este efecto también se mantuvo en el tiempo, lo que sugiere que las ayudas no solo propiciaron colaboraciones puntuales, sino que indujeron cambios estratégicos duraderos en la relación de las empresas con el sistema científico y tecnológico.

- En relación con la gobernanza de la innovación, **las ayudas aumentaron la probabilidad de que las empresas adoptaran estructuras formales de gestión de la innovación** —como comités de dirección, planes estratégicos o sistemas de seguimiento de los resultados— entre 19 y 20 puntos porcentuales. Este cambio organizativo también persistió más allá del proyecto financiado, lo que indica un efecto estructural en la forma de gestionar la innovación.

Respecto a diferencias en los impactos según el desarrollo de los territorios y características estructurales de las empresas:

- **Los resultados sugieren, de forma orientativa, que las ayudas fueron especialmente efectivas en las regiones en transición y menos desarrollada, lo que indica que el apoyo público habría contribuido a reducir brechas territoriales en comportamiento innovador.**
- Las pymes mostraron una mayor sensibilidad a las ayudas en la adopción de estructuras de gobernanza y en la colaboración con universidades y centros tecnológicos, al partir de niveles más bajos en estas áreas. También se beneficiaron en la apertura al conocimiento externo, aunque el efecto fue algo mayor en las grandes empresas, posiblemente por su mayor capacidad de asumir los costes asociados a la apertura.

Sin embargo, el análisis muestra que las pymes experimentaron más barreras para sostener los cambios una vez finalizado el apoyo, lo que apunta a la necesidad de medidas adicionales para mantener su impulso en comportamiento estratégico innovador.

- El impacto fue más intenso en los sectores menos intensivos en tecnología, donde las ayudas permitieron superar barreras estructurales y activar comportamientos estratégicos en entornos donde la innovación no está plenamente consolidada.

En síntesis, los resultados del análisis confirman que recibir ayudas públicas influyó de manera significativa en el comportamiento estratégico de las empresas industriales innovadoras, reforzando su apertura al conocimiento externo, incrementando de forma sustancial la colaboración con universidades y centros tecnológicos y favoreciendo la adopción de estructuras formales de gobernanza de la innovación. Estos efectos, aunque más intensos en el corto plazo, se mantuvieron más allá de la finalización de los proyectos financiados y fueron especialmente relevantes en las regiones en transición y menos desarrollada, en las pymes y en los sectores de menor intensidad tecnológica, contribuyendo así a reducir desigualdades estructurales en el ecosistema innovador. No obstante, en el caso concreto de la apertura al conocimiento externo, aunque las pymes también se beneficiaron, el impacto fue algo mayor en las grandes empresas, posiblemente por su mayor capacidad de asumir el esfuerzo, en recursos económicos y humanos, asociado a la apertura. La sostenibilidad de los resultados una vez finalizados los proyectos financiados también fue menor entre las pymes.

De cara a la política pública, este hallazgo sugiere la conveniencia de fortalecer aquellos instrumentos que permiten a las pymes sostener y escalar su comportamiento estratégico en innovación más allá del periodo de financiación, tales como ayudas específicas para cubrir los costes asociados a la adquisición de conocimiento externo (licencias, contratación de personal especializado, servicios de asesoramiento), esquemas de apoyo prolongado que faciliten la transición a la autofinanciación, redes y plataformas de colaboración que reduzcan los costes de búsqueda y coordinación con socios, o programas de fortalecimiento organizativo orientados a consolidar capacidades internas de gestión de la innovación.

4.2. RECOMENDACIONES DE LA EVALUACIÓN

Como se señaló al principio del informe, esta evaluación tiene un propósito doble: rendir cuentas a la ciudadanía sobre los resultados alcanzados por las políticas de ayudas a la I+D+I empresarial, cofinanciadas en una parte sustancial con fondos europeos, y ofrecer a los decisores políticos evidencias que sirvan de apoyo en futuras programaciones de los fondos de la Política de Cohesión. En línea con estos propósitos, la principal recomendación emanada de los hallazgos de la evaluación es **continuar apoyando con el FEDER las actividades de I+D+I de las empresas industriales, dado el demostrado efecto de adicionalidad de las ayudas en recursos, resultados y comportamiento estratégico en innovación, y su contribución a la reducción de disparidades regionales.**

El carácter comprensivo de esta evaluación —que no ha puesto el foco en un programa concreto de ayudas, sino en el impacto conjunto de todas las ayudas públicas a la I+D+I empresarial concedidas por cualquier Administración— implica que no puedan formularse recomendaciones específicas para la mejora de un programa en particular. No obstante, de los hallazgos sí se derivan las siguientes **recomendaciones de política pública**:

- **Fortalecer la capacidad de atracción y retención de personal de I+D.** El carácter transitorio del efecto sobre el aumento en la proporción de plantilla dedicada a I+D, limitado a la duración del proyecto, y que además se concentró principalmente en grandes empresas y regiones más desarrolladas, evidencia la conveniencia de reforzar las medidas orientadas a la captación y retención de talento especializado en todos los territorios y tipos de empresa.
- **Sostener la innovación de proceso en las regiones con menor nivel de desarrollo y en las pymes.** La falta de sostenibilidad, e incluso la reversión, de los resultados en innovación de proceso, especialmente en los territorios menos avanzados y empresas de menor tamaño, sugiere una dependencia de condiciones estructurales tales como el ecosistema innovador y las capacidades para movilizar recursos financieros, tanto propios como externos. Por tanto, se aconseja el refuerzo de los instrumentos orientados a dinamizar los ecosistemas innovadores territoriales y a facilitar a las pymes el acceso a la financiación.
- **Impulsar la innovación nueva para el mercado y su protección.** Ante la ausencia de impacto en el registro de invenciones, se recomienda complementar el apoyo a la innovación adaptativa con el impulso de instrumentos específicos para fomentar innovaciones más disruptivas y su protección, como ayudas a proyectos de mayor riesgo tecnológico, medidas de estímulo a la colaboración ciencia-empresa o servicios de asesoramiento en propiedad industrial.
- **Consolidar el comportamiento estratégico en innovación en las pymes.** La menor sostenibilidad entre las pymes de los cambios en el comportamiento estratégico en innovación sugiere la conveniencia de fortalecer aquellos instrumentos que permiten a las empresas de menor tamaño sostener y escalar su comportamiento estratégico en innovación más allá del periodo de financiación, tales como ayudas específicas para cubrir los costes asociados a la adquisición de conocimiento externo (licencias, contratación de personal especializado, servicios de asesoramiento), esquemas de apoyo prolongado que faciliten la transición a la autofinanciación, redes y plataformas de colaboración que reduzcan los costes de búsqueda y

coordinación con socios, o programas de fortalecimiento organizativo orientados a consolidar capacidades internas de gestión de la innovación.

Asimismo, y en relación con las limitaciones de esta evaluación derivadas de los datos disponibles, se formulan las siguientes **recomendaciones relativas a los datos para futuros ejercicios evaluativos**:

- **Recuperar el Panel de Innovación Tecnológica del INE (PITEC).** Este panel, sin actualizar desde 2016, era el instrumento estadístico de referencia para el seguimiento y evaluación de las actividades de innovación de las empresas españolas. Al estar elaborado con los datos anonimizados de una muestra representativa de empresas participantes en la Encuesta sobre Innovación en las Empresas del INE, recogía información muy relevante, abarcando empresas de todos los sectores y con una adecuada representatividad territorial de empresas receptoras de ayudas para I+D+I.
- **Clarificar y ampliar la información sobre I+D+I de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales de la Fundación SEPI (ESEE).** Aunque la ESEE proporciona información valiosa, no es una encuesta específica de I+D+I. Algunas preguntas podrían clarificarse para asegurar una interpretación homogénea por parte de las empresas encuestadas; esto aplica especialmente a las referentes a la recepción de ayudas públicas para actividades innovadoras distintas a la I+D y las relativas al registro de títulos de propiedad industrial. Adicionalmente, se podría trabajar con la Fundación SEPI para recopilar nueva información relevante —tal como el gasto en actividades innovadoras distintas a la I+D, la participación en contrataciones relacionadas con Compra Pública Innovadora, la colaboración con otros centros de investigación distintos de universidades y centros tecnológicos, o indicadores que permitan evaluar el principio de igualdad entre mujeres y hombres y no discriminación—, así como para ampliar la cobertura de empresas receptoras de ayudas para I+D+I en regiones en transición y menos desarrolladas.

Por último, dado que la presente evaluación se ha focalizado en las empresas industriales españolas, **se recomienda que en el próximo periodo de programación se evalúe el impacto de las ayudas sobre las empresas del sector servicios** que, según los últimos datos publicados por el INE, concentraron el 55,8 % del gasto en actividades innovadoras en el año 2022 y el 24,1 % de las empresas innovadoras en el periodo 2020-2022.

5. REFERENCIAS

- [1] **OECD y Eurostat.** Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation (4th ed.). s.l.: OECD Publishing, 2018.
- [2] **Comisión Europea.** Comunicación de la Comisión — Marco sobre ayudas estatales de investigación y desarrollo e innovación. Diario Oficial de la Unión Europea. 2022. Vol. C 414, págs. 1-38.
- [3] Money for nothing: How firms have financed R&D-projects since the Industrial Revolution. **Bakker, G.** 2013, *Research Policy*, Vol. 42 (10), págs. 1793-1814.
- [4] Difference-in-Differences Estimators of Intertemporal Treatment Effects. **de Chaisemartin, C., D'Haultfœuille, X.** 2024, *Review of Economics and Statistics*.
- [5] Difference-in-Differences with Variation in Treatment Timing. **Goodman-Bacon, A.** 2021, *Journal of Econometrics*, Vol. 225 (2), págs. 254–277.
- [6] Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. **Sun, L., Abraham, S.** 2021, *Journal of Econometrics*, Vol. 225 (2), págs. 175–199.
- [7] Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects. **de Chaisemartin, C., D'Haultfœuille, X.** 2020, *American Economic Review*, Vol. 110 (9), págs. 2964–2996.
- [8] The effectiveness of R&D subsidies: A meta-regression analysis of the evaluation literature. **Dimos, C., Pugh, G.** 2016, *Research Policy*, Vol. 45 (4), págs. 797-815.
- [9] DIDmultiplertDYN: Estimation in Difference-in-Difference Designs with Multiple Groups and Periods. R package version 2.1.2. **Ciccía D., Knau F, Malezieux M., Sow D., de Chaisemartin C.** 2025.
- [10] A more credible approach to parallel trends. **Rambachan, A., Roth, J.** 2023, *The Review of Economic Studies*, Vol. 90 (5), págs. 2555–2591.
- [11] Subsidies or loans? Evaluating the impact of R&D support programmes. **Huergo, E., Moreno, L.** 2017, *Research Policy*, Vol. 46 (7), págs. 1198-1214.
- [12] Do public subsidies stimulate private R&D spending? **González, X., Pazó, C.** 2008, *Research Policy*, Vol. 37 (3), págs. 371-389.
- [13] Confounding and regression adjustment in difference-in-differences studies. **Zeldow, B., Hatfield, L. A.** 2021, *Health Services Research*, Vol. 56 (5), págs. 932–941.
- [14] Open innovation practices in SMEs and large enterprises. **Spithoven, A., Vanhaverbeke, W., Roijakkers, N.** 2013, *Small business economics*, Vol. 41, págs. 537-562.
- [15] The effectiveness of R&D subsidies in fostering firm innovation: The role of knowledge sourcing activities. **Afcha, S., Lucena, A.** 2021, *Business Research Quarterly*, Vol. 24 (4), págs. 302-323.
- [16] Robot adoption and product innovation. **Antonioli, D., Marzucchi, A., Rentocchini, F., Vannuccini, S.** 2024, *Research Policy*, Vol. 53 (6).

- [17] Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. **Cohen, W.M., Levinthal, D.A.** 1990, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35 (1), págs. 128–152.
- [18] Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation? **Laursen, K., Salter, A.** 2004, *Research Policy*, Vol. 33 (8), págs. 1201-1215.
- [19] Absorptive capacity, exporting activities, innovation openness and innovation performance: A SEM approach towards a unifying framework. **Gkypali, A., Arvanitis, S., Tsekouras, K.** 2018, Vol. 132, *Technological Forecasting and Social Change*, págs. 143–155.
- [20] The role of technological management as a source of innovation: Evidence from Spanish manufacturing firms. **Huergo, E.** 2006, *Research Policy*, Vol. 35 (9), págs. 1377-1388.
- [21] Las empresas españolas que patentan en la Oficina Europea: características comparadas con las no solicitantes. **Barajas, A., Huergo, E., Martín, L.** 2011, *Economía Industrial*, Vol. 381, págs. 165–174.

Anexo



1. EL MARCO METODOLÓGICO

La técnica cuasiexperimental de diferencias en diferencias (habitualmente abreviada por sus siglas en inglés, DiD, de *difference-in-differences*) es uno de los diseños de investigación más empleados para estimar el efecto que una determinada intervención pública –en nuestro caso, la concesión de ayudas a empresas para actividades de I+D+I– tiene sobre un determinado resultado de interés, por ejemplo, la inversión en I+D. La principal razón de que esté tan extendido su uso es que permite controlar por variables no observadas constantes en el tiempo que podrían sesgar la estimación del efecto del tratamiento. La versión clásica de DiD involucra dos periodos y dos grupos: el grupo no tratado estaría constituido por empresas que nunca reciben ayuda pública para actividades de I+D+I y, el grupo tratado, por empresas que no reciben ayuda en el primer periodo, pero sí en el segundo. Si se cumple el supuesto de que, en ausencia de ayuda, las evoluciones de la inversión en I+D promedio de cada grupo hubieran seguido tendencias paralelas, se puede estimar el efecto promedio de recibir ayuda pública para las empresas beneficiarias (*Average Treatment effect for the Treated, ATT*) restando al cambio promedio en la inversión en I+D experimentado por las empresas beneficiarias el cambio promedio en la inversión experimentado por las empresas no beneficiarias.

Sin embargo, los datos de los que se dispone para la presente evaluación no se corresponden con los del diseño clásico: hay más de dos periodos de tiempo y las empresas tratadas no reciben la ayuda al mismo tiempo. La metodología más extendida en este caso es intentar estimar el efecto del tratamiento mediante una regresión lineal de efectos fijos bidireccionales (*Two-Way Fixed Effects, TWFE*). Pero hay una serie de artículos metodológicos recientes que han documentado que, en presencia de tratamientos escalonados o cuando es necesario controlar por covariables para aumentar la credibilidad en el supuesto de tendencias paralelas, el estimador de efectos fijos bidireccionales no es robusto a efectos heterogéneos entre las unidades tratadas y/o a lo largo del tiempo y puede realizar comparaciones inadecuadas, generando sesgos en la estimación ([5], [6], [7]).

Para superar esta limitación, **en esta evaluación se emplean los estimadores de diferencias en diferencias propuestos por de Chaisemartin y D’Haultfœuille [4]** (en adelante DCDH), implementados con la función `did_multipligt_dyn` del paquete de R `DIDmultipligtDYN` [9]. Estos estimadores son muy flexibles en cuanto a los diseños de tratamiento a los que se pueden aplicar y se adaptan bien al caso que nos ocupa, en el que el tratamiento o recepción de ayuda pública para actividades de I+D+I, es:

- Binario: se recibe o no ayuda pública en un determinado periodo.
- Escalonado: las empresas reciben la ayuda en periodos distintos.
- No absorbente: las empresas pueden recibir ayuda algunos años y otros no.
- Con efectos dinámicos: los efectos no se limitan al periodo en el que se recibe la ayuda, sino que pueden surgir con posterioridad y acumularse a los efectos de otras ayudas concedidas antes o después.

Los estimadores de DCDH están diseñados para estimar efectos causales usando datos de panel, es decir, información de G grupos observados durante T periodos, indexados respectivamente por g y t . En los contextos habituales los grupos suelen ser entidades geográficas (por ejemplo,

países o regiones), pero también pueden ser individuos o empresas, como sucede en el presente caso.

Adaptando la notación de DCDH al contexto de esta evaluación, se tiene que $Y_{g,t}$ es el resultado de interés (por ejemplo, la inversión en I+D) para la empresa g en el periodo t , mientras que $D_{g,t}$ indica si la empresa g recibe ayuda en ese periodo. Dado el carácter dinámico de los efectos, el resultado $Y_{g,t}$ puede verse afectado no sólo por la ayuda recibida en t , sino también por las ayudas recibidas en periodos anteriores.

Formalmente, sea $Y_{g,t}(d_1, \dots, d_t)$ el resultado potencial de la empresa g en t , dado un vector de tratamientos (d_1, \dots, d_t) que representa la secuencia de ayudas recibidas desde el periodo 1 hasta t . Sea F_g el primer periodo en que la empresa g cambia su estado de tratamiento (pasa de no recibir ayuda a recibirla o viceversa), y sea ℓ el número de periodos transcurridos desde este primer cambio. El efecto del tratamiento para la empresa g en el periodo $F_g - 1 + \ell$ se define entonces como:

$$\delta_{g,\ell} = E(Y_{g,F_g-1+\ell} - Y_{g,F_g-1+\ell}(D_{g,1}, \dots, D_{g,1}))$$

Es decir, $\delta_{g,\ell}$ mide la diferencia esperada entre el resultado real de la empresa g en $F_g - 1 + \ell$ y el resultado contrafactual "status quo" que habría obtenido si su estado de tratamiento se hubiese mantenido constante en el valor del periodo 1.

Para estimar $\delta_{g,\ell}$, DCDH proponen un estimador $DID_{g,\ell}$ que compara la evolución del resultado entre $F_g - 1$ y $F_g - 1 + \ell$ de la empresa g (denominada "switcher") frente a la evolución del resultado para empresas cuyo estado de tratamiento aún no ha cambiado en $F_g - 1 + \ell$ y que compartían con g el mismo estado de tratamiento en el periodo 1 (estas empresas se denominan "non-switchers"). Posteriormente, estos estimadores individuales $DID_{g,\ell}$ se agregan, imponiendo ciertas restricciones que evitan la aparición de pesos negativos en la combinación de efectos individuales. El resultado es un estimador agregado DID_ℓ , que mide el efecto promedio de haber estado expuesto a una dosis débilmente mayor de ayuda durante ℓ periodos.

Dado que la interpretación de los estimadores DID_ℓ puede ser compleja en contextos dinámicos, DCDH proponen varias estrategias para lograr estimaciones más interpretables. En esta evaluación se adoptan las siguientes:

- Normalización del efecto: Se normalizan los estimadores DID_ℓ por el promedio de $\sum_{k=1}^{\ell} |D_{g,F_g-1+k} - D_{g,1}|$, es decir, por el promedio de los incrementos totales del tratamiento desde F_g hasta $F_g - 1 + \ell$ que generan $\delta_{g,\ell}$. El estimador resultante DID_ℓ^n tiene la propiedad de ser insesgado para una media ponderada del efecto en el periodo ℓ de la ayuda recibida en ℓ y de todas las ayudas recibidas previamente.
- Efecto acumulado promedio por unidad de tratamiento (ATE, *Average cumulative Treatment Effect*): Este efecto se calcula realizando una suma ponderada de los estimadores DID_ℓ para los periodos ℓ considerados. El parámetro obtenido representa el efecto promedio total por ayuda pública recibida, acumulando tanto el efecto en el periodo en que se recibe la ayuda como los efectos en periodos posteriores. Por ejemplo, un efecto promedio sobre la probabilidad de innovar en producto de 0,073 acumulado a lo largo de 3,4 años indica que, en promedio, cada vez que una empresa recibe ayuda pública, su probabilidad total de innovar en producto aumenta en 7,3 puntos porcentuales. Este efecto total se distribuye en un horizonte temporal promedio de casi tres años y medio, lo que implica que los beneficios

derivados de la ayuda pública no se concentran únicamente en el periodo inicial, sino que se mantienen y acumulan durante varios años posteriores a su recepción.

El número medio de períodos durante los cuales se acumula el efecto del tratamiento depende de cuántos efectos se han estimado con la función `did_multplegt_dyn`. En consecuencia, tanto la magnitud como la significancia estadística del ATE pueden verse afectadas por el número de efectos estimados. Un mayor número de efectos permite capturar impactos más prolongados, pero también puede reducir la precisión estadística si disminuye el número de observaciones disponibles para cada retardo.

Para asegurar la validez causal de los efectos estimados con los estimadores de DCDH, se deben cumplir dos supuestos clave:

- 1. Tendencias paralelas generalizadas:** Las empresas que tienen el mismo estado de tratamiento en el periodo inicial deben experimentar la misma evolución en el resultado de interés en ausencia de cambios de tratamiento.
- 2. No anticipación:** el resultado que tiene la empresa no puede verse afectado por prever que recibirá ayudas futuras.

DCDH ofrecen estimadores adaptados a contextos en los que es conveniente controlar por covariables para aumentar la credibilidad en el cumplimiento de los supuestos anteriores. Asimismo, **para evaluar la plausibilidad de estos supuestos clave, proponen estimadores placebo** que comparan la evolución previa del resultado entre empresas "*switchers*" y "*non-switchers*" con el mismo estado inicial de tratamiento, antes de que las primeras modifiquen dicho estado. Por ejemplo, un estimador placebo para $\ell = 2$ compara la evolución del resultado de estos grupos en los dos periodos anteriores al primer cambio de tratamiento. Si este estimador placebo resulta estadísticamente significativo, esto indicaría que se violan los supuestos de tendencias paralelas o ausencia de anticipación, poniendo en duda la validez causal de la estimación del efecto para $\ell = 2$.

En cualquier caso, hay que señalar que las pruebas placebo pueden tener potencia limitada o no detectar ciertas formas de violaciones a los supuestos. Por esto, resulta útil complementar el análisis con ejercicios de sensibilidad, como los propuestos por Rambachan y Roth [10], cuya metodología permite evaluar la robustez de las estimaciones ante posibles desviaciones del supuesto de tendencias paralelas. Esta aproximación se basa en imponer restricciones plausibles sobre la magnitud y la forma de las posibles violaciones, lo que permite construir intervalos de confianza válidos incluso cuando dichas violaciones están presentes. De esta forma, el análisis de sensibilidad ofrece una herramienta formal para cuantificar cuán distintas tendrían que ser las tendencias contrafactuales para revertir los resultados principales, reforzando así la credibilidad de las conclusiones causales.

Por último, hay que señalar que **la naturaleza dinámica de los efectos introduce un problema de sensibilidad a las condiciones iniciales**, pues se desconoce si las empresas presentes en el primer año del panel habían recibido ayudas en periodos anteriores. Para abordar esta posible influencia de ayudas recibidas antes del primer periodo disponible del panel, DCDH proponen el supuesto de que el tratamiento recibido más de k periodos atrás no afecta al resultado actual. Bajo este supuesto, es posible aplicar sus estimadores sobre un panel restringido que excluye

los primeros k periodos y conserva únicamente las empresas que mantienen el mismo estado de tratamiento entre el primer periodo disponible y $k + 1$.

2. LOS DATOS

Como se ha señalado en el cuerpo del informe, el Panel de Innovación Tecnológica del INE, conocido como PITEC, abarca el periodo 2003-2016; desde entonces, el INE interrumpió su actualización. Se elaboraba a partir de la Encuesta sobre Innovación en las Empresas y había venido siendo el panel de referencia para la evaluación de las políticas españolas de I+D+I empresarial.

Como alternativa al PITEC, para la presente evaluación se han utilizado datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) de la Fundación SEPI, un panel longitudinal que desde 1990 recopila información detallada sobre una muestra representativa de empresas del sector manufacturero español. Se dirige a empresas con 10 o más trabajadores cuya actividad está encuadrada en las divisiones 10 a 32 de la clasificación CNAE-2009 (excluyendo la 19, correspondiente a refino de petróleo). Su ámbito geográfico es nacional y los datos recogidos tienen periodicidad anual, aunque algunas variables solo se recopilan cuatrienalmente. La muestra se selecciona del directorio de cuentas de cotización de la Seguridad Social, combinando exhaustividad (para empresas de más de 200 empleados) y muestreo estratificado aleatorio (para empresas de 10 a 200 trabajadores), en función de la actividad y el tamaño. La ESEE está diseñada para ser representativa de la población objetivo y para generar datos de panel, lo que permite seguir a las mismas empresas a lo largo del tiempo. Para mantener esta representatividad, el diseño incorpora medidas que reducen la pérdida de participantes y actualiza la muestra anualmente con nuevos casos seleccionados con los mismos criterios que en su inicio. La muestra viva media durante el periodo de análisis está en torno a 1.800 empresas industriales manufactureras al año.

La principal limitación de la ESEE respecto al PITEC es su cobertura sectorial, puesto que este incluía empresas de todos los sectores. Por tanto, los resultados de la evaluación se circunscriben a las empresas manufactureras españolas. No obstante, como refleja la **Tabla 1**, en el periodo 2014-2020, las empresas industriales que constituyen la población de referencia de la ESEE representaron cerca del 35 % de todas las empresas innovadoras españolas y ejecutaron más del 44 % del gasto empresarial en I+D+I –más del 48 % en la partida específica de I+D–, por lo que los resultados tienen una elevada relevancia.

Otra limitación importante de la ESEE frente al PITEC es que, al no tratarse de una encuesta específicamente orientada a la I+D+I, tiene una menor cobertura de empresas receptoras de ayudas públicas en este ámbito. En cambio, la Encuesta sobre Innovación en las Empresas de la que se nutría el PITEC incluye en el universo de estudio un directorio de empresas potencialmente investigadoras. Este directorio se actualiza anualmente a partir de datos proporcionados por organismos de la Administración General del Estado y de todas las comunidades autónomas, que informan sobre las entidades que han solicitado financiación pública para realizar actividades de I+D en el año de referencia.

Tabla 1. Peso de las empresas industriales en el conjunto de la I+D+I empresarial en España (2014–2020)

Empresas industriales españolas (divisiones 10 a 32 CNAE-2009, excluyendo la 19)			
Periodo	% del total de empresas innovadoras españolas	% del total del gasto empresarial en I+D+I	% del total del gasto empresarial en I+D
2014	35,83%	45,23%	48,11%
2015	36,19%	43,86%	46,87%
2016	36,19%	45,36%	49,57%
2017	35,95%	47,58%	49,01%
2018	34,32%	45,00%	49,20%
2019	30,34%	42,89%	49,45%
2020	33,43%	40,87%	46,15%
2014-2020	34,61%	44,40%	48,34%

Notas: La tabla recoge el peso relativo de las empresas industriales que constituyen la población de referencia de la ESEE (divisiones 10 a 32 de la CNAE-2009, excluyendo la división 19, correspondiente a refino de petróleo y tratamiento de combustibles) sobre el total de empresas innovadoras y sobre el gasto empresarial en I+D+I e I+D en España, para el periodo 2014–2020. Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE (Encuesta sobre Innovación en las empresas).

La muestra de la ESEE sobre la que se ha realizado el análisis tiene las siguientes características:

- El periodo a analizar es, en principio, 2014-2023. Esto es debido a que en el periodo de programación 2014-2020 rigió en los fondos de la Política de Cohesión la denominada “regla N+3”, en virtud de la cual el presupuesto programado en cada anualidad podía ejecutarse durante los tres años posteriores. Sin embargo, en el momento en que se solicitaron a la Fundación SEPI los datos necesarios para la presente evaluación, el último año disponible era 2021. El panel 2014-2021 de la ESEE consta de 13.365 observaciones de 3.815 empresas.
- La muestra se ha restringido a empresas con actividades innovadoras.⁸ Esta decisión responde a dos motivos principales. En primer lugar, desde el punto de vista teórico, tiene sentido evaluar el impacto de las ayudas a la I+D+I sobre empresas que se encuentran efectivamente en el ámbito de aplicación de la política pública, es decir, aquellas con una propensión estructural a innovar. Incluir empresas no innovadoras podría distorsionar los efectos estimados al incorporar empresas con escasa o nula capacidad de participar o responder al tratamiento. En segundo lugar, en términos metodológicos la restricción contribuye a mejorar la validez del supuesto de tendencias paralelas, ya que reduce la heterogeneidad estructural entre las empresas comparadas. El panel 2014-2021 de empresas innovadoras consta de 9.739 observaciones de 3.495 empresas.
- Para abordar el problema de la sensibilidad a las condiciones iniciales, esto es, la posible influencia de ayudas recibidas antes de 2014, se ha optado por suponer que las ayudas re-

⁸ La ESEE permite identificar las empresas con gasto en I+D; con respecto a otras actividades innovadoras, incluye una variable que indica si una empresa realiza actividades complementarias de I+D. El problema es que esta variable tiene un elevado número de valores perdidos (10.813 valores perdidos en las 13.365 observaciones), por lo que, para identificar las empresas con actividades innovadoras, se ha empleado una combinación de variables, calificándose como innovadora si en algún año del periodo pre tratamiento tiene un valor positivo en alguna de las siguientes: gasto positivo en I+D, obtención de innovación de producto, obtención de innovación de proceso, adquisición de bienes de equipo para la mejora de productos, aplicación de deducciones por innovación tecnológica en el impuesto de sociedades del año.

cibidas más de cuatro años atrás no afectan al resultado actual, pues los impactos más relevantes sobre inversión, empleo o desempeño innovador suelen concentrarse en los años inmediatamente posteriores a la concesión de la ayuda. Fijar el valor $k = 4$ permite mitigar el sesgo derivado de tratamientos no observados en los primeros años del panel, sin reducir de forma excesiva el tamaño de la muestra efectiva utilizada para la estimación, ofreciendo así un equilibrio razonable entre validez causal y eficiencia estadística.

Por tanto, se ha partido del panel de empresas innovadoras de los años 2010-2021 y, siguiendo las indicaciones de DCDH, se ha construido un panel restringido que conserva únicamente las empresas que mantienen el mismo estado de tratamiento entre 2010 y 2014 (o no reciben ningún año ayuda o reciben ayuda todos los años) y que excluye los primeros cuatro periodos. **Dicho panel restringido 2014-2021 de empresas innovadoras consta de 9.284 observaciones de 2.507 empresas, de las cuales 479 han recibido ayuda pública para I+D+I en al menos una de las anualidades del periodo.**

- El tiempo medio que una empresa permanece en el panel restringido 2014-2021 de empresas innovadoras es de 3,7 años.

3. LAS VARIABLES: DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DESCRIPTIVO

A continuación, se definen brevemente las variables empleadas en el análisis:

- **Variable de tratamiento:**

*Recepción de ayudas públicas para I+D+I:*⁹ Variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, obtuvo recursos financieros públicos para I+D+I, de cualquier origen: estatal, regional o de otras instituciones.

- **Variables de resultado:**

*Gasto privado en I+D:*¹⁰ variable continua, medida en miles de euros, obtenida restando la ayuda pública recibida por la empresa en el año considerado de los gastos internos y externos en I+D. Se ha deflactado utilizando el Índice de Precios Industriales con base 2021 publicado por el INE.

Indicador de gasto privado en I+D: variable binaria que toma valor 1 si la empresa realizó *Gasto privado en I+D* en el año considerado.

Esfuerzo privado en I+D: variable continua que refleja el porcentaje del *Gasto privado en I+D* respecto al total de ventas anuales de la empresa.

Empleo total relativo en I+D: variable continua definida como el tanto por mil que representa en el año considerado el personal dedicado a actividades de I+D sobre el total de personal

⁹ Véase el apartado 4.1 de este Anexo para una explicación detallada sobre la construcción de esta variable.

¹⁰ En la construcción de la variable *Gasto privado en I+D* se han recodificado como valores perdidos (NA) 307 observaciones correspondientes a 209 empresas que presentaban valores negativos en la variable; es decir, casos en los que la cuantía de la ayuda pública declarada superaba el gasto total en I+D. Esta situación puede interpretarse, bien como proyectos fallidos, bien como el resultado de anomalías en la declaración de la ayuda recibida, al imputarse en un solo año el monto total de una ayuda concedida para varios ejercicios.

de la empresa, calculado como la suma del personal no asalariado, el personal asalariado fijo a tiempo completo, la mitad del asalariado fijo a tiempo parcial y el personal asalariado eventual. Desde 2016 se recopila anualmente; con anterioridad se recopilaba cada cuatro años.

Cambio interanual en la proporción de personal dedicado a tareas de I+D: variable categórica que refleja el sentido del cambio en el *Empleo total relativo en I+D* respecto al año anterior. Toma valor 1 si la proporción aumenta, 0 si permanece constante, -1 si disminuye. Solo tiene valores válidos para el análisis desde 2016, año a partir del cual *Empleo total relativo en I+D* se recopila anualmente.

Innovación de producto: variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, introdujo al menos una innovación de producto, entendida como un producto nuevo para el mercado o para la empresa, o con modificaciones tan importantes que lo hacen diferente de los que venía produciendo con anterioridad.

Número de innovaciones de producto: variable discreta que refleja el número de innovaciones de producto introducidas por la empresa en el año considerado.

Innovación de proceso: variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, obtuvo al menos una innovación de proceso, entendida como una modificación sustancial en los procesos de producción y/o distribución, tal como la introducción de nuevas técnicas o métodos, nuevas maquinarias o equipos, o nuevos programas informáticos vinculados a procesos industriales.

Registro de patentes en España: variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, registró al menos una patente con ámbito de validez nacional.

Número de patentes registradas en España: variable discreta que refleja el número de patentes registradas por la empresa en el año considerado con ámbito de validez nacional.

Registro de patentes en el extranjero: variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, registró al menos una patente con validez fuera de España.

Número de patentes registradas en el extranjero: variable discreta que refleja el número de patentes registradas por la empresa en el año considerado con validez fuera de España.

Registro de modelos de utilidad: variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, registró al menos un modelo de utilidad en la Oficina Española de Patentes y Marcas.

Número de modelos de utilidad registrados: variable discreta que refleja el número de modelos de utilidad registrados por la empresa en el año considerado.

Registro de invenciones: variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, registró al menos una patente en España o en el extranjero o un modelo de utilidad.

Número de invenciones registradas: variable discreta que refleja, para la empresa y año considerados, la suma de registros de patentes en España, en el extranjero y de modelos de utilidad.

Apertura a fuentes externas de conocimiento: variable de conteo que refleja la diversidad de canales externos de adquisición de conocimiento utilizados por la empresa en el año considerado, siendo un proxy de su capacidad de absorción externa y de su nivel de integración en redes de innovación. Toma valores de 0 a 10, en función del número de estrategias implementadas entre las siguientes:

- Colaboración con universidades y centros tecnológicos.
- Colaboración con proveedores.
- Colaboración con clientes.
- Colaboración con competidores.
- Participación en asociaciones temporales o consorcios de innovación.
- Participación en el capital de *startups* o empresas emergentes.
- Subcontratación de actividades de I+D.
- Adquisición de licencias para explotar tecnologías de terceros.
- Contratación de personal altamente cualificado en I+D.
- Utilización de asesores externos para informarse sobre tecnologías.

La variable así construida tiene una consistencia interna adecuada (alfa de Cronbach = 0,78).

Colaboración con universidades y/o centros tecnológicos: variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, colaboró con universidades y/o centros tecnológicos.

Gobernanza de la innovación: variable binaria que toma valor 1 si la empresa, en el año considerado, declara la existencia de al menos una de las siguientes estructuras formales de gobernanza de la innovación: comité específico para temas tecnológicos o de innovación; plan formal de actividades de innovación; indicadores de seguimiento de resultados de la innovación.

- **Variables de control:**

Capital extranjero: variable binaria que toma valor 1 si, en el año considerado, participa capital extranjero en el capital de la empresa.

Categoría de región: variable categórica cuyos niveles corresponden a la clasificación que la Política de Cohesión otorgó en el periodo de programación 2014-2020 a la región en la que la empresa tiene su establecimiento principal:

- Regiones más desarrolladas (PIB per cápita superior al 100% de la media de la UE): Aragón, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Ceuta, Comunidad de Madrid, Comunidad Valenciana, Galicia, Islas Baleares, Comunidad Foral de Navarra, País Vasco y Principado de Asturias.
- Regiones en transición (PIB per cápita entre el 75% y el 100% de la media de la UE): Andalucía, Castilla-La Mancha, Islas Canarias, Melilla y Región de Murcia.
- Región menos desarrollada (PIB per cápita inferior al 75% de la media de la UE): Extremadura.

La muestra correspondiente a la categoría de regiones menos desarrolladas —compuesta únicamente por Extremadura— es muy reducida, por lo que, para los análisis, se ha agrupado con las regiones en transición. Aun así, en esta categoría agregada el número de empresas tratadas asciende a solo 75, frente a 404 en las regiones más desarrolladas. El tamaño

muestral limitado de las regiones en transición y menos desarrollada ha restringido la potencia estadística de los análisis de heterogeneidad por nivel de desarrollo regional.

Coste de la deuda mayor que la media del sector: variable binaria que toma valor 1 si, en el año considerado, el coste medio en que ha incurrido la empresa al obtener los fondos ajenos consignados en el Balance de entidades de crédito con un plazo superior al año es mayor que el coste medio en su Sector.

Cuota de mercado superior al 10%: variable binaria que toma valor 1 si, en el año considerado, la suma ponderada de las cuotas de mercado de la empresa en los mercados de venta de sus productos es mayor al 10%.

Edad empresarial: variable categórica ordinal que clasifica a las empresas en tres grupos según su antigüedad relativa dentro de cada año del panel.

Empresa exportadora: variable binaria que toma valor 1 si, en el año considerado, la empresa declara un valor de las exportaciones mayor que 0.

Mercado atomizado: variable binaria que toma valor 1 si, en el año considerado, la empresa opera en un mercado con más de 25 competidores.

Nivel tecnológico del sector: Variable categórica con dos niveles: alto y medio-alto; bajo y medio-bajo. Las categorías 9 y 14 a 18 de la variable *Sector* se clasifican con nivel tecnológico alto y medio-alto; el resto se clasifican con nivel tecnológico bajo y medio-bajo.

Sector: variable categórica que representa el sector manufacturero al que pertenece la empresa, resultado de agregar los códigos de 3 dígitos de la clasificación CNAE-2009:

1. Industria cárnica
2. Productos alimenticios y tabaco
3. Bebidas
4. Textiles y confección
5. Cuero y calzado
6. Industria de la madera
7. Industria del papel
8. Artes gráficas
9. Industria química y productos farmacéuticos
10. Productos de caucho y plástico
11. Productos minerales no metálicos
12. Metales férreos y no férreos
13. Productos metálicos
14. Máquinas agrícolas e industriales
15. Productos informáticos, electrónicos y ópticos
16. Maquinaria y material eléctrico
17. Vehículos de motor
18. Otro material de transporte
19. Industria del mueble
20. Otras industrias manufactureras

Tamaño empresarial: variable categórica que clasifica a las empresas según su número de empleos. Dependiendo del análisis, se define en tres niveles (pequeña: ≤ 50 empleos; mediana: ≤ 250 ; grande: > 250) o en dos niveles (pyme: ≤ 200 empleos; grande: > 200).

La **Tabla 2** presenta estadísticos descriptivos de las variables anteriores diferenciando entre el total de observaciones y los grupos de empresas tratadas y no tratadas.

En las variables continuas se observa una marcada dispersión: el gasto privado en I+D, el número de innovaciones y las patentes presentan desviaciones estándar muy superiores a la media, así como valores máximos extremadamente elevados (por ejemplo, hasta 366,4 millones de euros en gasto privado en I+D o 980 innovaciones de producto). Estos resultados apuntan a distribuciones fuertemente asimétricas y a la presencia de valores atípicos, que han sido revisados y, en la mayoría de los casos, considerados plausibles dentro del contexto sectorial.¹¹

En las variables binarias también se aprecia una elevada variabilidad, puesto que las desviaciones estándar se acercan a 0,5 en muchos casos. Esto refleja la fuerte heterogeneidad entre empresas en cuanto a comportamientos innovadores, características estructurales y condiciones de mercado. La dispersión es especialmente notable en indicadores de innovación, como la introducción de innovaciones de producto o proceso, las colaboraciones con universidades y centros tecnológicos, y la gobernanza de la innovación, donde el grupo de empresas tratadas alcanza medias significativamente más altas que el de no tratadas.

En conjunto, los resultados muestran que las empresas tratadas no solo presentan valores medios más elevados en las variables clave de innovación, sino que también concentran una mayor heterogeneidad interna, reflejando que los programas de apoyo alcanzan a un conjunto de empresas con perfiles muy diversos.

¹¹ Se realizó una exploración sistemática de los valores atípicos de la base de datos, entendidos como aquellos que no se ajustaban a la estructura temporal de la empresa ni a la distribución global del conjunto de observaciones.

- En un número reducido de casos, principalmente en variables relacionadas con patentes, los registros no pudieron validarse ni corregirse de forma fiable; en consecuencia, se imputaron como valores perdidos para preservar la calidad del análisis.
- Los valores extremos en inversión privada en I+D se mantuvieron tras comprobar su coherencia tanto con otras variables en el mismo año como con la evolución temporal de cada empresa; aunque estadísticamente atípicos, reflejan comportamientos plausibles en el contexto sectorial y empresarial.
- Se observó, además, que algunas empresas de los sectores de “Textiles y confección” y “Cuero y calzado” declaran un número inusualmente elevado de innovaciones de producto. Estos valores, aunque situados fuera del rango habitual, se mantuvieron en el análisis al considerar que pueden reflejar dinámicas sectoriales específicas, como la alta rotación de diseños o productos.

En definitiva, la gestión de los valores atípicos se ha basado en una revisión caso por caso, distinguiendo entre errores de registro y observaciones válidas pero extremas, y actuando en consecuencia para garantizar la solidez del análisis.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables del análisis, diferenciando entre el total de observaciones y los grupos de empresas tratadas y no tratadas

	Todas las observaciones (N = 9.284)					Observaciones tratadas (N = 1.079)					Observaciones no tratadas (N = 8.205)				
	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Mediana
Gasto privado en I+D (1/0)	0,34	0,47	0	1	0	0,98	0,14	0	1	1	0,27	0,44	0	1	0
Gasto privado en I+D (miles €)	764,4	8.711,9	0	366.405,8	0	5.524,6	26.140,1	0	366.405,8	434,2	227,8	2.158,1	0	113.978,9	0
Esfuerzo privado en I+D	0,84	3,29	0	91,50	0	2,84	4,64	0	58,90	1,10	0,62	3,01	0	91,50	0
Cambio proporción personal I+D: Disminuye (1/0)	0,09	0,29	0	1	0	0,22	0,41	0	1	0	0,08	0,26	0	1	0
Cambio proporción personal I+D: Constante (1/0)	0,52	0,50	0	1	1	0,16	0,37	0	1	0	0,56	0,50	0	1	1
Cambio proporción personal I+D: Aumenta (1/0)	0,09	0,29	0	1	0	0,23	0,42	0	1	0	0,07	0,26	0	1	0
Innovación de producto (1/0)	0,14	0,35	0	1	0	0,37	0,48	0	1	0	0,11	0,31	0	1	0
Nº innovaciones producto	1,80	25,31	0	980	0	3,11	22,00	0	482	0	1,63	25,70	0	980	0
Innovación de proceso (1/0)	0,44	0,50	0	1	0	0,64	0,48	0	1	1	0,42	0,49	0	1	0
Patentes nacionales (1/0)	0,03	0,18	0	1	0	0,11	0,31	0	1	0	0,02	0,15	0	1	0
Nº patentes nacionales	0,10	1,62	0	100	0	0,22	1,15	0	28	0	0,09	1,67	0	100	0
Patentes extranjeras (1/0)	0,03	0,16	0	1	0	0,09	0,29	0	1	0	0,02	0,14	0	1	0
Nº patentes extranjeras	0,21	5,27	0	381	0	1,17	15,05	0	381	0	0,08	1,27	0	62	0
Modelos de utilidad (1/0)	0,01	0,12	0	1	0	0,04	0,19	0	1	0	0,01	0,11	0	1	0
Nº modelos utilidad	0,04	0,53	0	34	0	0,09	0,68	0	16	0	0,03	0,51	0	34	0
Patentes (1/0)	0,04	0,20	0	1	0	0,13	0,34	0	1	0	0,03	0,17	0	1	0
Protección de invenciones (1/0)	0,05	0,21	0	1	0	0,15	0,36	0	1	0	0,04	0,18	0	1	0
Apertura a fuentes externas de conocimiento	1,19	1,79	0	10	0	3,95	2,00	0	10	4	0,82	1,40	0	9	0
Colab. universidades y/o centros tecnológicos (1/0)	0,21	0,41	0	1	0	0,76	0,43	0	1	1	0,14	0,34	0	1	0
Gobernanza de la innovación (1/0)	0,25	0,43	0	1	0	0,80	0,40	0	1	1	0,18	0,38	0	1	0
Categoría región: Más desarrolladas (1/0)	0,79	0,41	0	1	1	0,85	0,36	0	1	1	0,78	0,41	0	1	1
Categoría región: Transición y menos desarrollo (1/0)	0,21	0,41	0	1	0	0,15	0,36	0	1	0	0,22	0,41	0	1	0
Nivel tecnológico sectorial: Alto y medio-alto (1/0)	0,24	0,43	0	1	0	0,43	0,50	0	1	0	0,21	0,41	0	1	0
Nivel tecnológico sectorial: Bajo y medio-bajo (1/0)	0,76	0,43	0	1	1	0,57	0,50	0	1	1	0,79	0,41	0	1	1
Tamaño empresarial: > 200 empleos (1/0)	0,16	0,37	0	1	0	0,41	0,49	0	1	0	0,13	0,33	0	1	0
Tamaño empresarial: ≤ 200 empleos (1/0)	0,84	0,37	0	1	1	0,59	0,49	0	1	1	0,88	0,33	0	1	1
Capital extranjero (1/0)	0,12	0,32	0	1	0	0,15	0,36	0	1	0	0,11	0,32	0	1	0
Coste de la deuda mayor que la media del sector (1/0)	0,41	0,49	0	1	0	0,48	0,50	0	1	0	0,40	0,49	0	1	0
Cuota de mercado mayor del 10 % (1/0)	0,18	0,39	0	1	0	0,30	0,46	0	1	0	0,17	0,38	0	1	0
Edad empresarial: Empresa joven (1/0)	0,33	0,47	0	1	0	0,28	0,45	0	1	0	0,34	0,47	0	1	0
Edad empresarial: Empresa edad intermedia (1/0)	0,32	0,47	0	1	0	0,24	0,43	0	1	0	0,33	0,47	0	1	0
Edad empresarial: Empresa madura (1/0)	0,31	0,46	0	1	0	0,45	0,50	0	1	0	0,29	0,46	0	1	0
Empresa exportadora (1/0)	0,74	0,44	0	1	1	0,92	0,28	0	1	1	0,72	0,45	0	1	1
Mercado atomizado (1/0)	0,05	0,21	0	1	0	0,03	0,16	0	1	0	0,05	0,22	0	1	0

4. EL ANÁLISIS DE IMPACTO: DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS

4.1. Adicionalidad de recursos: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Gasto privado en I+D*

En relación con la adicionalidad de inversión en I+D+I, la presente evaluación se centra en el gasto privado en I+D. No es posible analizar el impacto sobre el gasto en otras actividades de innovación distintas de la I+D porque la ESEE no recopila información sobre otras partidas de gasto.

Para analizar el impacto de las ayudas públicas sobre el gasto privado en I+D de las empresas industriales innovadoras, se adopta un enfoque que permite distinguir entre dos mecanismos:

- El efecto extensivo, que mide si la ayuda induce a las empresas a comenzar a invertir en I+D.
- El efecto intensivo, que mide si la ayuda incrementa el esfuerzo de inversión entre quienes ya lo hacen.

Este apartado se centra en el efecto extensivo, estimando el impacto del tratamiento (haber recibido o no ayuda pública) sobre una variable dicotómica que indica si la empresa realizó gasto privado en I+D en uno o varios años del periodo 2014-2021. El análisis se lleva a cabo sobre el conjunto de empresas innovadoras de la muestra.

La recepción de ayudas públicas para I+D+I se recoge en los cuestionarios de la ESEE en los apartados E.12 y E.16_13.

- El apartado E.12 pregunta si se obtuvieron recursos financieros públicos para I+D y, en caso afirmativo, su origen, que puede ser: la Administración central, las comunidades autónomas, y otros organismos. En esta última categoría pueden entrar tanto entidades nacionales, como la Cámara de Comercio de España –organismo intermedio del FEDER en el periodo 2014-2020– como otras entidades no nacionales, como la Comisión Europea. Como no es posible diferenciar el origen nacional de otros orígenes, se ha optado por incluir todas las ayudas públicas para I+D, independientemente de su procedencia.^{12, 13}
- El apartado E.16_13 pregunta si se financió la innovación con créditos subvencionados.

¹² En todo caso, puede afirmarse que la inclusión de ayudas del Programa Marco de la UE no distorsiona los resultados, ya que, de las 479 empresas que recibieron ayudas públicas a la I+D+I en el periodo analizado, solo 34 declararon haber participado en un programa europeo de investigación (apartado E.16_14) en el mismo año en que indicaron no haber recibido ayudas de la Administración central ni autonómica, sino únicamente de otras instituciones (lo que incluye a la Comisión Europea, pero no excluye que en ese año recibieran también ayudas de otras entidades nacionales, como la Cámara de Comercio de España). Se ha optado por no eliminarlas porque todas ellas recibieron ayudas públicas estatales o regionales en otras anualidades y eliminarlas supondría reducir innecesariamente el tamaño muestral sin mejorar sustancialmente la precisión o validez de las estimaciones. En total, solo 73 de las 479 empresas beneficiarias declararon haber participado en algún programa europeo de investigación en al menos un año del periodo.

¹³ Solo se ha podido estimar el impacto agregado de recibir ayudas públicas para actividades de I+D+I, no los efectos desagregados según la fuente institucional de la ayuda pública (estatal, autonómica u otras). Esto es debido a que, para evitar superposición de tratamientos, como no se cumplen los supuestos para estimar el efecto de un tratamiento controlando por otros recogidos en [7] (véase la sección 3.2 de su apéndice web), es necesario restringir las muestras a empresas que solo han recibido ayudas de una única fuente durante todo el periodo de análisis. Sin embargo, al aplicar esta restricción, el número de empresas que cambian de estado de tratamiento (“switchers”) se reduce tanto que los resultados pierden validez estadística.

A partir de las respuestas a los apartados anteriores se construye para cada observación (esto es, para cada combinación empresa-año) la variable tratamiento binaria empleada en la presente evaluación con todas las variables de resultado, *Recepción de ayuda pública para I+D+I*, que toma valor 1 si se obtuvieron recursos financieros públicos para I+D y/o se financió la innovación con créditos subvencionados.

Respecto a la inversión en I+D, el apartado E.2 de la ESEE pregunta sobre la cuantía de los gastos en I+D realizados en el año considerado. Por su parte, el apartado E.12 inquiriere sobre la cuantía de la ayuda pública para I+D en caso de haberse recibido. A partir de las respuestas a los apartados anteriores se construye una variable binaria que toma valor 1 si se realizó *Gasto privado en I+D* y 0 en caso contrario.

La **Tabla 3** refleja que existen diferencias estadísticamente significativas en la media de esta variable entre las empresas de la muestra que recibieron ayuda pública y aquellas que no.

Tabla 3. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Con ayuda (N = 880)	Sin ayuda (N = 7.806)	Test contraste medias
Gasto privado en I+D (1/0)	0,981 [0,138]	0,269 [0,443]	0,000**

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresa-año, desglosada según condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I). N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). La última columna muestra el p-valor del contraste de medias entre grupos empleando el test de chi-cuadrado, significativo al 1 %.

Para estimar en qué medida esta diferencia puede atribuirse al efecto causal de la ayuda pública, se ha utilizado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCHD [4], implementado con la función `did_multiplegt_dyn` del paquete de R `DIDmultiplegtDYN` [9].

Se han estimado cuatro modelos (a) – (d) con distintas especificaciones y se han realizado análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial.

Todos los modelos incluyen efectos fijos por año, que controlan los choques agregados que afectan por igual a todas las empresas en un mismo periodo (como el ciclo económico o cambios regulatorios), y efectos fijos por empresa, que capturan la heterogeneidad no observable pero constante en el tiempo entre firmas (como las capacidades de gestión, la cultura organizativa o la orientación estratégica hacia la innovación). En conjunto, estos controles permiten aislar el efecto del tratamiento de factores que podrían sesgar las estimaciones: los efectos fijos por empresa corrigen por variables invariantes en el tiempo, mientras que los efectos fijos por año eliminan el sesgo por factores temporales comunes.

Cabe señalar que, dado que el análisis abarca hasta el año 2021, se ve afectado por el shock provocado por la pandemia de covid-19. Este evento supuso un cambio abrupto en el entorno económico, con efectos potencialmente relevantes sobre la I+D+I empresarial. La inclusión de efectos fijos por año permite controlar por factores que afectaron a todas las empresas, como las consecuencias macroeconómicas de la pandemia o las medidas de política pública asociadas. Además, el estimador de DCDH es robusto a la presencia de efectos heterogéneos del tratamiento entre grupos y a lo largo del tiempo, lo que refuerza la validez de las inferencias causales incluso en contextos como el de la pandemia, donde es plausible que las empresas hayan sido afectadas de manera desigual por el shock.

Asimismo, los modelos (b) a (d) incluyen controles cuyo objetivo es aumentar la credibilidad en el cumplimiento de los supuestos de tendencias paralelas generalizadas —las empresas que tienen el mismo estado de tratamiento en el periodo inicial deben experimentar la misma evolución en el resultado de interés en ausencia de cambios de tratamiento— y de no anticipación —el resultado de interés no puede verse afectado porque la empresa prevea que recibirá ayudas futuras—. Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en la inversión en I+D (véanse, por ejemplo, las referencias [11] y [12]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13].

- El modelo (b) incorpora las covariables *Empresa exportadora*¹⁴ y *Participación de capital extranjero*. La inclusión de la condición de empresa exportadora responde a la amplia evidencia empírica que vincula la internacionalización con mayores niveles de inversión en I+D, debido a la necesidad de adaptarse a mercados más competitivos y diversos. Por su parte, el capital extranjero puede asociarse a mayores exigencias tecnológicas impuestas por la casa matriz o a una mayor disponibilidad de recursos financieros y *know-how* internacional, lo que puede influir en las trayectorias de inversión en I+D. Ambas variables contribuyen a reforzar la validez del supuesto de tendencias paralelas, al controlar por factores estructurales que pueden condicionar de forma persistente la propensión a invertir.
- El modelo (c) incorpora además las covariables *Coste de la deuda superior a la media sectorial* y *Empresa con cuota de mercado superior al 10 %*. Un mayor coste de financiación puede limitar la capacidad de inversión en I+D. Asimismo, las empresas con una posición dominante en su mercado pueden presentar estrategias más estables de inversión en I+D o, en algunos casos, pueden experimentar menor presión innovadora si ya han alcanzado una posición consolidada. Incluir estas variables permite controlar por dos determinantes clave en la literatura sobre inversión empresarial en I+D que pueden afectar al supuesto de tendencias paralelas.

¹⁴ Aunque es plausible que la recepción de ayudas públicas a la I+D+I influya, con el tiempo, en la capacidad exportadora de las empresas —por ejemplo, al mejorar sus productos o procesos y facilitar su internacionalización—, la inclusión del carácter exportador como covariable se considera metodológicamente aceptable en este análisis. El principal riesgo asociado es el sesgo por simultaneidad, que en este contexto se refiere a la inclusión de una covariable que puede estar afectada por el tratamiento. En este caso, si el carácter exportador fuera una consecuencia de haber recibido ayudas, incluirlo como covariable podría distorsionar la estimación del efecto causal. Sin embargo, este riesgo se considera limitado por dos razones. En primer lugar, la condición exportadora suele ser relativamente persistente en el tiempo, lo que permite tratarla como cuasi-exógena en el corto plazo. En segundo lugar, la coherencia de los efectos estimados entre los modelos estimados con y sin esta variable, sugiere que su inclusión no altera sustancialmente las inferencias.

- El modelo (d) añade tendencias temporales específicas por *Nivel tecnológico del sector* y por *Tamaño empresarial*¹⁵. Las primeras permiten capturar trayectorias sectoriales diferenciadas en la inversión en I+D, derivadas de características como la intensidad tecnológica, los ciclos de innovación o la regulación sectorial. Las segundas reconocen que las empresas de distinto tamaño pueden evolucionar de forma desigual en su propensión a invertir, debido a diferencias en capacidades internas, acceso a la financiación y estrategias organizativas. Ambas especificaciones mejoran la credibilidad del supuesto de tendencias paralelas generalizadas y también contribuyen a reforzar el supuesto de no anticipación, al capturar factores que pueden influir en la capacidad de prever y reaccionar ante oportunidades de financiación pública.

La **Tabla 5** y las **Figuras 13** y **14** presentan los resultados de las estimaciones para el efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Gasto privado en I+D*.

- En relación con la validez de la interpretación causal, los datos permiten estimar tres efectos placebo. Los modelos (a) y (c), no revelan ninguna tendencia clara ascendente ni descendente antes del tratamiento, y todos los modelos superan el test de nulidad conjunta de los placebos, lo que refuerza la credibilidad en la no violación de los supuestos clave y, con ello, la interpretación causal de las estimaciones.¹⁶
- El efecto medio acumulado estimado en un horizonte de siete años (ATE)¹⁷ es positivo en todas las especificaciones y significativo al 1 % en todos los modelos. Según las estimaciones, en comparación con un escenario sin intervención, las ayudas públicas incrementaron en promedio entre 0,27 [0,05] y 0,29 [0,04] la probabilidad de invertir en I+D, distribuyéndose este efecto en un periodo medio de 3,5 – 3,9 años. Este horizonte temporal es muy similar al tiempo medio de observación de las empresas en la muestra (3,7 años)¹⁸, lo que indica

¹⁵ *Tamaño empresarial* es una variable categórica con dos o tres niveles (véase apartado 3 del Anexo). Incluir esta variable permite controlar por diferencias estructurales entre grupos sin imponer restricciones fuertes sobre la forma de sus trayectorias. Aunque el tamaño empresarial podría verse afectado de forma marginal por la recepción de ayudas públicas, su carácter categórico aporta una relativa estabilidad en el tiempo, minimizando el riesgo de endogeneidad. Además, los modelos estimados sin esta variable arrojan efectos muy similares, lo que refuerza la robustez de los resultados.

¹⁶ Debe señalarse que los tests placebo pueden tener potencia limitada y no detectar todas las formas de violación de supuestos de tendencias paralelas y no anticipación. Además, no ha sido posible aplicar análisis de sensibilidad como los propuestos por Rambachan y Roth [10] para evaluar la robustez de las estimaciones frente a posibles desviaciones en las tendencias paralelas, ya que las matrices de covarianza estimadas en los modelos (a) – (d) no son semidefinidas positivas, como requieren dichos procedimientos. Respecto a esto último, los autores del paquete DID-multiplegtDYN [9] aclaran que “*aunque una matriz de covarianza es siempre semidefinida positiva (PSD), lo mismo no tiene por qué cumplirse para un estimador de dicha matriz. Es posible, por ejemplo, tener estimadores consistentes de una matriz de covarianza que no sean necesariamente PSD. Esto puede deberse a la estructura de los datos (observaciones, valores perdidos) o al método de estimación particular empleado para construir un análogo muestral de la matriz de covarianza verdadera*” (https://github.com/chaisemartinPackages/did_multiplegt_dyn/issues/117).

¹⁷ La magnitud, significancia y duración media del ATE dependen del parámetro *effects* (número de efectos a estimar) especificado en la función *did_multiplegt_dyn*. En este caso *effects* = 7.

¹⁸ El que la duración media estimada del ATE sea en algunos modelos ligeramente inferior o ligeramente superior al tiempo medio de observación de las empresas en la muestra se debe a la estructura de los datos, la variabilidad en el momento de entrada al tratamiento y la posible presencia de valores perdidos en las variables del análisis concentrada, o bien en empresas con trayectorias de observación más largas que la media general, o bien más cortas.

- El que el ATE sea ligeramente inferior se explica porque no todas las empresas reciben la ayuda desde el inicio de su periodo observado: algunas pueden ser tratadas uno o más años después de entrar en la muestra, por lo que el efecto acumulado solo se estima a partir del momento en que reciben el tratamiento. Además, puede haber casos en los que el periodo posterior al tratamiento se vea truncado si la empresa deja de estar observada antes de que transcurran todos los años posibles de acumulación del efecto (censura a la derecha), lo que reduce

que el ATE recogido en el análisis abarca prácticamente todo el periodo durante el cual es posible observar el impacto de la ayuda en el panel de datos.

Por tanto, el impacto de la ayuda pública en la activación de las empresas como ejecutoras de I+D es un efecto que perduró mientras la empresa estuvo bajo seguimiento. Si bien no es posible afirmar con certeza si este cambio persistió más allá de ese horizonte por limitaciones del periodo de observación, los resultados muestran que el efecto superó claramente la duración media de los proyectos financiados (entre uno y tres años), lo que sugiere que la ayuda pública generó cambios de mayor alcance temporal que el propio proyecto apoyado.

- En cuanto a la dinámica de los efectos, todos los modelos identifican efectos positivos y significativos al 1 % durante los dos años siguientes a la recepción de la ayuda; el Efecto 3 es significativo en tres de los modelos, y en el modelo (c) el Efecto 4 mantiene su significación. El mayor impacto se observa en los dos primeros años tras el tratamiento, con estimaciones que se sitúan entre 0,31 [0,03] y 0,32 [0,04] para el Efecto 1, y entre 0,10 [0,03] y 0,12 [0,04] para el Efecto 2. Después los efectos se reducen y en general permanecen estables a partir del Efecto 4.
- El análisis de heterogeneidad por categoría de región, intensidad tecnológica sectorial y tamaño empresarial revela un impacto más intenso en las pymes y en las empresas pertenecientes a sectores de nivel tecnológico bajo y medio-bajo. Desde una perspectiva territorial, el ATE estimado es más elevado en las empresas ubicadas en regiones en transición y en la menos desarrollada; no obstante, hay que tener en cuenta que, tal como se señaló en el apartado 2 al describir la variable *Categoría de región*, el tamaño muestral limitado de estos territorios restringe la potencia estadística de los análisis y, en consecuencia, la precisión de las estimaciones por nivel de desarrollo regional.

Aunque no se dispone de información completa sobre la situación previa de los distintos subgrupos antes de recibir la ayuda (debido a las entradas y salidas del panel y a que las empresas son tratadas en momentos distintos), la evidencia procedente de las empresas no tratadas (véase la **Tabla 4**) y la literatura sobre desigualdades estructurales en los sistemas de innovación indican que estos colectivos partían de niveles significativamente más bajos en su probabilidad de acometer actividades de I+D. Por tanto, los resultados sugieren que las ayudas públicas habrían contribuido a reducir brechas en el ecosistema innovador.

En conjunto, los resultados permiten concluir que, en comparación con un escenario sin intervención, las empresas beneficiarias presentaron un aumento promedio de entre 27 y 29 puntos porcentuales en la probabilidad de invertir en I+D. Este efecto persistió más allá de la duración media de los proyectos financiados, lo que indica que la ayuda pública no solo impulsó la inversión privada en el corto plazo, sino que también indujo una continuidad en el esfuerzo inversor. Además, el análisis de heterogeneidad sugiere que las ayudas contribuyeron a reducir brechas estructurales en el sistema de innovación, estimulando especialmente la inversión en I+D en las pymes y en las empresas de sectores de menor intensidad tecnológica. En el caso de las regiones

el promedio de años sobre los que se puede estimar el impacto. Finalmente, como el panel no es completamente balanceado, la duración real sobre la que se acumula el efecto tras el tratamiento varía entre empresas.

- Por otro lado, la presencia de valores perdidos en las variables de control incorporadas a los modelos puede provocar que, en la muestra efectiva utilizada, haya una mayor proporción de empresas con trayectorias de observación más cortas o más largas que la media general.

en transición y de la región menos desarrollada, los resultados apuntan en la misma dirección, si bien deben interpretarse con cautela debido a la menor precisión estadística asociada al reducido tamaño muestral.

Tabla 4. Comparación de medias entre observaciones de empresas no tratadas

<i>Variable: Gasto privado en I+D (1/0)</i>					
Categoría de región		Nivel tecnológico sector		Tamaño empresarial	
Más desarrollo (N = 6.124)	Resto (N = 1.682)	Alto y Medio-alto (N = 1.670)	Bajo y Medio-bajo (N = 6.136)	> 200 (N = 963)	≤ 200 (N = 6.842)
0,282 [0,450]	0,219 [0,414]	0,459 [0,498]	0,217 [0,412]	0,578 [0,494]	0,239 [0,426]
Contraste de medias: 0,000**		Contraste de medias: 0,000 **		Contraste de medias: 0,000 **	

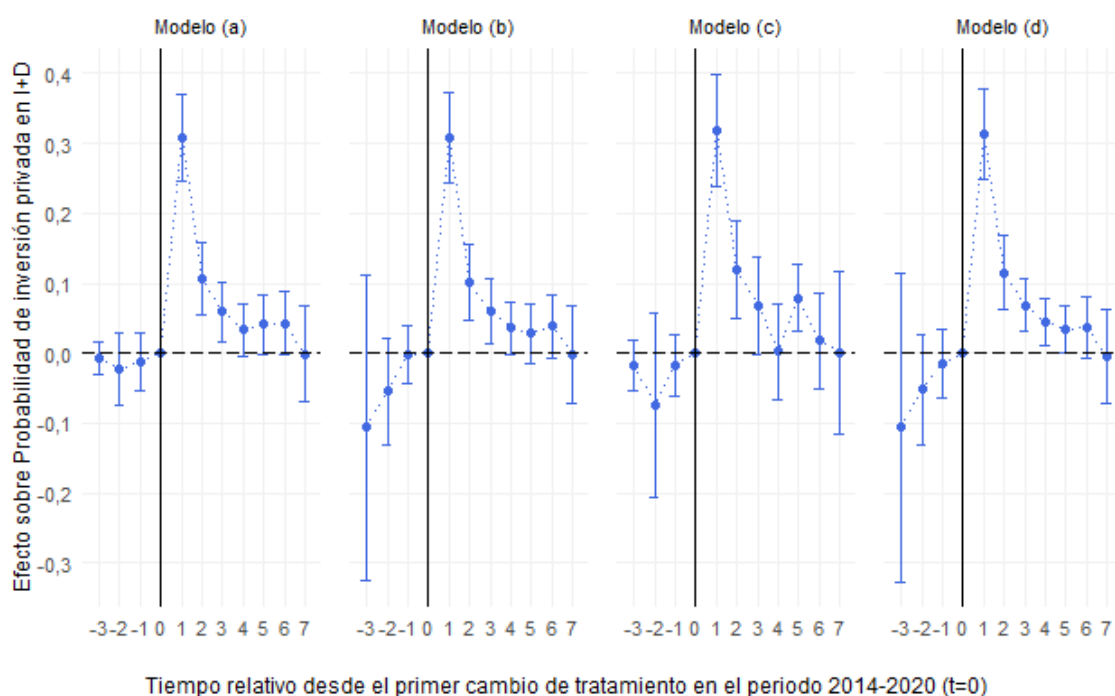
Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresarial, solo para empresas no tratadas y desglosada por categoría de región, nivel tecnológico del sector y tamaño empresarial. N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor corresponde al test de chi-cuadrado; (**) indica que es significativo el 1 %.

Tabla 5. Estimaciones del efecto de la ayuda pública para I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Gasto privado en I+D*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	Efecto 6	Efecto 7	ATE 7 años	Nul. placebo efectos	Nul. efectos	Controles							
															A	B	C	D	E	F	G	
Todas	Modelo (a) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,01 [0,01] (11; 680)	-0,02 [0,03] (40; 1.697)	-0,01 [0,02] (111; 3.647)	0,31** [0,03] (187; 5.457)	0,11** [0,03] (137; 3.889)	0,06** [0,02] (101; 2.534)	0,03 [0,02] (82; 1.938)	0,04 [0,02] (65; 1.457)	0,04 [0,02] (31; 859)	-0,00 [0,04] (18; 373)	0,28** [0,05] (621; 6.138)	0,740	0,000 **								
	Modelo (b) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,11 [0,11] (12; 643)	-0,05 [0,04] (38; 1.602)	-0,00 [0,02] (103; 3.455)	0,31** [0,03] (177; 5.253)	0,10** [0,03] (130; 3.726)	0,06* [0,02] (95; 2.431)	0,04 [0,02] (76; 1.861)	0,03 [0,02] (59; 1.402)	0,04 [0,02] (28; 827)	-0,00 [0,04] (17; 361)	0,27** [0,05] (582; 5.951)	0,584	0,000 **								
	Modelo (c) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,02 [0,02] (10; 355)	-0,07 [0,07] (18; 702)	-0,02 [0,02] (48; 1.992)	0,32** [0,04] (121; 3.635)	0,12** [0,04] (81; 2.360)	0,07 [0,04] (51; 1.411)	0,00 [0,03] (42; 1.149)	0,08** [0,02] (34; 955)	0,02 [0,03] (19; 593)	0,00 [0,06] (10; 273)	0,29** [0,06] (358; 4.320)	0,493	0,000 **								
	Modelo (d) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,11 [0,11] (12; 572)	-0,05 [0,04] (38; 1.426)	-0,01 [0,03] (103; 3.057)	0,31** [0,03] (177; 4.941)	0,12** [0,03] (130; 3.509)	0,07** [0,02] (95; 2.256)	0,05** [0,02] (76; 1.725)	0,03 [0,02] (59; 1.233)	0,04 [0,02] (28; 650)	-0,00 [0,03] (17; 283)	0,29** [0,04] (582; 5.919)	0,577	0,000 **								
Tipo región	Más desarr. <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,02 [0,01] (7; 505)	-0,03 [0,03] (33; 1.319)	-0,01 [0,03] (94; 2.574)	0,31** [0,03] (157; 4.279)	0,11** [0,03] (115; 3.043)	0,05 [0,02] (84; 1.976)	0,04 [0,02] (71; 1.511)	0,04 [0,03] (55; 1.131)	0,04 [0,03] (26; 662)	-0,02 [0,05] (14; 287)	0,27** [0,06] (522; 4.840)	0,486	0,000 **								
	Resto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,02 [0,02] (4; 162)	0,00 [0,01] (7; 202)	0,00 [0,00] (17; 510)	0,30** [0,07] (30; 956)	0,10 [0,05] (22; 642)	0,12** [0,04] (17; 557)	0,02 [0,05] (11; 425)	0,05 [0,05] (10; 325)	0,05 [0,06] (5; 196)	0,06 [0,07] (4; 86)	0,33** [0,11] (99; 1.220)	0,729	0,000 **								
Nivel tecnol.	Alto y Med-al <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,03 [0,03] (4; 151)	-0,01 [0,01] (17; 373)	-0,04 [0,03] (40; 740)	0,16** [0,04] (72; 1.120)	0,08* [0,03] (56; 869)	0,01 [0,03] (38; 558)	0,01 [0,03] (28; 421)	0,01 [0,03] (22; 314)	0,05 [0,04] (8; 110)	0,01* [0,00] (5; 85)	0,14* [0,06] (229; 1.428)	0,416	0,003 **								
	Bajo y Med-bj <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,00 [0,01] (7; 529)	-0,04 [0,04] (23; 1.320)	-0,01 [0,03] (71; 2.836)	0,41** [0,04] (115; 4.227)	0,13** [0,04] (81; 3.020)	0,09** [0,03] (63; 1.976)	0,04* [0,02] (54; 1.517)	0,06* [0,03] (43; 1.143)	0,04 [0,03] (23; 673)	-0,01 [0,04] (13; 288)	0,36** [0,06] (392; 4.702)	0,861	0,000 **								
Tamaño	> 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,00 [0,00] (3; 13)	-0,04 [0,07] (16; 116)	0,05 [0,04] (28; 372)	0,14** [0,05] (50; 604)	0,08* [0,04] (45; 451)	0,11** [0,03] (32; 310)	0,07** [0,02] (30; 278)	0,05 [0,04] (22; 202)	0,01 [0,01] (7; 104)	0,00 [0,00] (5; 52)	0,24** [0,06] (191; 944)	0,575	0,003 **								
	≤ 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,01 [0,02] (8; 588)	0,00 [0,01] (24; 1.455)	-0,03 [0,03] (83; 3.117)	0,37** [0,04] (137; 4.663)	0,13** [0,03] (92; 3.320)	0,05 [0,03] (69; 2.165)	0,02 [0,03] (52; 1.660)	0,04 [0,02] (43; 1.255)	0,05* [0,03] (24; 746)	-0,00 [0,04] (13; 321)	0,32** [0,06] (430; 5.172)	0,186	0,000 **								

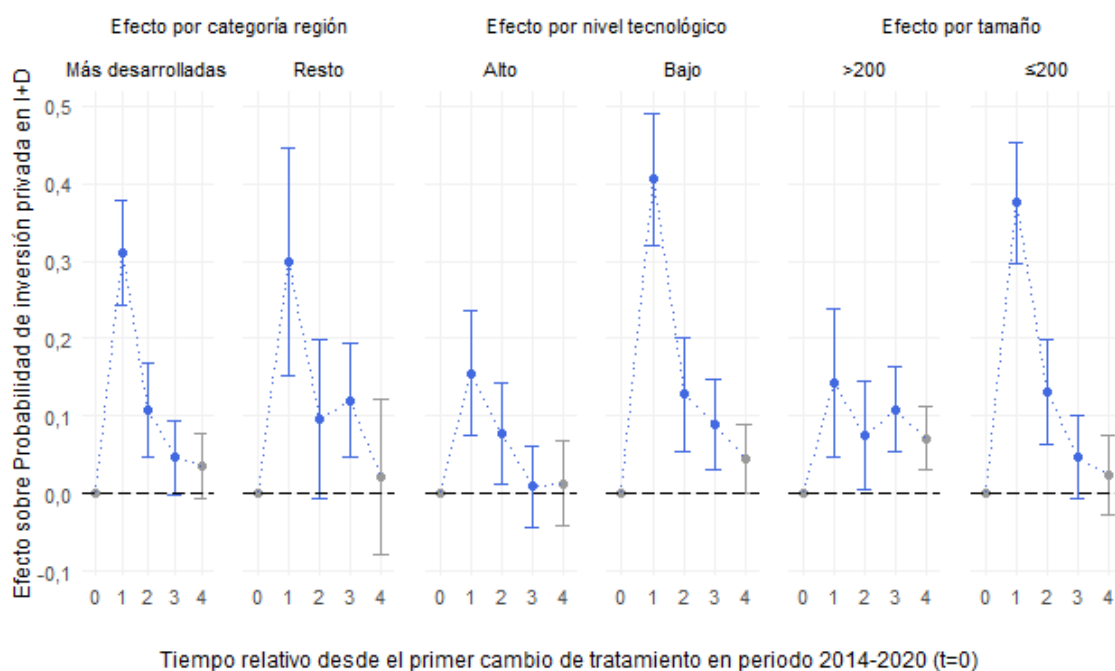
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multiplgt_dyn`. **Est.:** Estimación del efecto; **SE:** Error estándar robusto; **Switchers:** Nº de empresas que cambian de estado de tratamiento; **N:** Nº de observaciones; **ATE:** Efecto acumulado medio; **Prom. periodos:** Nº medio de años sobre los que se acumula el ATE; **p (Wald):** p-valor del test de igualdad de los efectos; **Nul. placebo.:** p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos; **Nul. efectos:** p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos; **Controles:** **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Empresa exportadora; **C** = Capital extranjero; **D** = Coste de la deuda mayor que la media del sector; **E** = Empresa con cuota de mercado superior al 10 %; **F** = Ajuste por tendencias específicas por Tamaño empresarial_2; **G** = Ajuste por tendencias específicas por Nivel tecnológico del sector; **Niveles de significación estadística:** (**) = p < 0,01, (*) = p < 0,05, (+) = p < 0,1.

Figura 13. Efectos estimados de la ayuda pública sobre la variable binaria *Gasto privado en I+D*



Notas: Los gráficos de la Figura 13 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 5**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 14. Heterogeneidad de los efectos estimados sobre la variable binaria *Gasto privado en I+D*



Notas: Los gráficos de la Figura 14 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 5**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los cuatro primeros efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

4.2. Adicionalidad de recursos: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable *Esfuerzo privado en I+D*

Como se ha señalado en el apartado anterior, para evaluar el impacto de las ayudas públicas sobre el gasto privado en I+D de las empresas industriales innovadoras, se descompone el efecto del tratamiento en dos mecanismos distintos:

- Efecto extensivo: mide si la ayuda induce a las empresas a comenzar a invertir en I+D.
- Efecto intensivo: mide si la ayuda incrementa el esfuerzo de inversión entre aquellas empresas que ya realizan actividades de I+D.

Este apartado se centra en el análisis del efecto intensivo. Para ello, se restringe la muestra de empresas innovadoras a las empresas que han declarado gasto en I+D en al menos uno de los años pretratamiento observados, lo que da lugar a una submuestra compuesta por 4.613 observaciones correspondientes a 1.170 empresas. Esta restricción permite focalizar la estimación en aquellas unidades que, en la práctica, podrían haber respondido al tratamiento. Es decir, se consideran únicamente las empresas potencialmente inducibles —aquellas que han mostrado capacidad o intención real de invertir en I+D—, lo que resulta pertinente para identificar el impacto intensivo de la ayuda pública. En consecuencia, la estimación refleja el efecto sobre la población con capacidad de respuesta, y no sobre el universo completo de empresas innovadoras.

En cuanto a la variable resultado, se opta por estimar el efecto de la ayuda pública sobre el *Esfuerzo privado en I+D*, medido como el porcentaje de las ventas que la empresa destina a gasto privado en I+D, en lugar de utilizar el gasto privado absoluto. Esta elección metodológica responde a varias razones. En primer lugar, el esfuerzo relativo permite comparaciones más coherentes entre empresas de diferente tamaño, al normalizar la inversión respecto al volumen de actividad. En segundo lugar, el uso del esfuerzo mejora la interpretación del efecto causal en términos de adicionalidad, al capturar si la empresa intensifica su inversión propia más allá de lo exigido por la cofinanciación pública. Por último, esta medida presenta menor variabilidad extrema y mayor estabilidad temporal que el gasto absoluto, lo que contribuye a obtener estimaciones más precisas y robustas.

Tal como se explicó anteriormente, la variable continua *Gasto privado en I+D* se obtiene restando la ayuda pública del total de gastos en I+D, con base en la información recogida en los apartados E.2 y E.12 de los cuestionarios de la ESEE. Por su parte, la cuantía del total de ventas se recoge en el apartado H.1. A partir de estos datos, se construye la variable continua *Esfuerzo privado en I+D*, calculada como el porcentaje del gasto privado en I+D respecto al total de ventas anuales de la empresa.

La **Tabla 6** refleja que existen diferencias estadísticamente significativas en la media de esta variable entre las empresas de la muestra que recibieron ayuda pública para I+D+I y aquellas que no.

Tabla 6. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Con ayuda (N = 883)	Sin ayuda (N = 3.353)	Test contraste de medias
Esfuerzo privado en I+D	2,856 [4,650]	1,432 [4,459]	0,000 **

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresa-año, desglosada por condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I empresarial). N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor, significativo al 1 %, corresponde al test de Wilcoxon-Mann-Whitney, dada la alta asimetría de la variable.

Para estimar en qué medida esta diferencia puede atribuirse al efecto causal de la ayuda pública, se ha utilizado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCDH [4], implementado con la función `did_multipligt_dyn` del paquete de R `DIDmultipligtDYN` [9]. Dada la alta asimetría de la variable resultado y la presencia de ceros, se ha aplicado una transformación logarítmica del tipo: $\log(\text{Esfuerzo privado} + 1)$. Se han estimado cuatro modelos (a) – (d) con distintas especificaciones y se han realizado análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial. Todos los modelos incluyen efectos fijos por año y por empresa. Además, los modelos (b) a (d) incluyen otros controles cuyo objetivo es aumentar la credibilidad en el cumplimiento de los supuestos de tendencias paralelas generalizadas y de no anticipación. Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en la inversión en I+D (véanse, por ejemplo, las referencias [11] y [12]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13].

- El modelo (b) incorpora las covariables *Empresa exportadora*¹⁹, *Participación de capital extranjero* y *Empresa con cuota de mercado superior al 10 %*, para controlar por factores estructurales que, según la literatura, influyen de forma persistente en la propensión a invertir en I+D. Como se ha expuesto en el apartado anterior, la condición de exportadora y la participación extranjera se asocian a mayores exigencias tecnológicas y a una mayor disponibilidad de recursos, mientras que una posición dominante en el mercado puede implicar tanto estrategias de inversión más estables como una menor presión innovadora. Su inclusión contribuye a reforzar la validez del supuesto de tendencias paralelas. Este modelo también incluye la covariable *Edad empresarial*, que permite controlar por el grado de consolidación y madurez organizativa de la empresa, un factor que puede afectar tanto a la evolución de su esfuerzo inversor como a su capacidad para anticipar, planificar o reaccionar ante oportunidades de financiación pública. Por tanto, contribuye a mejorar el cumplimiento tanto del supuesto de tendencias paralelas como el de no anticipación.
- El modelo (c) controla por la covariable *Participación de capital extranjero* y por tendencias temporales específicas por *Nivel tecnológico del sector*, con el fin de capturar trayectorias diferenciadas de inversión en I+D asociadas a características estructurales como la intensidad tecnológica, los ciclos de innovación o el marco regulatorio sectorial.
- El modelo (d) incorpora a la covariable *Participación de capital extranjero*, tendencias temporales específicas por *Tamaño empresarial*²⁰, para capturar la distinta evolución en la pro-

¹⁹ Véase Nota al pie 14.

²⁰ Véase Nota al pie 15.

pensión a invertir en función del tamaño, debido a diferencias en capacidades internas, acceso a la financiación y estrategias organizativas. Esta especificación no solo refuerza la credibilidad del supuesto de tendencias paralelas generalizadas, sino que también contribuye a mejorar el cumplimiento del supuesto de no anticipación, al controlar por factores que pueden influir en la capacidad de prever y reaccionar ante oportunidades de financiación pública.

La **Tabla 8** y las **Figuras 15** y **16** presentan los resultados de las estimaciones del efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre el *Esfuerzo privado en I+D (log)*.

- En cuanto a la validez de la interpretación causal, los datos permiten estimar tres efectos placebo. En los modelos (a), (c) y (d), estos placebos no revelan tendencias sistemáticas — ni ascendentes ni descendentes— previas al tratamiento, y todos los modelos superan el test de nulidad conjunta. Esto refuerza la credibilidad de los supuestos clave del modelo y, con ello, la validez causal de las estimaciones obtenidas.²¹
- El efecto medio acumulado (ATE), estimado en un horizonte de siete años, es positivo y significativo al 5 % en tres de las especificaciones. Según las estimaciones, en comparación con un escenario sin intervención, las ayudas públicas incrementaron en promedio entre 0,14 [0,07] y 0,18 [0,08] el logaritmo del esfuerzo privado en I+D; al deshacer la transformación logarítmica, este resultado equivale a un incremento estimado del esfuerzo en I+D de entre el 15 % y el 20 %. El ATE se distribuye en un periodo medio de entre 3, 4 y 3,5 años. Este horizonte temporal es muy similar al tiempo medio de observación de las empresas en la muestra (3,7 años).²² Esto implica que el impacto de la ayuda pública en la intensidad del esfuerzo en I+D perduró, de media, durante todo el periodo en el que las empresas estuvieron siendo observadas.

Aunque no es posible asegurar si el efecto se mantuvo más allá del horizonte observado, los resultados muestran que el impacto superó claramente la duración media de los proyectos financiados (que suele ser de uno a tres años), lo que indica que las ayudas públicas indujeron un cambio más duradero en el esfuerzo inversor. Por otro lado, en las empresas que permanecieron en la muestra más allá de la media de observación, los efectos dejaron de ser significativos a partir del cuarto año. Sin embargo, este resultado debe interpretarse con cautela, ya que el reducido número de empresas *switchers* en esos años posteriores limita la potencia estadística del análisis.

- En cuanto a la dinámica de los efectos, todos los modelos identifican un impacto positivo y estadísticamente significativo al 1 % durante el primer año tras la recepción de la ayuda, con estimaciones del Efecto 1 entre 0,22 [0,06] y 0,23 [0,06] en la escala logarítmica. A partir de ese momento, los efectos disminuyen y dejan de ser estadísticamente significativos, lo que sugiere que el impacto de la ayuda pública es especialmente intenso en el corto plazo, en la fase inmediatamente posterior a la recepción del apoyo.

A partir del cuarto año, aunque los efectos estimados no son significativos y los Efectos 4 a 6 tienden a ser negativos, el Efecto 7 vuelve a ser positivo. Estos resultados podrían estar

²¹ Véase Nota al pie 16.

²² Véase Nota al pie 18.

reflejando que, tras el final del proyecto financiado, el esfuerzo en I+D se redujo temporalmente, pero se recuperó posteriormente. De todos modos, este patrón está condicionado por el reducido número de empresas que siguen siendo observadas más allá del tiempo medio de permanencia en la muestra; la baja potencia estadística en los años finales aconseja interpretar estos resultados con precaución.

- El análisis de heterogeneidad revela un impacto significativamente mayor en las empresas pertenecientes a sectores de nivel tecnológico bajo y medio-bajo; también es mayor en las pymes, aunque en este caso la diferencia con las empresas grandes no es tan acusada. Desde una perspectiva territorial, el ATE estimado es más elevado en las empresas ubicadas en regiones en transición y en la menos desarrollada; no obstante, el tamaño muestral limitado de estos territorios restringe la potencia estadística de los análisis y, en consecuencia, la precisión de las estimaciones por nivel de desarrollo regional.

Aunque no se dispone de información completa sobre la situación previa de los distintos subgrupos antes de recibir la ayuda —debido a la estructura dinámica del panel, en el que las empresas pueden entrar y salir y recibir el tratamiento en momentos distintos—, la evidencia de las empresas no tratadas (véase la **Tabla 7**), así como la literatura sobre desigualdades estructurales en los sistemas de innovación, apuntan a que las empresas de sectores menos tecnológicos y las ubicadas en regiones menos avanzadas partían de niveles significativamente más bajos de esfuerzo privado en I+D. Por tanto, los resultados sugieren que las ayudas públicas habrían contribuido a reducir brechas en el ecosistema innovador. En cuanto a las pymes (véase la **Tabla 7** y por ejemplo la referencia [14]), aunque su gasto absoluto sea menor, tienden a tener una mayor intensidad relativa en I+D, si bien la variabilidad dentro del grupo es elevada. En este caso las ayudas habrían contribuido a reforzar ese mayor esfuerzo inversor.

En conjunto, los resultados permiten concluir que, en comparación con un escenario sin intervención, las empresas beneficiarias presentaron un incremento medio estimado del esfuerzo privado en I+D de entre el 15 % y el 20 %. Esto sugiere que la ayuda pública generó recursos adicionales sin evidencias de efectos de sustitución (*crowding-out*). El efecto fue más intenso en el corto plazo, pero de media perduró mientras la empresa estuvo bajo seguimiento. Aunque no es posible afirmar con certeza si persistió más allá del horizonte observado, los resultados sugieren que la ayuda pública generó esfuerzos de mayor alcance temporal que el propio proyecto apoyado. El análisis de heterogeneidad refleja que las ayudas contribuyeron a reducir brechas estructurales dentro del sistema de innovación, impactando especialmente en el esfuerzo inversor en I+D de pymes, sectores de menor intensidad tecnológica y regiones en transición y menos desarrollada, aunque en estos territorios los resultados deben interpretarse con cautela debido a la menor precisión estadística asociada al reducido tamaño muestral.

Tabla 7. Comparación de medias entre observaciones de empresas no tratadas

<i>Variable: Esfuerzo privado en I+D</i>					
Categoría de región		Nivel tecnológico sector		Tamaño empresarial	
Más desarrollo (N = 2.730)	Resto (N = 623)	Alto y Medio-alto (N = 1.045)	Bajo y Medio-bajo (N = 2.308)	> 200 (N = 680)	≤ 200 (N = 2.673)
1,474 [4,456]	1,247 [4,471]	1,945 [4,149]	1,200 [4,575]	1,125 [2,535]	1,510 [4,825]
Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,001**	

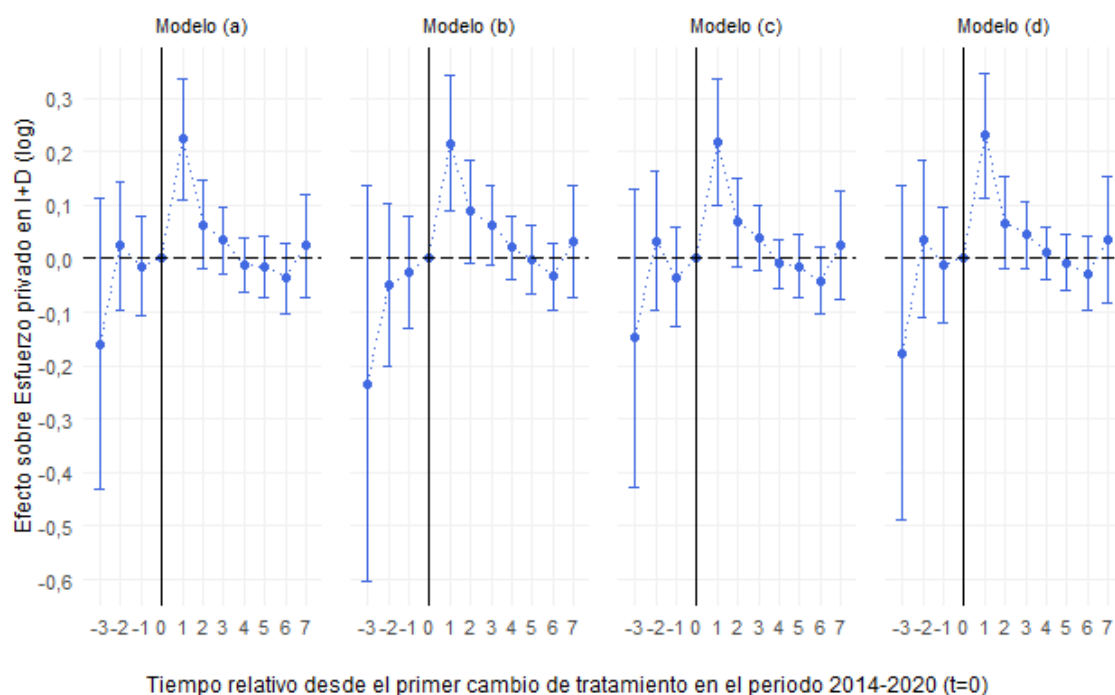
Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresarial, solo para empresas no tratadas y desglosada por categoría de región, nivel tecnológico del sector y tamaño empresarial. N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). Los p-valores corresponden al test de Wilcoxon-Mann-Whitney; todos son significativos al 1 %.

Tabla 8. Estimaciones del efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable *Esfuerzo privado en I+D (log)*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	Efecto 6	Efecto 7	ATE 7 años	Nul. placebo.efectos	Nul. efectos	Controles								
															A	B	C	D	E	F	G		
Todas	Modelo (a) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,16 [0,14] (12; 281)	0,02 [0,06] (41; 751)	-0,01 [0,05] (113; 1.653)	0,22** [0,06] (189; 2.483)	0,06 [0,04] (139; 1.760)	0,03 [0,03] (101; 1.161)	-0,01 [0,03] (83; 875)	-0,02 [0,03] (65; 639)	-0,04 [0,03] (31; 362)	0,02 [0,05] (18; 159)	0,13 [0,07] (626; 3.023)	0,517 3,49 años	0,010 *									
	Modelo (b) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,23 [0,19] (11; 227)	-0,05 [0,08] (31; 601)	-0,03 [0,05] (93; 1.375)	0,22** [0,06] (163; 2.151)	0,09 [0,05] (116; 1.508)	0,06 [0,04] (86; 987)	0,02 [0,03] (67; 752)	-0,00 [0,03] (56; 574)	-0,03 [0,03] (28; 325)	0,03 [0,05] (17; 144)	0,18* [0,08] (533; 2.677)	0,639 3,41 años	0,027 *									
	Modelo (c) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,15 [0,14] (13; 277)	0,03 [0,07] (40; 695)	-0,04 [0,05] (108; 1.574)	0,22** [0,06] (184; 2.380)	0,07 [0,04] (138; 1.738)	0,04 [0,03] (102; 1.146)	-0,01 [0,02] (82; 864)	-0,01 [0,03] (63; 631)	-0,04 [0,03] (31; 313)	0,03 [0,05] (18; 157)	0,14* [0,07] (618; 2.992)	0,449 3,48 años	0,021 *									
	Modelo (d) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,18 [0,16] (13; 223)	0,04 [0,08] (40; 647)	-0,01 [0,06] (108; 1.511)	0,23** [0,06] (184; 2.318)	0,07 [0,04] (138; 1.656)	0,04 [0,03] (102; 1.102)	0,01 [0,03] (82; 864)	-0,01 [0,03] (63; 631)	-0,03 [0,04] (31; 350)	0,04 [0,06] (18; 157)	0,16* [0,07] (618; 2.984)	0,485 3,48 años	0,019 *									
Tipo región	Más desarr. <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,11 [0,18] (8; 213)	0,06 [0,07] (34; 620)	-0,04 [0,05] (96; 1.228)	0,18** [0,06] (159; 2.034)	0,04 [0,05] (117; 1.444)	0,03 [0,03] (84; 955)	-0,01 [0,03] (72; 718)	-0,00 [0,03] (55; 517)	-0,06 [0,04] (26; 290)	-0,00 [0,05] (14; 126)	0,09 [0,08] (527; 2.481)	0,465 3,46 años	0,070 +									
	Resto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,52** [0,20] (4; 55)	-0,20 [0,19] (7; 73)	-0,07 [0,11] (17; 189)	0,40** [0,10] (30; 375)	0,16* [0,08] (22; 247)	0,06 [0,04] (17; 205)	-0,02 [0,05] (11; 154)	-0,07 [0,04] (10; 120)	0,12 [0,08] (5; 70)	0,10 [0,06] (4; 33)	0,34** [0,10] (99; 519)	0,023 3,67 años	0,000 **									
Nivel tecnol.	Alto y Medio-alto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,14 [0,08] (4; 100)	0,08 [0,11] (17; 255)	-0,04 [0,09] (40; 498)	0,02 [0,10] (71; 755)	0,06 [0,08] (56; 589)	-0,05 [0,05] (38; 386)	-0,07 [0,05] (28; 292)	-0,05 [0,07] (22; 217)	-0,06 [0,12] (8; 78)	0,01 [0,10] (5; 60)	-0,04 [0,12] (228; 1.013)	0,107 3,48 años	0,871									
	Bajo y Medio-bajo <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,15 [0,22] (8; 181)	-0,01 [0,07] (24; 492)	-0,02 [0,05] (73; 1.110)	0,33** [0,07] (118; 1.657)	0,07 [0,05] (83; 1.171)	0,09* [0,04] (63; 775)	0,01 [0,03] (55; 583)	-0,00 [0,03] (43; 422)	-0,04 [0,03] (23; 236)	0,03 [0,06] (13; 99)	0,23** [0,08] (398; 2.004)	0,911 3,50 años	0,000 **									
Tamaño	> 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,04 [0,41] (3; 13)	0,06 [0,11] (16; 103)	0,01 [0,07] (28; 303)	0,06 [0,05] (49; 484)	-0,00 [0,05] (44; 366)	0,05 [0,03] (31; 253)	0,05 [0,04] (29; 225)	0,07 [0,05] (21; 162)	0,08 [0,07] (6; 77)	0,07 [0,12] (4; 38)	0,14 [0,10] (184; 767)	0,958 3,97 años	0,589									
	≤ 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,27 [0,14] (9; 213)	0,02 [0,09] (25; 556)	-0,01 [0,07] (85; 1.236)	0,29** [0,08] (140; 1.861)	0,10 [0,06] (95; 1.309)	0,04 [0,04] (70; 863)	-0,01 [0,03] (54; 650)	-0,04 [0,03] (44; 477)	-0,05 [0,04] (25; 275)	0,03 [0,07] (14; 121)	0,17 [0,09] (442; 2.242)	0,131 3,32 años	0,016 *									

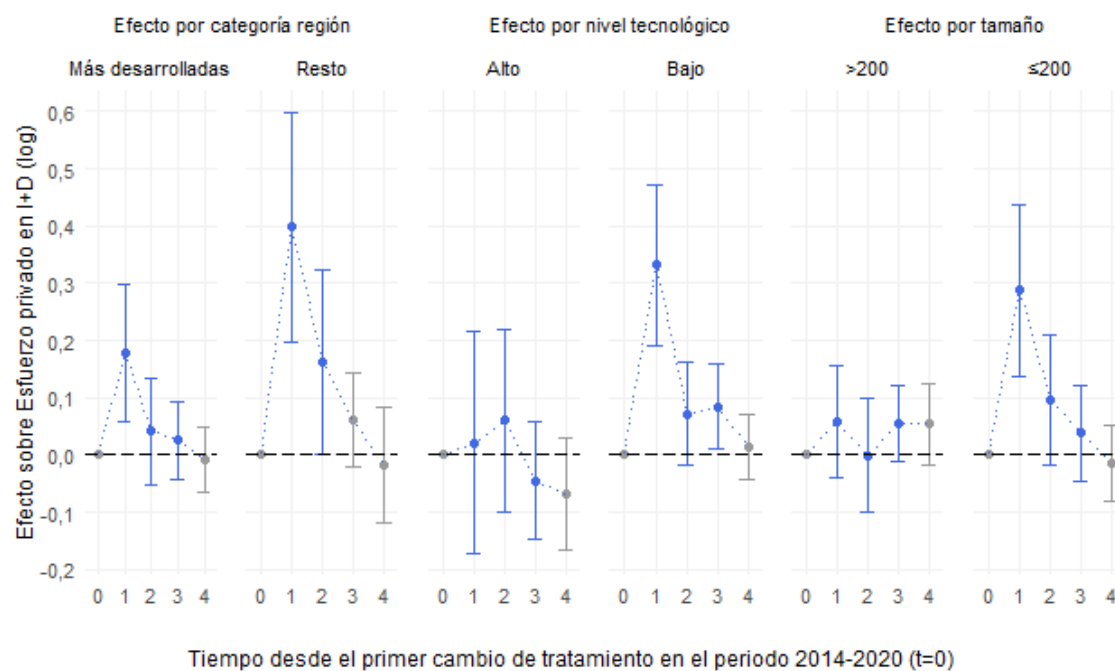
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multiplgt_dyn`. **Est.**: Estimación del efecto; **SE**: Error estándar robusto; **Switchers**: Nº de empresas que cambian de estado de tratamiento; **N**: Nº de observaciones; **ATE**: Efecto acumulado medio; **Prom. períodos**: Nº medio de años sobre los que se acumula el ATE; **p (Wald)**: p-valor del test de igualdad de los efectos; **Nul. placebo.**: p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos; **Nul. efectos**: p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos; **Controles**: **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Empresa exportadora; **C** = Empresa con cuota de mercado superior al 10 %; **D** = Edad empresarial; **E** = Capital extranjero; **F** = Ajuste por tendencias específicas por Nivel tecnológico del sector; **G** = Ajuste por tendencias específicas por Tamaño empresarial_2; **Niveles de significación estadística**: (**) = p < 0,01, (*) = p < 0,05, (+) = p < 0,1.

Figura 15. Efectos estimados de la ayuda pública sobre la variable *Esfuerzo privado en I+D (log)*



Notas: Los gráficos de la Figura 15 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 8**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 16. Heterogeneidad de los efectos estimados sobre la variable *Esfuerzo privado en I+D (log)*



Notas: Los gráficos de la Figura 16 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 8**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los cuatro primeros efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

4.3. Adicionalidad de recursos: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable *Cambio interanual en la proporción de personal dedicado a tareas de I+D*

La plantilla dedicada a actividades de I+D se recoge en los cuestionarios de la ESEE a través del apartado G.6, que pregunta por el número de personas dedicadas a dichas actividades en el año de referencia. Esta información se recoge de forma anual desde 2016; anteriormente tenía un carácter cuatrienal.

A partir de esta información y de otras variables de empleo recopiladas en el apartado G, los responsables de la encuesta elaboran la variable *Empleo total relativo en I+D*, definida como el tanto por mil que representa el personal dedicado a actividades de I+D sobre el total de personal, calculado como la suma del personal no asalariado, el personal asalariado fijo a tiempo completo, la mitad del asalariado fijo a tiempo parcial y el personal asalariado eventual.

El análisis exploratorio de la base de datos reveló inconsistencias temporales en esta variable, con fluctuaciones anómalas en sus valores absolutos entre años consecutivos para una misma empresa. No obstante, estas variaciones pueden considerarse plausibles si se interpretan desde un enfoque relativo, como aumentos o disminuciones en el peso del personal de I+D sobre el total. Por esta razón, se ha construido una nueva variable categórica: *Cambio interanual en la proporción de personal dedicado a tareas de I+D*, que refleja, para cada observación empresa-año, el sentido del cambio en el *Empleo total relativo en I+D* respecto al año anterior. Esta variable toma los valores: 1 si la proporción aumenta, 0 si permanece constante, -1 si disminuye. Solo tiene valores válidos para el análisis desde 2016, año a partir del cual *Empleo total relativo en I+D* se recopila anualmente.

Por tanto, para el análisis del efecto de la ayuda pública sobre esta variable se ha restringido la muestra al periodo 2016-2021. Adicionalmente, se ha restringido la muestra de empresas innovadoras a las empresas que han declarado gasto en I+D en al menos uno de los años observados, ya que el indicador analizado solo tiene sentido en empresas que efectivamente realizan actividades de I+D.²³

Tabla 9. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Con ayuda (N = 490)	Sin ayuda (N = 2.225)	Test contraste de medias
Cambio interanual en la proporción de personal en I+D	0,067 [0,932]	-0,034 [0,730]	0,011 (*)

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable categórica *Cambio interanual en la proporción de personal en I+D* observada a nivel empresa-año, desglosada por condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I empresarial). N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor corresponde al test de Wilcoxon-Mann-Whitney, significativo al 5 %.

La **Tabla 9** refleja que, en la muestra de empresas industriales para el periodo 2016-2021 con actividad en I+D, la media de la variable *Cambio interanual en la proporción de personal dedicado a tareas de I+D* fue significativamente mayor en las empresas que recibieron ayuda pública

²³ Como análisis de robustez, se ha replicado la estimación en la muestra más amplia de empresas innovadoras. Los resultados del análisis con ambas muestras son consistentes, lo que refuerza la validez de los hallazgos. Por concisión, no se recogen dichas estimaciones en el documento, pero están disponibles bajo petición.

(0,067) que en las que no la recibieron (-0,034). En ambos grupos, la desviación estándar es elevada (0,932 en el grupo tratado y 0,730 en el no tratado), lo que indica una considerable dispersión en los valores de la variable.

Para estimar en qué medida esta diferencia puede atribuirse al efecto causal de la ayuda pública, se ha utilizado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCHD [4], implementado con la función `did_multipligt_dyn` del paquete de R `DIDmultipligtDYN` [9]. Se han estimado cuatro modelos (a) – (d) con distintas especificaciones y se han realizado análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial. Todos los modelos incluyen efectos fijos por año y por empresa. Además, incluyen otros controles cuyo objetivo es aumentar la credibilidad en el cumplimiento de los supuestos de tendencias paralelas generalizadas y de no anticipación. Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en la inversión en I+D (véanse, por ejemplo, las referencias [11] y [12]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13].

- El modelo (a) incorpora las covariables *Empresa exportadora*²⁴ y *Participación de capital extranjero*. Las empresas que tienen exposición a mercados y entornos internacionales pueden tener más incentivos para realizar actividades de I+D que consoliden su ventaja competitiva y, en consecuencia, seguir trayectorias distintas en la proporción de personal dedicado a I+D.
- El modelo (b) incluye, además, la covariable *Edad empresarial*. Su inclusión se justifica por la hipótesis de que las empresas tienen distintas trayectorias de incorporación de personal en función de su edad. Asimismo, empresas más antiguas pueden estar mejor conectadas con el entorno institucional, lo cual representa un posible canal de anticipación de políticas públicas.
- El modelo (c) añade tendencias temporales específicas según el *Nivel tecnológico del sector*. Este ajuste reconoce que las trayectorias de contratación de personal en I+D están condicionadas por la naturaleza del sector, especialmente si es intensivo en tecnología.
- Por último, el modelo (d) incorpora controles por tendencias temporales específicas según el *Tamaño empresarial*²⁵, reconociendo que las trayectorias en la proporción de personal empleado en I+D pueden diferir sistemáticamente entre pymes y grandes empresas. Asimismo, refuerza el supuesto de no anticipación frente a la hipótesis de que las empresas más grandes tienen ventajas para acceder a redes institucionales, interpretar señales del entorno político-económico y anticipar la disponibilidad de ayudas públicas.

La **Tabla 11** y las **Figuras 17** y **18** presentan los resultados de las estimaciones para el efecto de la ayuda pública sobre la *Cambio interanual en la proporción de personal dedicado a actividades de I+D*.

- En cuanto a la validez de la interpretación causal, los datos permiten estimar únicamente dos efectos placebo. Todos los modelos superan el test de nulidad conjunta de los placebos,

²⁴ Véase Nota al pie 14.

²⁵ Véase Nota al pie 15.

lo que refuerza la credibilidad de los resultados. No obstante, el Placebo 2 muestra estimaciones imprecisas debido al reducido número de *switchers*, lo que limita su valor informativo.²⁶

- El efecto medio acumulado (ATE)²⁷ estimado en un horizonte de tres años o más no es estadísticamente significativo en ninguna especificación, lo que indica que, en promedio, la ayuda pública no indujo un aumento en la proporción de personal dedicado a I+D mantenido en el tiempo.
- En cuanto a la dinámica de los efectos, los cuatro modelos identifican un Efecto 1 positivo, con valores entre 0,28 [0,12] y 0,33 [0,12], alcanzando significación estadística al 5 % y al 1 % según el modelo. Este efecto en el año posterior a la recepción de la ayuda es el que tiene una interpretación causal más plausible, pues todos los Placebo 1 presentan estimaciones muy cercanas a cero. El Efecto 2 no es significativo en ningún modelo y el Efecto 3 es negativo en todos los modelos y significativo el 5 % en tres de ellos. Los siguientes efectos no son significativos. Aunque solo los dos primeros efectos tienen una interpretación causal válida, la consistencia de las estimaciones entre los distintos modelos —y con las estimaciones realizadas con la muestra más amplia de empresas innovadoras²⁸—, permite concluir que, en el primer año tras recibir la ayuda y en comparación con un escenario sin intervención, las empresas beneficiarias presentaron un aumento neto y significativo en la proporción de personal dedicado a I+D; esta proporción se estabilizó en el segundo año y disminuyó en el tercero, coincidiendo con la duración media de los proyectos financiados. Por tanto, la ayuda indujo un incremento en la proporción de personal dedicado a actividades de I+D, pero este incremento no se consolidó, sino que decayó una vez finalizado el proyecto.
- Respecto a la heterogeneidad por categorías de región, intensidad tecnológica sectorial y tamaño empresarial, aunque no se dispone de información completa sobre la situación de estos grupos antes de recibir la ayuda —debido a la estructura dinámica del panel, en el que las empresas pueden entrar y salir y recibir el tratamiento en momentos distintos—, la evidencia de las empresas no tratadas (véase la **Tabla 10**) apunta a que antes del tratamiento los distintos subgrupos no exhibían comportamientos significativamente distintos en cuanto al sentido de los cambios interanuales en la proporción de su plantilla dedicada a tareas de I+D. El análisis de heterogeneidad sugiere entonces que, partiendo de niveles similares, las ayudas impactaron especialmente en las regiones más desarrolladas; también en las empresas más grandes y de sectores de nivel tecnológico bajo y medio-bajo. No obstante, estas evidencias deben interpretarse con cautela. La restricción de la muestra al periodo 2016-2021 y a empresas con actividad en I+D reduce mucho el número de empresas *switchers*, disminuyendo la potencia estadística del análisis e incrementando la incertidumbre de las estimaciones. Además, el análisis de los subgrupos de empresas grandes y regiones más desarrolladas no supera el test de nulidad conjunta de los placebos, lo que limita la validez causal de sus resultados.

²⁶ Véase Nota al pie 16.

²⁷ La magnitud, significancia y duración media del ATE dependen del parámetro *effects* (número de efectos a estimar) especificado en la función `did_multipligt_dyn`.

²⁸ Véase Nota al pie 23.

En conjunto, los resultados permiten concluir que, en comparación con un escenario sin intervención, la ayuda indujo un incremento en la proporción de personal dedicado a actividades de I+D, pero este incremento no se consolidó, sino que decayó una vez finalizado el proyecto. El análisis de heterogeneidad sugiere una posible mayor eficacia de las ayudas en las empresas radicadas en las regiones más desarrolladas y en las empresas más grandes, que proporcionan un entorno más favorable para su aprovechamiento; también en las firmas de los sectores con menor intensidad tecnológica, donde el apoyo público es más necesario para fomentar la contratación de personal en I+D.

Tabla 10. Comparación de medias entre observaciones de empresas no tratadas

<i>Variable: Cambio interanual en la proporción de personal en I+D</i>					
Categoría de región		Nivel tecnológico sector		Tamaño empresarial	
Más desarrollo (N = 1.782)	Resto (N = 443)	Alto y Medio-alto (N = 691)	Bajo y Medio-bajo (N = 1.534)	> 200 (N = 456)	≤ 200 (N = 1.769)
-0,035 [0,735]	-0,029 [0,713]	-0,065 [0,773]	-0,020 [0,710]	-0,029 [0,837]	-0,035 [0,701]
Contraste medias: 0,873		Contraste medias: 0,154		Contraste medias: 0,963	

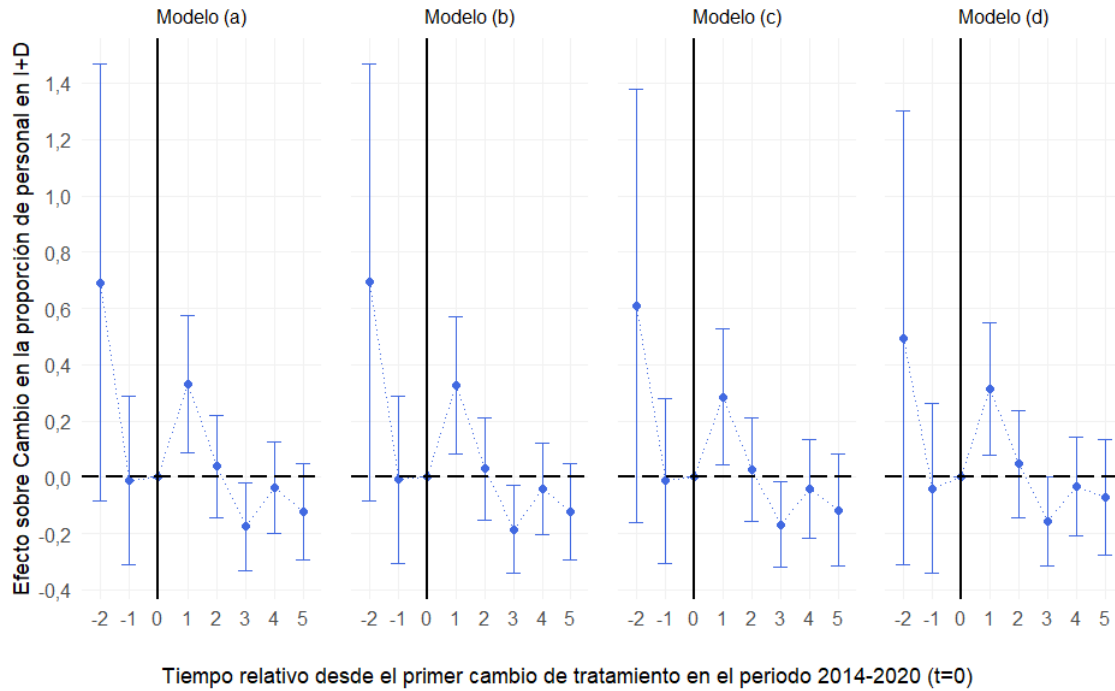
Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresarial, solo para empresas no tratadas y desglosada por categoría de región, nivel tecnológico del sector y tamaño empresarial. N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). Los p-valores corresponden al test de Wilcoxon-Mann-Whitney; ninguno es significativo.

Tabla 11. Estimaciones del efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre *Cambio interanual en la proporción de personal dedicado a tareas de I+D*

	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	ATE 5 años	Nul. placeb.efectos	Nul. efectos	Controles					
												A	B	C	D	E	F
Todas	Modelo (a)	0,69 [0,40] (14; 357)	-0,01 [0,15] (57; 933)	0,33** [0,12] (135; 1.530)	0,04 [0,09] (77; 964)	-0,18* [0,08] (63; 660)	-0,04 [0,08] (50; 428)	-0,12 [0,09] (16; 168)	0,06 [0,16] (341; 1.772)	0,183 2,88 años	0,000**						
	Modelo (b)	0,69 [0,40] (14; 357)	-0,01 [0,15] (57; 933)	0,33** [0,13] (133; 1.516)	0,03 [0,09] (77; 964)	-0,18* [0,08] (63; 660)	-0,04 [0,08] (50; 428)	-0,12 [0,09] (16; 168)	0,04 [0,16] (339; 1.758)	0,184 2,87 años	0,000**						
	Modelo (c)	0,61 [0,39] (14; 301)	-0,01 [0,15] (57; 915)	0,28* [0,12] (135; 1.530)	0,03 [0,09] (77; 908)	-0,17* [0,08] (63; 660)	-0,04 [0,09] (50; 428)	-0,12 [0,10] (16; 160)	0,03 [0,16] (341; 1.772)	0,274 2,88 años	0,002**						
	Modelo (d)	0,50 [0,41] (14; 259)	-0,04 [0,15] (57; 772)	0,31** [0,12] (135; 1.411)	0,05 [0,10] (77; 872)	-0,16 [0,08] (63; 643)	-0,03 [0,09] (50; 414)	-0,07 [0,11] (16; 152)	0,07 [0,16] (341; 1.760)	0,424 2,88 años	0,004**						
Tipo región	Más desarroll.	1,13** [0,39] (9; 313)	-0,11 [0,17] (51; 813)	0,39** [0,13] (115; 1.308)	0,10 [0,10] (68; 830)	-0,14 [0,08] (55; 574)	-0,04 [0,08] (45; 371)	-0,20* [0,08] (18; 146)	0,10 [0,17] (301; 1.511)	0,004** 2,86 años	0,000**						
	Resto	-0,26 [0,89] (4; 78)	-0,03 [0,27] (10; 190)	0,11 [0,32] (24; 314)	-0,16 [0,14] (12; 200)	-0,29 [0,16] (11; 137)	-0,10 [0,21] (8; 86)	-0,01 [0,03] (2; 36)	-0,23 [0,27] (57; 353)	0,957 2,81 años	0,470						
Nivel tecnol.	Alto y Medio-alto	0,55 [0,43] (5; 66)	-0,43 [0,30] (21; 305)	0,16 [0,20] (54; 520)	0,03 [0,15] (32; 272)	-0,07 [0,11] (28; 237)	-0,00 [0,16] (18; 154)	-0,36** [0,11] (5; 54)	0,01 [0,23] (137; 608)	0,148 2,82 años	0,006**						
	Bajo y Medio-bajo	0,74 [0,39] (8; 260)	0,04 [0,17] (40; 690)	0,37* [0,15] (85; 1.105)	0,07 [0,12] (48; 698)	-0,23* [0,09] (38; 474)	-0,10 [0,09] (35; 305)	-0,14 [0,10] (15; 120)	0,00 [0,19] (221; 1.256)	0,164 2,87 años	0,000**						
Tamaño	> 200	0,91 [0,47] (3; 47)	-0,38 [0,31] (15; 238)	0,44* [0,22] (41; 378)	0,28 [0,16] (27; 206)	-0,17 [0,12] (24; 174)	0,09 [0,11] (19; 109)	-0,20* [0,10] (7; 39)	0,26 [0,25] (118; 459)	0,028 3,20 años	0,002**						
	≤ 200	0,58 [0,41] (10; 305)	-0,10 [0,18] (46; 775)	0,30* [0,14] (98; 1.247)	-0,02 [0,11] (53; 782)	-0,15 [0,09] (42; 537)	-0,12 [0,09] (34; 350)	-0,13 [0,10] (13; 143)	-0,02 [0,18] (240; 1.405)	0,216 2,69 años	0,020*						

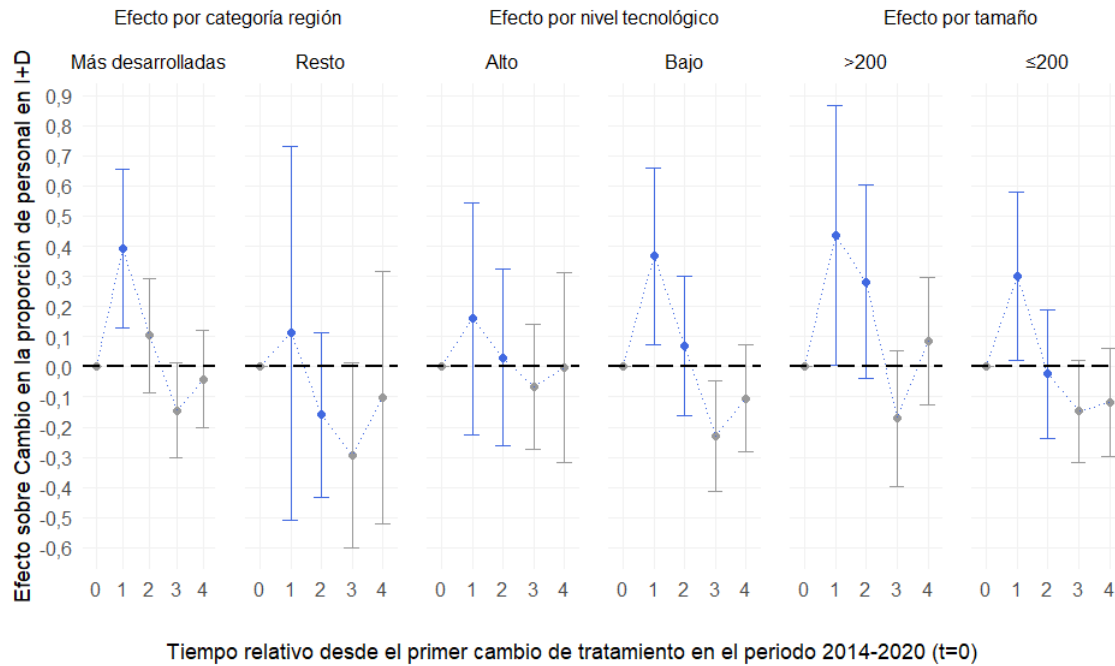
Notas: La tabla presenta los efectos estimados del tratamiento y los placebos a lo largo del tiempo, utilizando el estimador normalizado de la función `did_multplegt_dyn`. Se muestran los resultados de cuatro modelos con distintas combinaciones de variables de control y estructuras de tendencias lineales y no paramétricas, así como los análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial. Los campos incluidos son los siguientes: **Est.:** Estimación del efecto; **SE:** Error estándar robusto; **Switchers:** Nº de empresas que cambian al menos una vez de estado de tratamiento y permanecen observadas en el correspondiente periodo t ; **N:** Nº de observaciones (empresa-año) empleadas en la estimación; **ATE:** Efecto acumulado medio; **Prom. periodos:** Nº medio de periodos posteriores al tratamiento sobre los que se acumula el efecto medio (este valor, así como la magnitud y significancia del ATE, dependen del parámetro nº de efectos especificado en la función `did_multplegt_dyn`); **p (Wald):** p-valor del test de Wald para igualdad de los efectos entre ambos grupos, si no es significativo, no hay evidencia de efectos heterogéneos; **Nul. placeb.:** p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos, si no es significativo no hay evidencia de efecto previo al tratamiento; **Nul. efectos:** p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos, si no es significativo no hay evidencia de efecto del tratamiento; **Variables de control:** **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Empresa exportadora; **C** = Participación capital extranjero; **D** = Edad empresarial; **E** = Ajuste por tendencias específicas por Nivel tecnológico del sector; **F** = Ajuste por tendencias específicas por Tamaño empresarial_2; **Niveles de significación estadística:** (**) = $p < 0,01$, (*) = $p < 0,05$, (+) = $p < 0,1$.

Figura 17. Efectos estimados de la ayuda pública sobre *Cambio interanual en proporción personal I+D*



Notas: Los gráficos de la Figura 17 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 11**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 18. Heterogeneidad de los efectos sobre *Cambio interanual en la proporción personal I+D*



Notas: Los gráficos de la Figura 18 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 11**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los cuatro primeros efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

4.4. Adicionalidad de resultados: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre las variables *Innovación de producto* y *Número de innovaciones de producto*

La obtención de innovaciones de producto —entendidas como productos nuevos para el mercado o para la empresa, o con modificaciones tan importantes que los hacen diferentes de los que venía produciendo con anterioridad— se recoge en los cuestionarios de la ESEE a través del apartado E.7, que pregunta si se obtuvieron innovaciones de producto en el año considerado y, en caso afirmativo, cuántas. A partir de las respuestas se construyen dos variables para cada observación (combinación empresa-año): una variable binaria indicadora de *Innovación de producto* (toma valor 1 si se introdujo al menos una innovación, y 0 en caso contrario) y una variable discreta que representa el *Número de innovaciones de producto* obtenidas.

La **Tabla 12** refleja que, en la muestra de empresas industriales innovadoras para el periodo 2014-2021, existen diferencias estadísticamente significativas en la media de estas variables entre las empresas que recibieron ayuda pública para I+D+I y aquellas que no.

Tabla 12. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Con ayuda (N = 1.039)	Sin ayuda (N = 8.049)	Test contraste de medias
Innovación de producto (1/0)	0,368 [0,482]	0,110 [0,313]	0,000 **
Nº innovaciones de producto	3,110 [22,000]	1,635 [25,706]	0,000 **

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de las variables observadas a nivel empresa-año, desglosadas según condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I). N representa el nº de observaciones válidas de cada variable (excluye valores perdidos). La última columna muestra el p-valor del contraste de medias entre grupos: i) el test de chi-cuadrado para la variable binaria *Innovación de producto* y ii) el test de Wilcoxon-Mann-Whitney para la variable *Número de innovaciones de producto*, con fuerte asimetría. Los dos son significativos al 1 %.

La desviación típica de *Número de innovaciones de producto* es elevada en ambos grupos, lo que refleja una distribución altamente dispersa y asimétrica. Esta dispersión se explica por la existencia de un pequeño número de empresas —especialmente en sectores como “Textiles y confección” y “Cuero y calzado”— que declaran un volumen muy alto de innovaciones, elevando de forma notable la media y la varianza, a pesar de representar una proporción reducida del total de observaciones. Véase la Nota al pie 30 en relación con el análisis de sensibilidad llevado cabo para comprobar la robustez de las estimaciones frente a estos valores atípicos.

Para estimar en qué medida estas diferencias pueden atribuirse al efecto causal de la ayuda pública sobre dichas variables, se ha empleado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCDH [4], implementado con la función `did_multipligt_dyn` del paquete de R `DIDmultipligtDYN` [9]. Para cada variable, se han estimado cuatro modelos (a) – (d) con distintas especificaciones y se han realizado análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial. Los modelos incluyen controles cuyo objetivo es aumentar la credibilidad en el cumplimiento de los supuestos de tendencias paralelas generalizadas y de no anticipación. Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en el desempeño innovador (véanse, por ejemplo, las referencias [15] y [16]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13].

En el caso del efecto sobre la variable binaria *Innovación de producto*, además de efectos fijos por año y por empresa, los modelos estimados incluyen:

- El modelo (b) introduce tendencias temporales específicas por sector, mediante la inclusión

de tendencias no paramétricas para la variable *Sector*. Este control permite capturar diferencias estructurales en la evolución temporal de la innovación entre sectores, derivadas de factores como el dinamismo tecnológico, la presión competitiva o las exigencias de diferenciación de producto, que podrían sesgar las estimaciones si no se tienen en cuenta.

- El modelo (c) incorpora tendencias específicas por *Tamaño empresarial*.²⁹ Este ajuste reconoce que empresas de distinto tamaño pueden seguir trayectorias diferentes en el desempeño innovador debido a sus capacidades financieras, organizativas o tecnológicas, fortaleciendo así la validez del supuesto de tendencias paralelas. También contribuye a aumentar la credibilidad en el supuesto de no anticipación al controlar por posibles ventajas de las empresas más grandes para acceder a redes institucionales, interpretar señales del entorno político-económico y anticipar la disponibilidad de ayudas públicas.
- El modelo (d) añade la covariable *Edad empresarial*, cuya inclusión responde a la hipótesis de que las empresas jóvenes tienden a innovar en producto como estrategia competitiva para diferenciarse frente a firmas consolidadas, lo que podría implicar trayectorias de innovación distintas antes del tratamiento. Por otro lado, las empresas más maduras pueden contar con una mayor experiencia para anticipar la disponibilidad de ayudas públicas, lo que también podría afectar sus decisiones y su comportamiento innovador en los periodos previos.

En el caso de la variable *Número de innovaciones de producto*, dada su alta asimetría y la presencia de ceros, se ha aplicado una transformación logarítmica del tipo: $\log(\text{Número de innovaciones de producto} + 1)$. Además de efectos fijos por año y por empresa, los modelos estimados incluyen:³⁰

- El modelo (b) controla por tendencias temporales específicas según el *Nivel tecnológico del sector*. De este modo se tiene en cuenta que algunos sectores, por su naturaleza más intensiva en conocimiento, experimentan una mayor presión para renovar y actualizar sus productos con frecuencia, lo que puede dar lugar a trayectorias innovadoras distintas antes del tratamiento.
- El modelo (c) añade tendencias temporales específicas al *Tamaño empresarial*, por los motivos ya mencionados: este ajuste reconoce que las trayectorias en el desempeño innovador pueden diferir sistemáticamente entre pymes y grandes empresas.
- El modelo (d) incorpora también la covariable *Edad empresarial*: empresas más jóvenes pueden tener mayor propensión a aumentar su cartera de productos como vía de posicionamiento competitivo; las más maduras podrían beneficiarse de su experiencia para anticipar ayudas o adaptarse más rápidamente a políticas de fomento de la innovación. Incluir esta variable ayuda, por tanto, a reforzar la validez del análisis causal.

²⁹ Véase Nota al pie 15.

³⁰ Como análisis de robustez, para mitigar la posible influencia de *outliers*, especialmente observados en algunos casos de los sectores de "Textiles y confección" y "Cuero y calzado", donde ciertas empresas declaran un número atípicamente elevado de innovaciones, se han estimado también los modelos utilizando una versión winsorizada de *Número de innovaciones de producto*, en la que los valores superiores fueron sustituidos por el valor correspondiente al percentil 99 de la distribución. La variable resultante fue transformada logarítmicamente mediante $\log(\text{Número de innovaciones de producto winsorizada} + 1)$. Los resultados obtenidos son sustancialmente similares. Esto indica que las estimaciones no están condicionadas por los valores extremos.

La **Tabla 14** y las **Figuras 19** y **20** presentan los resultados de las estimaciones para el efecto de la ayuda pública sobre la variable binaria *Innovación de producto*.

- En relación con la validez de la interpretación causal, los datos permiten estimar tres efectos placebo. Los placebos no revelan ninguna tendencia clara ascendente ni descendente antes del tratamiento, y en todos los modelos se supera el test de nulidad conjunta, lo que refuerza la credibilidad en la no violación de los supuestos clave y, con ello, la interpretación causal de las estimaciones.³¹
- El efecto medio acumulado estimado en un horizonte de siete años (ATE)³² es positivo en todas las especificaciones y significativo al 1 % los modelos (b) – (d). Según las estimaciones, en comparación con un escenario sin intervención, las ayudas públicas incrementaron en promedio entre 0,07 [0,03] y 0,11 [0,03] la probabilidad de innovar en producto, distribuyéndose este efecto en un periodo medio de 3,6 años. Este horizonte temporal es muy similar al tiempo medio de observación de las empresas en la muestra (3,7 años).³³ Por tanto, el impacto de la ayuda pública en la activación de las empresas como innovadoras de producto es un efecto que perduró mientras la empresa estuvo bajo seguimiento. Si bien no es posible afirmar con certeza si este cambio persistió más allá de ese horizonte por limitaciones del periodo de observación, los resultados muestran que el efecto superó claramente la duración media de los proyectos financiados (entre uno y tres años), lo que sugiere que la ayuda pública generó cambios de mayor alcance temporal que el propio proyecto apoyado.
- En cuanto a la dinámica de los efectos, los cuatro modelos identifican un Efecto 1 positivo y estadísticamente significativo al 1 %, con estimaciones que oscilan entre 0,11 [0,03] y 0,15 [0,02]. Después los efectos disminuyen; en los modelos (b) y (d) el Efecto 2 es significativo al 5%; el resto de los efectos son no significativos. El hecho de que el Efecto 1 sea el más intenso sugiere que una parte relevante del impacto de las ayudas públicas sobre la innovación de producto se concentró en el corto plazo, justo tras la recepción de la ayuda. La atenuación posterior del efecto podría deberse a la heterogeneidad en los ciclos de innovación de las empresas, que podrían reiniciar su actividad innovadora más allá del horizonte analizado. Asimismo, en los últimos periodos de análisis, el número de observaciones y de empresas *switchers* es muy reducido, lo que limita la capacidad para identificar efectos persistentes a más largo plazo.
- Respecto a la heterogeneidad de los efectos, solo hay evidencias suficientes en la categoría de tamaño empresarial: el impacto fue mayor en las pymes. Si bien no se dispone de información completa sobre la situación de este grupo antes de recibir la ayuda —debido a la estructura dinámica del panel, en el que las empresas pueden entrar y salir y recibir el tratamiento en momentos distintos—, la evidencia de las empresas no tratadas (véase la **Tabla 13**) y la literatura disponible sobre desigualdades estructurales en los sistemas de innovación, indican que este colectivo partía de niveles significativamente más bajos en su desempeño innovador, por lo que las ayudas habrían contribuido a disminuir brechas en los resultados innovadores de las pymes.

³¹ Véase Nota al pie 16.

³² La magnitud, significancia y duración media del ATE dependen del parámetro *effects* (número de efectos a estimar) especificado en la función `did_multipligt_dyn`.

³³ Véase Nota al pie 18.

Las empresas de regiones menos avanzadas presentaron un efecto ligeramente mayor, tanto a corto como a largo plazo, pero no es significativo, probablemente por la baja potencia estadística del análisis.

La **Tabla 15** y las **Figuras 21** y **22** presentan los resultados de las estimaciones para el efecto sobre la variable *Número de innovaciones de producto (log)*.

- En relación con la validez de la interpretación causal, los datos permiten estimar tres efectos placebo. Todos los modelos superan el test de nulidad conjunta de los placebos.
- El ATE estimado en un horizonte de tres o más años no es significativo en ninguna de las especificaciones. Esto sugiere que el impacto de las ayudas se concentró en el corto plazo.
- Los cuatro modelos identifican un Efecto 1 positivo y estadísticamente significativo al 1 %, con estimaciones que oscilan entre 0,16 [0,06] y 0,17 [0,06]. Deshaciendo la transformación logarítmica, esto implica que, en el primer año tras la recepción de la ayuda, el número de innovaciones de producto se incrementó de media entre un 17 % y un 19 % respecto a un escenario contrafactual sin ayuda. Los efectos posteriores son todos no significativos.
- No hay evidencias concluyentes respecto a heterogeneidades de los efectos: el impacto en el volumen de innovación parece más intenso en los subgrupos con mayores capacidades estructurales, pero en el caso de las empresas pertenecientes a sectores de alta intensidad tecnológica, hay placebos significativos; en el caso de las empresas grandes, el Efecto 1 no es significativo, seguramente debido a la baja potencia estadística por el reducido número de *switchers*.

En cuanto a la dimensión territorial, el efecto parece mayor en las regiones en transición y menos desarrollada, pero de nuevo hay que interpretar este resultado con cautela, debido a la baja potencia estadística del análisis en este subgrupo y a que sus placebos, a pesar de ser todos no significativos, no superan el test de nulidad conjunta, lo que compromete la validez de la interpretación causal.

En conclusión, las ayudas públicas a la I+D+I tuvieron un impacto positivo y estadísticamente significativo sobre la probabilidad de innovar en producto, con un efecto acumulado (ATE) que se distribuyó a lo largo de aproximadamente 3,6 años. Este periodo coincide con el tiempo medio de permanencia de una empresa en la muestra y excede la duración media de los proyectos financiados (habitualmente entre 1 y 3 años). Por tanto, los resultados sugieren que el impacto de la ayuda se prolongó más allá de su ejecución, posiblemente gracias a capacidades organizativas o dinámicas innovadoras que se activaron o consolidaron tras recibir el apoyo público.

En cuanto al número de innovaciones de producto, la ayuda también tuvo un efecto positivo, aunque de naturaleza distinta: el incremento se concentró en el corto plazo, con un efecto estadísticamente significativo en el primer año tras la concesión, equivalente a un aumento medio del 17 % al 19 % en el volumen de innovaciones respecto a un escenario contrafactual sin intervención. Después de ese primer año, los efectos desaparecieron.

El hecho de que el Efecto 1 sea el más intenso en ambas variables puede interpretarse como resultado de esfuerzos dirigidos a innovaciones de tipo incremental, y de instrumentos de ayuda próximos a mercado, como la adquisición de equipamiento o la implementación de tecnologías existentes. En el caso de la probabilidad de innovar, la atenuación posterior podría estar también

condicionada por los diferentes ciclos de innovación en empresas y sectores, y por la falta de muestra suficiente en los años posteriores, lo que impide identificar con certeza si la ayuda continuó generando efectos una vez que las empresas reanudaron nuevas fases innovadoras.

En cuanto a la heterogeneidad de los efectos, los resultados sugieren una dinámica diferenciada en función del punto de partida de las empresas. La ayuda pública habría actuado como un mecanismo de activación de la innovación (en términos de probabilidad) incluso entre los actores más rezagados como las pymes, lo que refuerza su valor como instrumento inclusivo. Sin embargo, el impacto más intenso en términos de volumen parece concentrarse en aquellas con mayores capacidades estructurales, es decir, las de mayor tamaño y las pertenecientes a sectores tecnológicos de nivel medio-alto y alto.

Respecto al entorno territorial, el reducido tamaño muestral del subgrupo de empresas radicadas en regiones en transición y menos desarrollada impide extraer conclusiones firmes. No obstante, los resultados apuntan a un patrón esperanzador: la ayuda pública habría tanto activado la innovación en empresas previamente inactivas como intensificado el volumen innovador en empresas ya activas en estos territorios. Aunque se requieren análisis con mayor potencia estadística, estos indicios sugieren que las ayudas habrían ampliado la base innovadora en estos entornos y reforzado la capacidad de sus agentes más dinámicos, contribuyendo así a la reducción de brechas regionales en materia de innovación.

Tabla 13. Comparación de medias entre observaciones de empresas no tratadas

Categoría de región		Nivel tecnológico sector		Tamaño empresarial	
Más desarrollo (N = 6.304)	Resto (N = 1.745)	Alto y Medio-alto (N = 1.727)	Bajo y Medio-bajo (N = 6.322)	> 200 (N = 991)	≤ 200 (N = 7.057)
<i>Variable: Innovación de producto (1/0)</i>					
0,117 [0,321]	0,087 [0,281]	0,167 [0,373]	0,095 [0,293]	0,192 [0,394]	0,099 [0,298]
Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**	
<i>Variable: Número de innovaciones de producto</i>					
1,770 [27,576]	1,144 [17,341]	0,803 [3,366]	1,862 [28,948]	1,261 [12,384]	1,687 [27,059]
Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**	
<i>Variable: Número de innovaciones de producto winsorizada al percentil 99 (véase Nota al pie 30)</i>					
0,569 [2,525]	0,468 [2,332]	0,713 [2,521]	0,502 [2,473]	0,796 [2,682]	0,512 [2,454]
Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**	

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresarial, solo para empresas no tratadas y desglosada por categoría de región, nivel tecnológico del sector y tamaño empresarial. N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). Los p-valores corresponden al test de chi-cuadrado para la variable discreta y al test de Wilcoxon-Mann-Whitney para las variables continuas. Todos son significativos al 1 %.

Tabla 14. Estimaciones del efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Innovación de producto*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	Efecto 6	Efecto 7	ATE 7 años	Nul. placeb. efectos	Nul. efectos	Controles			
															A	B	C	D
Todas	Modelo (a) <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	-0,03 [0,13] (19; 815)	-0,04 [0,05] (56; 2.033)	0,02 [0,03] (148; 4.244)	0,11** [0,03] (246; 5.976)	0,03 [0,02] (176; 4.323)	-0,00 [0,02] (132; 2.909)	0,00 [0,02] (112; 2.142)	0,01 [0,02] (77; 1.488)	-0,03 [0,02] (39; 877)	-0,04 [0,03] (21; 372)	0,05 [0,04] (803; 6.593)	0,694	0,004**				
	Modelo (b) <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	-0,04 [0,10] (16; 194)	0,00 [0,04] (49; 748)	0,03 [0,02] (140; 2.325)	0,13** [0,03] (235; 3.783)	0,02 [0,02] (163; 2.481)	0,01 [0,01] (121; 1.677)	0,02 [0,01] (101; 1.391)	-0,01 [0,01] (67; 878)	-0,01 [0,02] (34; 363)	-0,03 [0,02] (17; 121)	0,07** [0,03] (738; 5.411)	0,523	0,000**				
	Modelo (c) <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	0,02 [0,05] (16; 156)	0,05 [0,03] (45; 594)	0,03 [0,02] (133; 1.872)	0,14** [0,02] (223; 3.189)	0,04* [0,02] (149; 2.044)	0,02 [0,01] (102; 1.312)	0,01 [0,01] (89; 1.099)	-0,02 [0,01] (58; 708)	-0,00 [0,01] (29; 318)	-0,02 [0,03] (15; 102)	0,10** [0,03] (665; 4.818)	0,210	0,000**				
	Modelo (d) <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	0,02 [0,05] (16; 156)	0,05 [0,03] (45; 594)	0,03 [0,02] (131; 1.864)	0,15** [0,02] (213; 2.991)	0,04* [0,02] (148; 2.009)	0,02 [0,01] (102; 1.312)	0,02 [0,01] (89; 1.099)	-0,01 [0,01] (58; 708)	0,00 [0,01] (29; 318)	-0,02 [0,03] (15; 102)	0,11** [0,03] (654; 4.622)	0,244	0,000**				
Tipo región	Más desarr. <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	0,10 [0,16] (13; 625)	-0,02 [0,05] (47; 1.586)	0,02 [0,04] (125; 3.321)	0,11** [0,03] (208; 4.686)	0,03 [0,03] (148; 3.383)	-0,00 [0,02] (108; 2.271)	0,00 [0,02] (93; 1.668)	-0,00 [0,02] (65; 1.150)	-0,03 [0,03] (33; 674)	-0,07 [0,04] (17; 285)	0,04 [0,05] (672; 5.195)	0,768	0,005**				
	Resto <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	-0,33 [0,25] (6; 188)	-0,15 [0,14] (9; 337)	0,02 [0,10] (23; 778)	0,13 [0,07] (38; 1.060)	0,03 [0,04] (28; 732)	0,01 [0,03] (24; 636)	0,01 [0,03] (19; 472)	0,07** [0,00] (12; 338)	0,01* [0,00] (6; 203)	0,08 [0,07] (4; 87)	0,13 [0,07] (131; 1.317)	0,434	0,000**				
Nivel tecnol.	Alto y Medio-alto <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	0,22** [0,06] (5; 168)	0,13* [0,06] (18; 420)	0,13* [0,06] (45; 921)	0,11* [0,05] (85; 1.334)	0,05 [0,04] (62; 948)	-0,04 [0,03] (45; 625)	0,00 [0,03] (37; 455)	-0,03 [0,04] (25; 316)	-0,14 [0,07] (10; 110)	-0,12 [0,06] (6; 84)	0,01 [0,08] (270; 1.530)	0,000**	0,005**				
	Bajo y Medio-bajo <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	-0,19 [0,17] (14; 642)	-0,13 [0,07] (38; 1.604)	-0,03 [0,04] (103; 3.323)	0,11** [0,04] (161; 4.642)	0,01 [0,03] (114; 3.375)	0,02 [0,02] (87; 2.284)	0,00 [0,02] (75; 1.687)	0,02 [0,02] (52; 1.172)	0,01 [0,02] (29; 691)	-0,01 [0,04] (15; 288)	0,07 [0,05] (533; 5.063)	0,294	0,147				
Tamaño	> 200 <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	-0,17 [0,29] (5; 65)	-0,05 [0,15] (18; 162)	-0,16 [0,08] (31; 412)	0,06 [0,06] (56; 657)	0,00 [0,04] (46; 494)	-0,05 [0,04] (39; 364)	0,02 [0,04] (38; 304)	0,02 [0,04] (24; 205)	-0,03 [0,06] (8; 103)	-0,14 [0,08] (5; 49)	-0,00 [0,09] (216; 1.003)	0,276	0,098+				
	≤ 200 <i>Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos</i>	0,03 [0,15] (14; 715)	-0,02 [0,05] (38; 1.758)	0,07 [0,04] (117; 3.650)	0,13** [0,04] (190; 5.122)	0,04 [0,03] (130; 3.705)	0,01 [0,02] (93; 2.496)	0,00 [0,02] (74; 1.838)	0,01 [0,02] (53; 1.283)	-0,02 [0,02] (31; 764)	-0,02 [0,04] (16; 323)	0,08 [0,05] (587; 5.567)	0,188	0,015*				

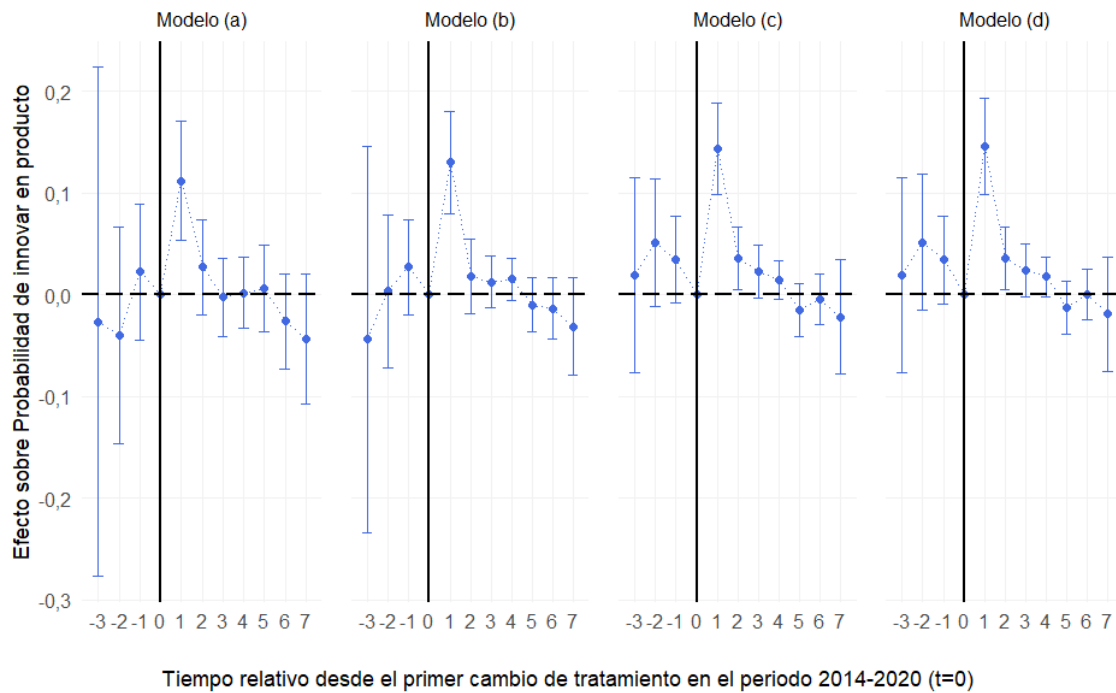
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multipligt_dyn`. **Est.**: Estimación del efecto; **SE**: Error estándar robusto; **Switchers**: N° de empresas que cambian de estado de tratamiento; **N**: N° de observaciones; **ATE**: Efecto acumulado medio; **Prom. periodos**: N° medio de años sobre los que se acumula el ATE; **p (Wald)**: p-valor del test de igualdad de los efectos; **Nul. placeb.**: p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos, si no es significativo, no hay evidencia de efecto previo al tratamiento; **Nul. efectos**: p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos, si no es significativo, no hay evidencia de efectos conjuntos; **Controles**: **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Ajuste por tendencias específicas por Sector; **C** = Ajuste por tendencias específicas por *Tamaño empresarial_2*; **D** = *Edad empresarial*; **Niveles de significación estadística**: (**) = $p < 0,01$, (*) = $p < 0,05$, (+) = $p < 0,1$.

Tabla 15. Estimaciones del efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable *Número de innovaciones de producto (log)*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	Efecto 6	Efecto 7	ATE 7 años	Nul. placebo.	Nul. efectos	Controles			
															A	B	C	D
Todas	Modelo (a) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,02 [0,17] (19; 815)	-0,09 [0,08] (56; 2.033)	-0,01 [0,06] (148; 4.244)	0,16** [0,06] (246; 5.976)	0,01 [0,04] (176; 4.323)	-0,01 [0,04] (132; 2.909)	-0,01 [0,03] (112; 2.142)	-0,00 [0,04] (77; 1.488)	-0,07 [0,05] (39; 877)	-0,08 [0,06] (21; 372)	0,03 [0,09] (803; 6.593)	0,703	0,018*				
	Modelo (b) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,07 [0,15] (19; 810)	-0,11 [0,08] (56; 2.024)	-0,01 [0,06] (148; 4.244)	0,17** [0,06] (246; 5.976)	0,01 [0,04] (176; 4.323)	-0,01 [0,04] (132; 2.909)	-0,01 [0,03] (112; 2.142)	-0,00 [0,04] (77; 1.488)	-0,07 [0,05] (39; 801)	-0,08 [0,06] (21; 372)	0,04 [0,09] (803; 6.593)	0,629	0,015*				
	Modelo (c) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,07 [0,15] (19; 773)	-0,08 [0,07] (56; 1.889)	-0,01 [0,06] (148; 3.872)	0,17** [0,06] (246; 5.740)	0,02 [0,04] (176; 4.077)	-0,01 [0,04] (132; 2.754)	-0,00 [0,03] (112; 2.017)	0,01 [0,03] (77; 1.303)	-0,06 [0,05] (39; 689)	-0,07 [0,05] (21; 293)	0,05 [0,08] (803; 6.569)	0,654	0,010*				
	Modelo (d) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,07 [0,15] (19; 773)	-0,08 [0,07] (56; 1.889)	-0,01 [0,06] (146; 3.852)	0,16** [0,06] (236; 5.482)	0,02 [0,04] (175; 4.063)	-0,01 [0,04] (132; 2.754)	-0,01 [0,03] (112; 2.017)	0,00 [0,03] (77; 1.303)	-0,06 [0,05] (39; 689)	-0,07 [0,05] (21; 293)	0,05 [0,08] (792; 6.438)	0,649	0,018*				
Tipo región	Más desarr. <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,11 [0,23] (13; 625)	-0,11 [0,09] (47; 1.586)	-0,04 [0,06] (125; 3.321)	0,16* [0,07] (208; 4.686)	0,00 [0,05] (148; 3.383)	-0,03 [0,05] (108; 2.271)	-0,02 [0,04] (93; 1.668)	-0,03 [0,04] (65; 1.150)	-0,08 [0,06] (33; 674)	-0,11 [0,07] (17; 285)	-0,00 [0,10] (672; 5.195)	0,472	0,042*				
	Resto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,31 [0,18] (6; 188)	-0,04 [0,10] (9; 337)	0,18 [0,10] (23; 778)	0,18* [0,08] (38; 1.060)	0,03 [0,07] (28; 732)	0,08 [0,05] (24; 636)	0,05 [0,03] (19; 472)	0,13 [0,08] (12; 338)	0,01 [0,01] (6; 203)	0,09 [0,07] (4; 87)	0,26* [0,11] (131; 1.317)	0,034	0,024*				
Nivel tecnol.	Alto y Medio-alto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,18* [0,08] (5; 168)	0,13 [0,11] (18; 420)	0,20** [0,08] (45; 921)	0,20** [0,07] (85; 1.334)	0,09 [0,08] (62; 948)	-0,03 [0,06] (45; 625)	0,04 [0,06] (37; 455)	0,00 [0,09] (25; 316)	-0,16 [0,13] (10; 110)	-0,19 [0,12] (6; 84)	0,09 [0,15] (270; 1.530)	0,014	0,004**				
	Bajo y Medio-bajo <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,21 [0,22] (14; 642)	-0,21 [0,11] (38; 1.604)	-0,10 [0,07] (103; 3.323)	0,15 [0,08] (161; 4.642)	-0,03 [0,05] (114; 3.375)	-0,00 [0,05] (87; 2.284)	-0,03 [0,04] (75; 1.687)	-0,01 [0,05] (52; 1.172)	-0,04 [0,05] (29; 691)	-0,03 [0,07] (15; 288)	0,01 [0,11] (533; 5.063)	0,202	0,206				
Tamaño	> 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,11 [0,28] (5; 65)	-0,08 [0,25] (18; 162)	-0,23 [0,12] (31; 412)	0,18 [0,10] (56; 657)	0,04 [0,08] (46; 494)	-0,02 [0,07] (39; 364)	0,08 [0,06] (38; 304)	0,09 [0,10] (24; 205)	-0,04 [0,08] (8; 103)	-0,32 [0,17] (5; 49)	0,13 [0,17] (216; 1.003)	0,191	0,015*				
	≤ 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,07 [0,21] (14; 715)	-0,08 [0,07] (38; 1.758)	0,05 [0,07] (117; 3.650)	0,16* [0,07] (190; 5.122)	0,01 [0,05] (130; 3.705)	0,00 [0,05] (93; 2.496)	-0,04 [0,03] (74; 1.838)	-0,02 [0,04] (53; 1.283)	-0,06 [0,05] (31; 764)	-0,00 [0,04] (16; 323)	0,03 [0,10] (587; 5.567)	0,447	0,057+				

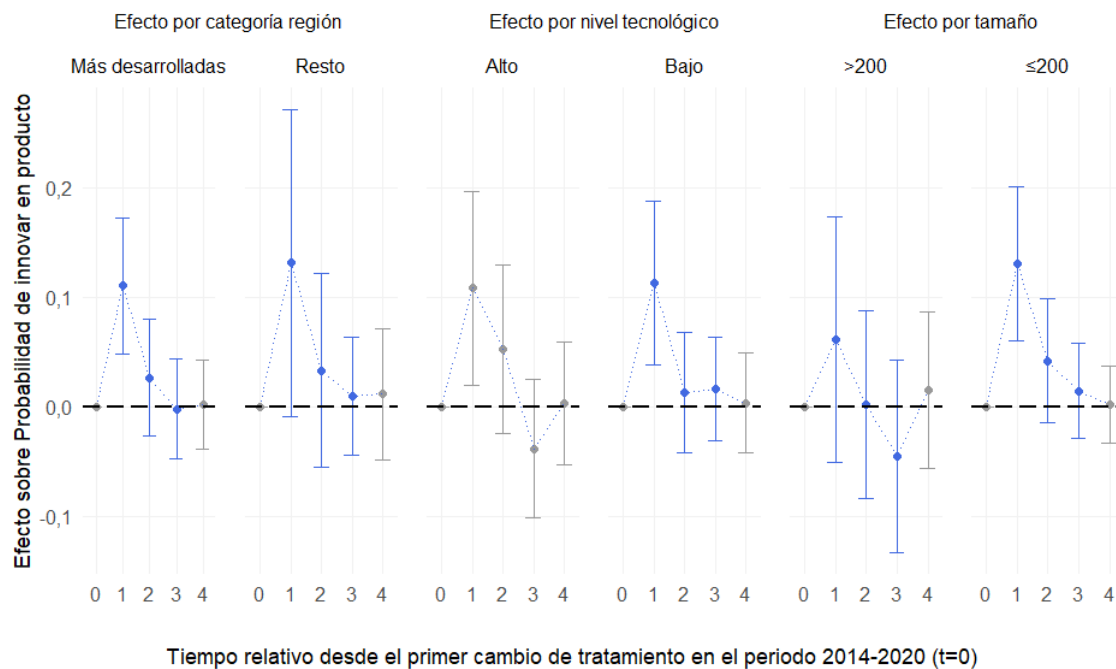
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multiplejt_dyn`. **Est.**: Estimación del efecto; **SE**: Error estándar robusto; **Switchers**: N° de empresas que cambian de estado de tratamiento; **N**: N° de observaciones; **ATE**: Efecto acumulado medio; **Prom. periodos**: N° medio de años sobre los que se acumula el ATE; **p (Wald)**: p-valor del test de igualdad de los efectos; **Nul. placebo.**: p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos, si no es significativo, no hay evidencia de efecto previo al tratamiento; **Nul. efectos**: p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos, si no es significativo, no hay evidencia de efectos conjuntos; **Controles**: **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Ajuste por tendencias específicas por *Nivel tecnológico del sector*; **C** = Ajuste por tendencias específicas por *Tamaño empresarial_2*; **D** = *Edad empresarial*; **Niveles de significación estadística**: (**) = p < 0,01, (*) = p < 0,05, (+) = p < 0,1.

Figura 19. Efectos estimados de la ayuda pública sobre la variable binaria *Innovación de producto*



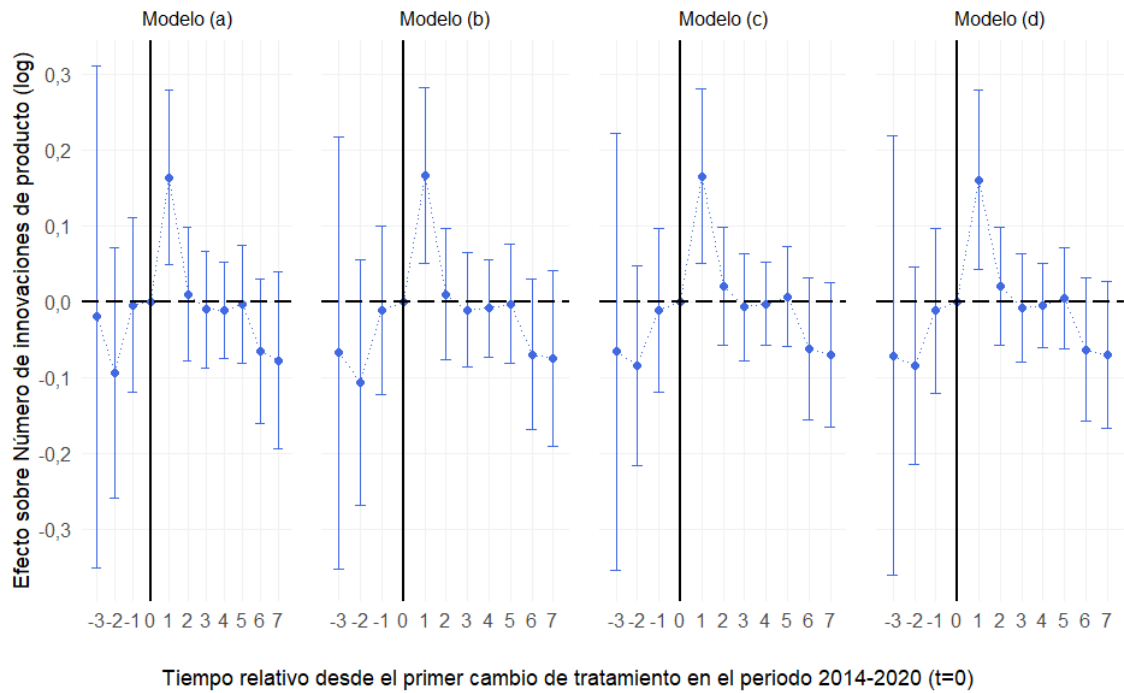
Notas: Los gráficos de la Figura 19 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 14**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 20. Heterogeneidad de los efectos estimados sobre la variable binaria *Innovación de producto*



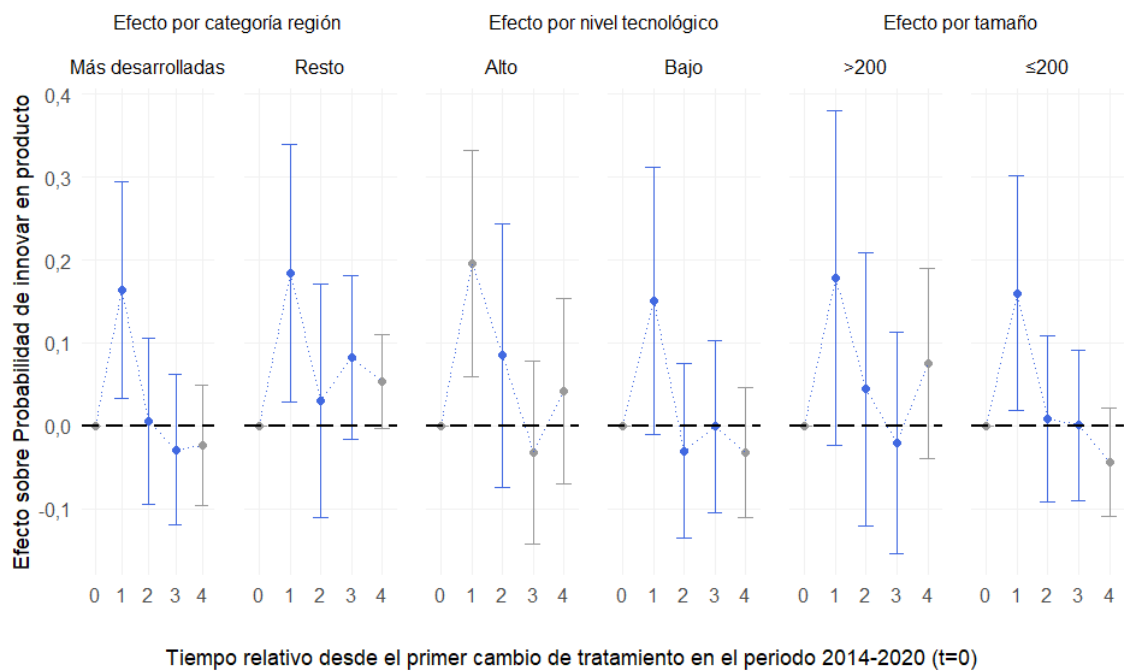
Notas: Los gráficos de la Figura 20 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 14**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los cuatro primeros efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

Figura 21. Efectos estimados de la ayuda pública sobre *Número de innovaciones de producto (log)*



Notas: Los gráficos de la Figura 21 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 15**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 22. Heterogeneidad de los efectos estimados sobre *Número de innovaciones de producto (log)*



Notas: Los gráficos de la Figura 22 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 15**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los cuatro primeros efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

4.5. Adicionalidad de resultados: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable *Innovación de proceso*

La obtención de innovaciones de proceso –entendidas como modificaciones sustanciales en los procesos de producción y/o distribución, tales como la introducción de nuevas técnicas o métodos, nuevas maquinarias o equipos, o nuevos programas informáticos vinculados a procesos industriales– se recoge en los cuestionarios de la ESEE a través del apartado E.8, que pregunta si se introdujeron innovaciones de proceso en el año considerado. A partir de las respuestas se construye para cada observación (combinación empresa-año) una variable binaria indicadora de *Innovación de proceso* (toma valor 1 si se obtuvo al menos una innovación, y 0 en caso contrario).

La **Tabla 16** refleja que, en la muestra de empresas industriales innovadoras para el periodo 2014-2021, existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de esta variable entre las empresas que recibieron ayuda pública para I+D+I y aquellas que no.

Tabla 16. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Con ayuda (N = 1.067)	Sin ayuda (N = 8.050)	Test contraste de medias
Innovación de proceso (1/0)	0,642 [0,480]	0,416 [0,493]	0,000**

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresa-año, desglosada por condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I empresarial). N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor corresponde al test de chi-cuadrado, significativo al 1 %.

Para estimar en qué medida esta diferencia puede atribuirse al efecto causal de la ayuda pública sobre la innovación de proceso, se ha utilizado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCDH [4], implementado con la función `did_multipligt_dyn` del paquete de R `DIDmultipligtDYN` [9]. Se han estimado cuatro modelos (a) – (d) con distintas especificaciones y se han realizado análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial. Todos los modelos incluyen efectos fijos por año y por empresa. Además, incluyen otros controles cuyo objetivo es aumentar la credibilidad en el cumplimiento de los supuestos de tendencias paralelas generalizadas y de no anticipación. Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en el desempeño innovador (véase, por ejemplo, la referencia [16]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13].

- El modelo (a) incluye las covariables *Coste de la deuda mayor que la media del sector* y *Mercado atomizado*. La primera captura restricciones financieras que pueden condicionar la capacidad de la empresa para acometer inversiones en innovación de proceso. Las empresas con mayor coste de financiación podrían tener más dificultades para acometer inversiones en procesos intensivos en capital –como la adopción de tecnologías de automatización– en ausencia de ayuda pública, lo que introduce potenciales diferencias sistemáticas en sus trayectorias de innovación en proceso. La segunda variable controla por el grado de competencia en el mercado en que opera la empresa. En mercados más atomizados, donde la competencia es más intensa, las empresas tienen mayores incentivos para reducir costes mediante la innovación de proceso. Incluir esta covariable permite corregir trayectorias diferenciadas asociadas al entorno competitivo, reforzando así la plausibilidad del supuesto de igualdad de tendencias.

- El modelo (b) añade tendencias temporales específicas por *Sector*. Este ajuste permite controlar por trayectorias diferenciadas en innovación de proceso que pueden surgir de entornos sectoriales con distinta madurez. En industrias más maduras, la presión para optimizar procesos y reducir costes suele ser mayor.
- El modelo (c) incluye, además, la covariable *Edad empresarial*. Su inclusión se justifica por la hipótesis de que las empresas más consolidadas, al operar a mayor escala y tener estructuras internas más estables, tienden a destinar más recursos a la mejora de procesos para reducir costes y explotar economías de escala. Además, empresas más antiguas pueden estar mejor conectadas con el entorno institucional.
- El modelo (c) añade controles por tendencias temporales específicas según el *Tamaño empresarial*,³⁴ reconociendo que las trayectorias de innovación pueden diferir sistemáticamente entre pequeñas y grandes empresas. Este ajuste ayuda a neutralizar posibles correlaciones entre el tamaño de la empresa y su evolución en innovación de proceso, fortaleciendo la identificación. Además, está alineado con evidencia teórica que indica que, a medida que las empresas crecen y los márgenes se reducen, aumenta el incentivo a centrar esfuerzos en innovaciones de proceso como vía para explotar economías de escala y mejorar la eficiencia operativa. Asimismo, refuerza el supuesto de no anticipación frente a la hipótesis de que las empresas más grandes tienen ventajas para acceder a redes institucionales, interpretar señales del entorno político-económico y anticipar la disponibilidad de ayudas públicas.

La **Tabla 18** y las **Figuras 23** y **24** presentan los resultados de las estimaciones para el efecto de la ayuda pública sobre la variable binaria *Innovación de proceso*.

- En relación con la validez de la interpretación causal, los datos permiten estimar tres efectos placebo. En los modelos (a) - (d), ningún placebo es significativo y todos superan el test de nulidad conjunta. No obstante, especialmente en los modelos (a) y (d) se observa una tendencia ascendente de los placebos, lo que sugiere la posible presencia de una tendencia no controlada antes del tratamiento que podría sesgar al alza las estimaciones.³⁵
- El efecto medio acumulado (ATE)³⁶ estimado en un horizonte de más de cuatro años no es significativo en ningún modelo. El ATE a tres años tiene estimaciones significativas al 1 % que van de 0,10 [0,05] a 0,15 [0,04]. Se distribuye en un periodo promedio de 2,3-2,4 años, coherente con la duración media de los proyectos financiados, que suele oscilar entre 1 y 3 años.
- En cuanto a la dinámica de los efectos, los modelos identifican efectos positivos y significativos los dos primeros años tras la recepción de la ayuda, positivo y no significativo el tercero y negativos a partir del cuarto, siendo parte de estos efectos negativos significativos. El elevado número de valores perdidos en la variable de control *Coste de la deuda mayor a la media del sector*, introducida en los modelos para garantizar placebos no significativos, limita mucho el número de observaciones disponibles para estimar el Efecto 3 y posteriores

³⁴ Véase Nota al pie 15.

³⁵ Véase Nota al pie 16.

³⁶ La magnitud, significancia y duración media del ATE dependen del parámetro *effects* (número de efectos a estimar) especificado en la función *did_multiplegt_dyn*.

y, con ello, la potencia estadística del análisis. Por ello, el patrón observado ha de interpretarse con cautela, pero sugiere que, tras la finalización del proyecto objeto de la ayuda, la probabilidad de innovar en proceso disminuye respecto al escenario contrafactual sin ayuda. Este comportamiento puede estar vinculado a una caída de la inversión en innovación de proceso tras el esfuerzo asociado a la ayuda.

- Respecto a la heterogeneidad de los efectos, aunque no se dispone de información completa sobre la situación antes de recibir la ayuda de los distintos subgrupos analizados —debido a la estructura dinámica del panel, en el que las empresas pueden entrar y salir y recibir el tratamiento en momentos distintos—, la evidencia de las empresas no tratadas (véase la **Tabla 17**) apunta a que antes del tratamiento sólo hay diferencias significativas asociadas al tamaño empresarial: las pymes presentan una probabilidad de innovar en proceso significativamente más baja que las grandes empresas (40 % frente a 50 %). El impacto positivo inicial de la ayuda en estas empresas es similar al de las grandes, lo que sugiere un efecto nivelador en la entrada a la innovación de proceso. Sin embargo, los efectos negativos a partir del cuarto año son más pronunciados en las pymes, lo que puede reflejar mayores dificultades para sostener la actividad innovadora una vez finalizado el apoyo público, posiblemente debido a su menor disponibilidad de recursos.

En cuanto al nivel tecnológico del sector, el impacto positivo parece ser mayor en empresas pertenecientes a sectores de intensidad baja y media-baja. La significancia del Placebo 3 impide realizar una comparativa fiable de los efectos negativos; en cualquier caso, estos son menos intensos que en las empresas de intensidad tecnológica más alta, lo cual es coherente con la hipótesis de que, en industrias más maduras, existen mayores incentivos para que no decaiga la innovación en proceso, por su importancia para reducir costes y mejorar la eficiencia.

Por categoría de región, si se tiene en cuenta la menor potencia estadística del análisis en el subgrupo de regiones en transición y menos desarrollada debido al menor número de empresas *switchers*, se puede interpretar, aunque con cautela, que en este subgrupo los efectos positivos son menores y los negativos más intensos.

En conjunto, los resultados permiten concluir que, en comparación con un escenario sin intervención, las empresas beneficiarias experimentaron un aumento en la probabilidad de introducir innovaciones de proceso. Este efecto positivo se concentró en un periodo medio de casi dos años y medio, que va más allá de la duración media de los proyectos financiados. A partir de ese momento, el impacto se vuelve negativo: la probabilidad de innovar en proceso pasa a ser menor que la estimada en ausencia de ayuda. Este patrón podría reflejar el carácter puntual de muchas innovaciones de proceso —como la robotización— que exigen inversiones iniciales significativas en equipamiento; una vez finalizado el proyecto, la inversión en procesos tiende a decaer tras el esfuerzo realizado. Esto es coherente con el hecho de que los efectos negativos posteriores sean más acusados en las pymes y en las empresas ubicadas en las regiones en transición o en la menos desarrollada, que en promedio afrontan mayores restricciones de recursos. A pesar de ello, el análisis de heterogeneidad sugiere que las ayudas contribuyeron a reducir brechas estructurales en el sistema de innovación, activando especialmente la innovación de proceso en las pymes y en empresas de sectores con nivel tecnológico bajo y medio-bajo. En las regiones en transición y menos desarrolladas, si bien las ayudas contribuyeron a ampliar la base

de empresas que innovan en proceso, no fueron suficientes para disminuir las brechas regionales en este ámbito.

Tabla 17. Comparación de medias entre observaciones de empresas no tratadas

<i>Variable: Innovación de proceso (1/0)</i>					
Categoría de región		Nivel tecnológico sector		Tamaño empresarial	
Más desarrollo (N = 6.305)	Resto (N = 1.745)	Alto y Medio-alto (N = 1.731)	Bajo y Medio-bajo (N = 6.319)	> 200 (N = 1.003)	≤ 200 (N = 7.046)
0,415 [0,493]	0,419 [0,494]	0,431 [0,495]	0,412 [0,492]	0,508 [0,500]	0,403 [0,490]
Contraste medias: 0,752		Contraste medias: 0,159		Contraste medias: 0,000**	

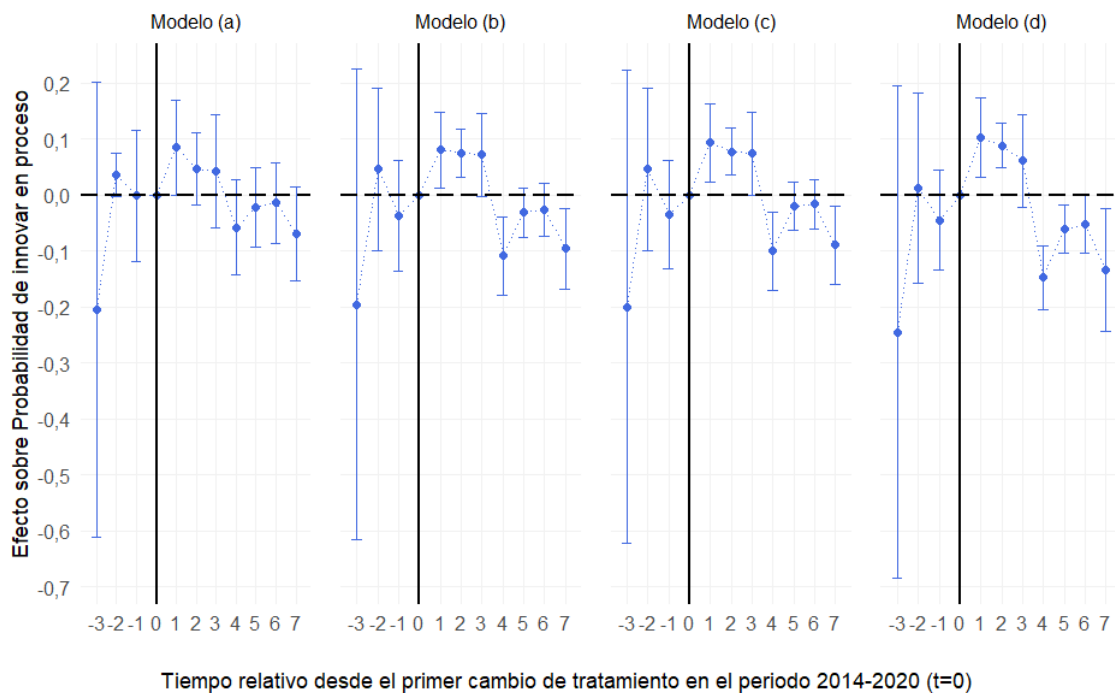
Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresarial, solo para empresas no tratadas y desglosada por categoría de región, nivel tecnológico del sector y tamaño empresarial. N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). Los p-valores corresponden al test de chi-cuadrado; (**) indica que es significativo el 1 %.

Tabla 18. Estimaciones del efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Innovación de proceso*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	Efecto 6	Efecto 7	ATE 3 años	Nul. place.	Nul. efect.	Controles						
															A	B	C	D	E	F	
Todas	Modelo (a)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,21 [0,21] (10; 339)	0,04 [0,02] (18; 777)	-0,00 [0,06] (66; 2.107)	0,08* [0,04] (166; 3.848)	0,05 [0,03] (99; 2.397)	0,04 [0,05] (51; 1.411)	-0,06 [0,04] (49; 1.195)	-0,02 [0,04] (49; 1.026)	-0,01 [0,04] (29; 633)	-0,07 [0,04] (16; 292)	0,10* [0,05] (316; 4.375)	0,171	0,162						
	Modelo (b)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,20 [0,21] (7; 56)	0,05 [0,07] (12; 122)	-0,04 [0,05] (62; 778)	0,08* [0,03] (155; 2.030)	0,08** [0,02] (84; 1.085)	0,07 [0,04] (43; 480)	-0,11** [0,04] (43; 432)	-0,03 [0,02] (44; 492)	-0,03 [0,02] (25; 207)	-0,10** [0,04] (14; 83)	0,13** [0,04] (282; 2.932)	0,265	0,000						
	Modelo (c)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,20 [0,22] (7; 56)	0,05 [0,07] (12; 122)	-0,04 [0,05] (61; 769)	0,09** [0,04] (147; 1.860)	0,08** [0,02] (84; 1.083)	0,07 [0,04] (43; 480)	-0,10** [0,04] (43; 432)	-0,02 [0,02] (44; 492)	-0,02 [0,02] (25; 207)	-0,09* [0,04] (14; 83)	0,14** [0,04] (274; 2.776)	0,256	0,000						
	Modelo (d)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,25 [0,22] (7; 54)	0,01 [0,09] (12; 98)	-0,05 [0,05] (56; 611)	0,10** [0,04] (135; 1.532)	0,09** [0,02] (81; 892)	0,06 [0,04] (39; 401)	-0,15** [0,03] (42; 375)	-0,06** [0,02] (36; 361)	-0,05 [0,03] (20; 187)	-0,13* [0,06] (11; 73)	0,15** [0,04] (255; 2.368)	0,468	0,000						
Tipo región	Más desarr.	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,45** [0,17] (13; 624)	-0,06 [0,06] (48; 1.572)	0,01 [0,04] (130; 3.311)	0,10** [0,04] (213; 4.686)	0,02 [0,03] (151; 3.375)	-0,05 [0,03] (112; 2.258)	-0,04 [0,03] (95; 1.664)	0,01 [0,03] (67; 1.158)	-0,03 [0,03] (33; 680)	-0,00 [0,05] (17; 290)	0,04 [0,05] (476; 4.998)	0,067	0,004						
	Resto	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,66 [0,36] (6; 189)	-0,17 [0,13] (9; 337)	-0,07 [0,06] (23; 776)	0,05 [0,10] (39; 1.061)	0,05 [0,07] (29; 733)	-0,04 [0,06] (24; 637)	0,01 [0,07] (18; 469)	-0,11 [0,06] (12; 337)	-0,11* [0,05] (6; 202)	-0,01 [0,09] (4; 88)	0,03 [0,12] (92; 1.273)	0,222	0,142						
Nivel tecnol.	Alto y Medio-alto	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,18 [0,21] (5; 171)	-0,02 [0,10] (19; 426)	0,02 [0,07] (49; 933)	0,08 [0,05] (90; 1.349)	0,02 [0,05] (65; 960)	-0,04 [0,04] (48; 634)	-0,06 [0,04] (38; 464)	-0,03 [0,05] (27; 325)	-0,04 [0,05] (10; 114)	0,02 [0,10] (6; 87)	0,02 [0,07] (203; 1.474)	0,768	0,305						
	Bajo y Medio-bajo	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,70** [0,20] (14; 636)	-0,12 [0,07] (38; 1.578)	-0,02 [0,05] (104; 3.297)	0,12** [0,05] (162; 4.625)	0,04 [0,03] (115; 3.353)	-0,05 [0,03] (88; 2.263)	-0,02 [0,03] (75; 1.671)	0,00 [0,03] (52; 1.170)	-0,04 [0,03] (29; 691)	-0,00 [0,05] (15; 291)	0,06 [0,06] (365; 4.882)	0,003	0,007						
Tamaño	> 200	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,66* [0,26] (5; 73)	-0,21* [0,10] (18; 176)	-0,14 [0,09] (34; 434)	0,10 [0,06] (61; 683)	-0,00 [0,04] (48; 513)	-0,06 [0,05] (41; 379)	-0,02 [0,04] (38; 316)	-0,05 [0,05] (24; 214)	0,05 [0,07] (8; 108)	0,06 [0,07] (5; 55)	0,01 [0,09] (150; 901)	0,010	0,049						
	≤ 200	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,46* [0,20] (14; 705)	-0,03 [0,07] (39; 1.726)	0,03 [0,04] (119; 3.614)	0,10* [0,04] (191; 5.095)	0,04 [0,03] (132; 3.674)	-0,05 [0,03] (95; 2.466)	-0,04 [0,03] (75; 1.819)	0,00 [0,03] (55; 1.281)	-0,07* [0,03] (31; 762)	-0,02 [0,05] (16; 323)	0,05 [0,05] (418; 5.377)	0,113	0,008						

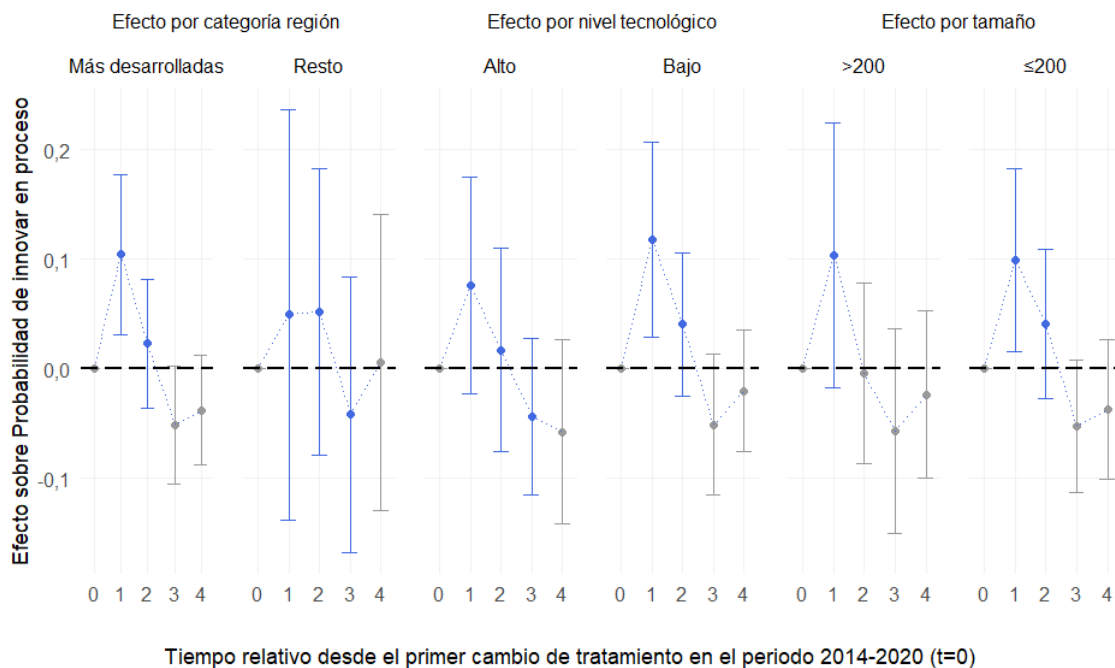
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multipleqt_dyn`. **Est.**: Estimación del efecto; **SE**: Error estándar robusto; **Switchers**: Nº de empresas que cambian de estado de tratamiento; **N**: Nº de observaciones; **ATE**: Efecto acumulado medio; **Prom. periodos**: Nº medio de años sobre los que se acumula el ATE; **p (Wald)**: p-valor del test de igualdad de los efectos; **Nul. placeb.**: p-valor del test de nulidad conj. de los placebos, si no es significativo, no hay evidencia de efecto pretratamiento; **Nul. efectos**: p-valor del test de nulidad conj. de los efectos, si no es significativo, no hay evidencia de efectos conjuntos; **Controles**: **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = *Coste de la deuda mayor a la media del sector*; **C** = *Mercado atomizado*; **D** = Ajuste por tendencias por Sector; **E** = *Edad empresarial*; **F** = Ajuste por tendencias por *Tamaño_2*; **Significación estadística**: (**) = $p < 0,01$, (*) = $p < 0,05$, (+) = $p < 0,1$.

Figura 23. Efectos estimados de la ayuda pública sobre la variable binaria *Innovación de proceso*



Notas: Los gráficos de la Figura 23 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 18**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 24. Heterogeneidad de los efectos estimados sobre la variable binaria *Innovación de proceso*



Notas: Los gráficos de la Figura 24 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 18**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

4.6. Adicionalidad de resultados: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre las variables relacionadas con la protección de invenciones mediante títulos de propiedad industrial

La protección de invenciones mediante títulos de propiedad industrial se recoge en los cuestionarios de la ESEE a través de los apartados E.4 – E.6, que preguntan si se registraron patentes en España o en el extranjero o modelos de utilidad durante el año de referencia y, en caso afirmativo, su número. A partir de las respuestas se construyen seis variables para cada observación (combinación empresa-año): tres variables binarias indicadoras de registro de patentes en España, en el extranjero y de modelos de utilidad (valor 1 si se registró y 0 en caso contrario), y tres variables discretas que recogen el número de patentes registradas en España, en el extranjero y de modelos de utilidad. Además, se construye una variable binaria indicadora del registro de invenciones (patentes y/o modelos de utilidad) y una discreta que suma el número de registros.

La **Tabla 19** refleja que, en la muestra de empresas industriales innovadoras para el periodo 2014-2021, existen diferencias estadísticamente significativas en la media de estas variables entre las empresas que recibieron ayuda pública para I+D+I y aquellas que no.

Tabla 19. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Empresas con ayuda	Empresas sin ayuda	Test contraste de medias
Registro de patentes en España (1/0)	0,054 [0,226] (N = 891)	0,014 [0,118] (N = 8.282)	0,000**
Nº patentes registradas en España	0,237 [1,233] (N = 891)	0,088 [1,658] (N = 8.282)	0,000 **
Registro de patentes en extranjero (1/0)	0,035 [0,183] (N = 892)	0,009 [0,092] (N = 8.269)	0,000**
Nº patentes registradas en extranjero	1,320 [16,381] (N = 892)	0,086 [1,291] (N = 8.269)	0,000 **
Registro de modelos de utilidad (1/0)	0,020 [0,141] (N = 892)	0,006 [0,079] (N = 8.247)	0,000 **
Nº modelos de utilidad registrados	0,075 [0,636] (N = 892)	0,031 [0,515] (N = 8.247)	0,000 **
Registro de invenciones (1/0)	0,095 [0,293] (N = 896)	0,021 [0,144] (N = 8.301)	0,000 **
Nº invenciones registradas	1,642 [16,857] (N = 896)	0,195 [2,414] (N = 8.301)	0,000 **

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de las variables observadas a nivel empresa-año, desglosadas según condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I). N representa el nº de observaciones válidas de cada variable (excluye valores perdidos). La última columna muestra el p-valor del contraste de medias entre grupos: i) el test de chi-cuadrado para las variables binarias y ii) el test de Wilcoxon-Mann-Whitney para las variables discretas, las cuatro con fuerte asimetría. Los niveles de significación están indicados con (**) $p < 0,01$.

Para estimar en qué medida estas diferencias pueden atribuirse al efecto causal de la ayuda pública sobre dichas variables, se ha utilizado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCDH [4], implementado con la función `did_multipligt_dyn` del paquete de R `DIDmultipligtDYN` [9].

Ninguno de los modelos estimados, sin o con controles³⁷, revela un efecto significativo de la ayuda pública sobre la probabilidad de registrar invenciones ni sobre el número de registros.

³⁷ Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en el desempeño innovador y en la solicitud de títulos de propiedad industrial (véase, por ejemplo, la referencia [21]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13]. Las covariables consideradas han sido *Nivel tecnológico del sector*, *Tamaño empresarial*, *Carácter exportador*, *Cuota de mercado superior al 10 %*, *Presencia de capital extranjero*. Todos los modelos incluyen efectos fijos por año y por empresa.

Tampoco si la muestra se restringe a aquellas empresas que declaran gasto en I+D interna al menos en uno de los años observados.

Hay dos resultados que sí merece la pena reseñar. En el caso de la variable binaria *Registro de patentes en el extranjero*, el Efecto 4 es positivo en todas las especificaciones, aunque no es estadísticamente significativo.³⁸ Sugiere un posible aumento de la probabilidad de registrar patentes en el extranjero en torno a 2 puntos porcentuales cuatro años después de recibir la ayuda. Dado que la media de esta variable entre las empresas no tratadas es de apenas 0,9 %, el efecto, si se confirmara con más datos o modelos, podría ser sustancial. La magnitud del efecto es mayor en empresas grandes (más de 200 personas empleadas). Esta pauta podría ser coherente con la hipótesis de que el impacto puede ser más acusado en aquellas empresas con más capacidades técnicas y organizativas para afrontar proyectos de I+D que conduzcan al desarrollo de invenciones novedosas a nivel mundial, y con más recursos para asumir los costes, plazos y requisitos asociados al registro internacional de patentes.

De manera similar, la variable binaria *Registro de modelos de utilidad* presenta un efecto estimado positivo, aunque no significativo, un año después de la recepción de la ayuda. La magnitud del efecto es mayor entre empresas grandes y en sectores de nivel tecnológico bajo y medio-bajo. Si bien la falta de significación impide extraer conclusiones firmes, estos resultados podrían sugerir que las ayudas públicas están alineadas con el uso más frecuente de los modelos de utilidad como mecanismo de protección en contextos donde predominan innovaciones incrementales o de menor complejidad técnica. En estos casos, la ayuda podría contribuir a fomentar la formalización de innovaciones que, en ausencia de apoyo, no se registrarían.

Las **Tablas 20 y 21** y las **Figuras 25 a 28** presentan los resultados de las estimaciones para ambas variables. Dado que las estimaciones para el resto de las variables no revelan efectos estadísticamente significativos, por concisión no se presentan en el texto, pero se encuentran disponibles para consulta.

³⁸ Respecto a la interpretación de este efecto tras cuatro años de la recepción de la ayuda, conviene señalar que no está del todo claro cómo entienden las empresas encuestadas el término “registro” de patentes: si lo interpretan como la concesión efectiva de una patente o simplemente como su solicitud. En los primeros años de la ESEE, el sistema español de patentes operaba bajo un modelo de concesión por simple registro, sin examen sustantivo, lo que explica la redacción del cuestionario: “Indique si la empresa registró patentes [en el año considerado]”. No obstante, la patente europea nunca ha funcionado bajo un sistema de simple registro y, desde abril de 2017, con la entrada en vigor de la Ley de Patentes 24/2015, también en España la concesión de patentes está supeditada a un examen de novedad y actividad inventiva. Este cambio normativo podría haber influido en la forma en que las empresas interpretan y responden a la pregunta sobre “registro”. El hallazgo de un efecto positivo a los cuatro años de recibir la ayuda resulta coherente con ambas interpretaciones, dada la duración tanto del proceso de desarrollo de una invención como de los plazos administrativos para la concesión de una patente.

Tabla 20. Estimaciones del efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Registro de patentes en el extranjero*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	ATE 5 años	Nul. placebo	Nul. efectos	Controles				
													A	B	C	D	E
Todas	Modelo (a) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,02 [0,04] (21; 837)	-0,01 [0,03] (55; 2.043)	-0,01 [0,02] (151; 4.297)	-0,01 [0,01] (241; 6.036)	-0,00 [0,01] (175; 4.365)	-0,00 [0,01] (137; 2.946)	0,02 [0,01] (112; 2.162)	-0,01 [0,01] (79; 1.509)	0,00 [0,02] (744; 6.591)	0,902	0,140					
	Modelo (b) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,04 [0,06] (21; 837)	-0,01 [0,03] (55; 2.043)	-0,01 [0,02] (151; 4.297)	-0,01 [0,01] (241; 6.036)	-0,00 [0,01] (175; 4.365)	-0,00 [0,01] (137; 2.946)	0,02 [0,01] (112; 2.162)	-0,01 [0,00] (79; 1.424)	-0,00 [0,02] (744; 6.591)	0,887	0,011					
	Modelo (c) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,05 [0,05] (21; 792)	-0,00 [0,03] (55; 1.925)	-0,01 [0,02] (151; 4.126)	-0,01 [0,01] (241; 5.867)	-0,01 [0,01] (175; 4.240)	-0,01 [0,01] (137; 2.874)	0,01 [0,01] (112; 2.098)	-0,01* [0,01] (79; 1.382)	-0,01 [0,02] (744; 6.572)	0,786	0,034					
	Modelo (d) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,00 [0,00] (16; 611)	0,03 [0,02] (42; 1.587)	0,00 [0,02] (128; 3.608)	-0,00 [0,01] (217; 5.334)	0,00 [0,01] (148; 3.803)	-0,00 [0,01] (112; 2.554)	0,02 [0,01] (88; 1.891)	-0,02* [0,01] (69; 1.298)	-0,00 [0,02] (634; 6.091)	0,628	0,010					
Tipo región	Más desarr. <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,04 [0,05] (15; 626)	-0,00 [0,04] (46; 1.577)	-0,01 [0,02] (127; 3.338)	-0,01 [0,02] (203; 4.711)	-0,00 [0,01] (148; 3.392)	0,00 [0,01] (114; 2.281)	0,02 [0,01] (96; 1.674)	-0,01 [0,01] (68; 1.162)	0,00 [0,02] (629; 5.175)	0,756	0,203					
	Resto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,02 [0,01] (6; 198)	0,00 [0,00] (9; 464)	0,00 [0,00] (24; 957)	-0,00 [0,00] (38; 1.325)	-0,00 [0,00] (27; 971)	-0,00 [0,02] (23; 663)	0,03 [0,03] (16; 486)	-0,03** [0,00] (11; 347)	-0,00 [0,03] (115; 1.416)	0,567	0,000					
Nivel tecnol.	Alto y Medio-alto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,10 [0,15] (8; 174)	0,02 [0,07] (21; 414)	-0,03 [0,04] (51; 907)	-0,00 [0,02] (88; 1.315)	0,01 [0,02] (67; 932)	0,00 [0,02] (52; 615)	0,02 [0,02] (42; 447)	-0,01 [0,01] (29; 226)	0,01 [0,04] (278; 1.515)	0,571	0,721					
	Bajo y Medio-bajo <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,00 [0,00] (13; 663)	-0,03 [0,03] (34; 1.629)	0,00 [0,02] (100; 3.390)	-0,01 [0,02] (153; 4.721)	-0,01 [0,01] (108; 3.433)	-0,00 [0,01] (85; 2.331)	0,02 [0,01] (70; 1.715)	-0,01 [0,01] (50; 1.198)	-0,01 [0,02] (466; 5.076)	0,668	0,088					
Tamaño	> 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,09 [0,09] (6; 63)	-0,08 [0,07] (18; 220)	-0,01 [0,06] (36; 522)	-0,03 [0,03] (60; 761)	-0,01 [0,03] (49; 540)	-0,00 [0,02] (41; 408)	0,04 [0,03] (36; 244)	0,00 [0,00] (21; 153)	0,00 [0,05] (207; 993)	0,656	0,277					
	≤ 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,01 [0,01] (15; 729)	0,03 [0,03] (37; 1.772)	-0,01 [0,02] (115; 3.700)	0,00 [0,02] (181; 5.181)	-0,00 [0,01] (126; 3.750)	-0,00 [0,01] (96; 2.531)	0,00 [0,01] (76; 1.860)	-0,02 [0,01] (58; 1.305)	-0,01 [0,02] (537; 5.582)	0,328	0,223					

Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multi-plegt_dyn`. Los campos incluidos son los siguientes: **Est.:** Estimación del efecto; **SE:** Error estándar robusto; **Switchers:** Nº de empresas que cambian al menos una vez de estado de tratamiento y permanecen observadas en el correspondiente periodo t ; **N:** Nº de observaciones (empresa-año) empleadas en la estimación; **ATE:** Efecto acumulado medio; **Prom. periodos:** Nº medio de periodos posteriores al tratamiento sobre los que se acumula el efecto medio (este valor, así como la magnitud y significancia del ATE, dependen del parámetro nº de efectos especificado en la función `did_multi-plegt_dyn`); **p (Wald):** p-valor del test de Wald para igualdad de los efectos entre ambos grupos, si no es significativo, no hay evidencia de efectos heterogéneos; **Nul. placeb.:** p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos, si no es significativo no hay evidencia de efecto previo al tratamiento; **Nul. efectos:** p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos, si no es significativo no hay evidencia de efecto del tratamiento; **Variables de control:** **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Ajuste por tendencias específicas por *Nivel tecnológico del sector*; **C** = Ajuste por tendencias específicas por *Tamaño empresarial_2*; **D** = *Empresa exportadora*; **E** = *Cuota de mercado superior al 10 %*; **Niveles de significación estadística:** (**) = $p < 0,01$, (*) = $p < 0,05$, (+) = $p < 0,1$.

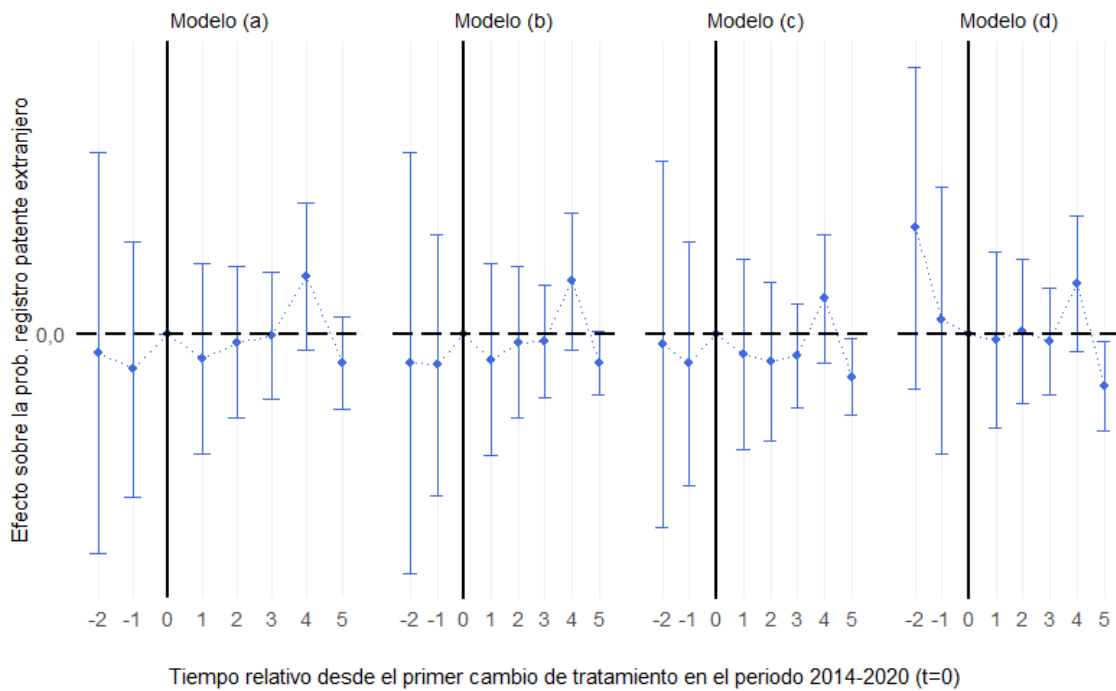
Tabla 21. Estimaciones del efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Registro de modelos de utilidad*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	ATE 5 años	Nul. placebo.efectos	Nul. Nul.	Controles				
													A	B	C	D	E
Todas	Modelo (a) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,00 [0,01] (21; 829)	-0,02 [0,03] (56; 2.023)	-0,01 [0,01] (150; 4.274)	0,02 [0,01] (242; 6.012)	0,00 [0,01] (176; 4.342)	-0,01 [0,01] (138; 2.925)	-0,00 [0,01] (113; 2.142)	-0,01 [0,01] (78; 1.489)	-0,00 [0,01] (747; 6.571)	0,731	0,408					
	Modelo (b) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,01 [0,02] (21; 829)	-0,02 [0,02] (56; 2.023)	-0,01 [0,01] (150; 4.274)	0,02 [0,01] (242; 6.012)	0,00 [0,01] (176; 4.342)	-0,00 [0,01] (138; 2.925)	-0,00 [0,00] (113; 2.142)	-0,00 [0,00] (78; 1.405)	0,00 [0,01] (747; 6.571)	0,632	0,449					
	Modelo (c) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,00 [0,00] (19; 609)	-0,03 [0,03] (52; 1.749)	-0,00 [0,01] (149; 3.904)	0,02 [0,01] (240; 5.730)	-0,00 [0,01] (169; 3.993)	-0,00 [0,01] (129; 2.642)	-0,00 [0,00] (104; 1.816)	-0,01 [0,01] (71; 1.311)	0,00 [0,01] (713; 6.447)	0,302	0,465					
	Modelo (d) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,00 [0,00] (14; 511)	-0,01 [0,02] (38; 1.517)	-0,00 [0,01] (126; 3.318)	0,01 [0,01] (216; 5.109)	0,00 [0,01] (141; 3.542)	-0,00 [0,01] (103; 2.330)	0,01 [0,01] (77; 1.612)	0,00 [0,00] (59; 1.211)	0,01 [0,01] (596; 5.937)	0,568	0,158					
Tipo región	Más desarr. <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,01* [0,01] (15; 623)	-0,02 [0,03] (46; 1.569)	-0,01 [0,01] (125; 3.327)	0,01 [0,01] (203; 4.697)	0,00 [0,01] (148; 3.382)	-0,01 [0,01] (114; 2.270)	-0,00 [0,01] (96; 1.662)	-0,01 [0,01] (67; 1.148)	-0,00 [0,01] (628; 5.160)	0,093	0,491					
	Resto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,00 [0,00] (6; 194)	0,00 [0,00] (10; 452)	0,04 [0,04] (25; 945)	0,03 [0,03] (39; 1.315)	-0,00 [0,00] (28; 958)	-0,00 [0,00] (24; 653)	-0,00 [0,00] (17; 478)	-0,00 [0,00] (11; 341)	0,01 [0,02] (119; 1.411)	0,572	0,554					
Nivel tecnol.	Alto y Medio-alto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,01 [0,00] (8; 173)	-0,00 [0,00] (22; 415)	0,02 [0,02] (53; 913)	0,01 [0,02] (92; 1.324)	0,00 [0,00] (68; 935)	-0,00 [0,00] (53; 617)	0,01 [0,01] (43; 447)	0,00 [0,00] (29; 225)	0,01 [0,01] (285; 1.524)	0,296	0,206					
	Bajo y Medio-bajo <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,01 [0,03] (13; 656)	-0,04 [0,04] (34; 1.608)	-0,02 [0,02] (97; 3.361)	0,02 [0,01] (150; 4.688)	0,00 [0,01] (108; 3.407)	-0,01 [0,01] (85; 2.308)	-0,01 [0,01] (70; 1.695)	-0,01 [0,01] (49; 1.180)	-0,00 [0,01] (462; 5.047)	0,337	0,438					
Tamaño	> 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,03 [0,02] (6; 61)	-0,08 [0,08] (19; 214)	0,01 [0,01] (37; 519)	0,02 [0,02] (61; 759)	0,01 [0,01] (50; 535)	-0,01 [0,01] (42; 402)	-0,01 [0,01] (37; 238)	-0,01 [0,02] (21; 149)	0,00 [0,03] (211; 990)	0,164	0,654					
	≤ 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,01 [0,00] (15; 725)	-0,00 [0,00] (37; 1.758)	-0,01 [0,02] (113; 3.683)	0,01 [0,01] (181; 5.162)	-0,00 [0,00] (126; 3.733)	-0,00 [0,00] (96; 2.517)	-0,00 [0,01] (76; 1.847)	-0,01 [0,01] (57; 1.292)	-0,00 [0,01] (536; 5.565)	0,184	0,459					

plegt_dyn); **p (Wald)**: p-valor del test de Wald para igualdad de los efectos entre ambos grupos, si no es significativo, no hay evidencia de efectos heterogéneos; **Nul. placeb.**: p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos, si no es significativo no hay evidencia de efecto previo al tratamiento; **Nul. efectos**: p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos, si no es significativo no hay evidencia de efecto del tratamiento; **Variables de control**: **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Ajuste por tendencias específicas por *Nivel tecnológico del sector*; **C** = Ajuste por tendencias específicas por *Tamaño empresarial_3*; **D** = *Empresa exportadora*; **E** = *Cuota de mercado superior al 10 %*; **Niveles de significación estadística**: (**) = p < 0,01, (*) = p < 0,05, (+) = p < 0,1.

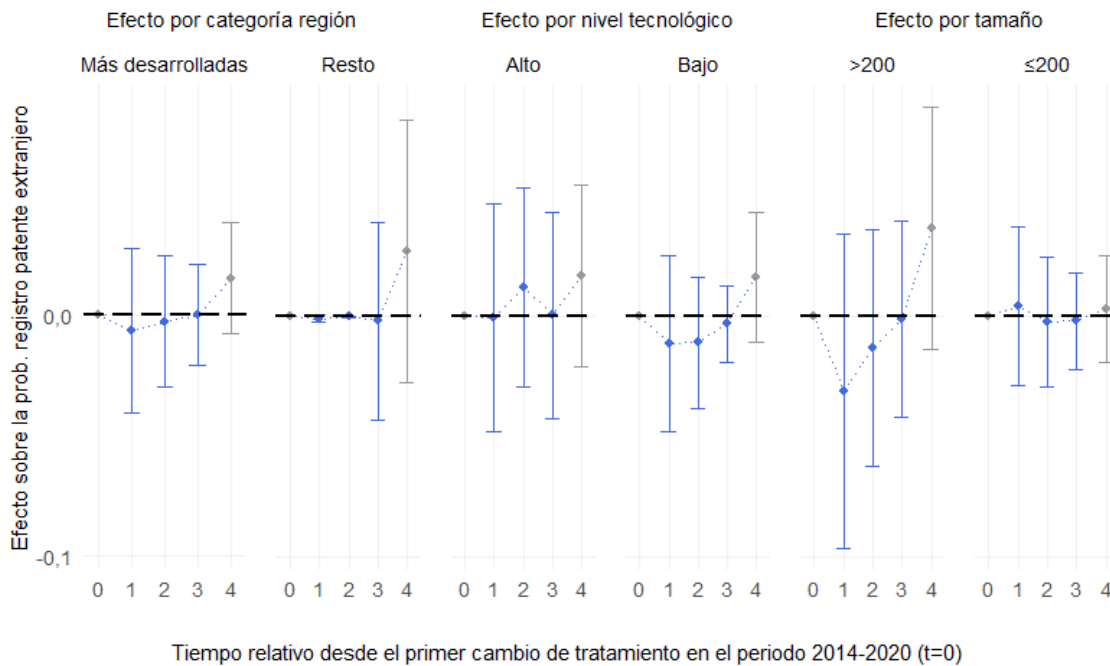
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multi-plegt_dyn`. Los campos incluidos son los siguientes: **Est.**: Estimación del efecto; **SE**: Error estándar robusto; **Switchers**: N° de empresas que cambian al menos una vez de estado de tratamiento y permanecen observadas en el correspondiente periodo ℓ ; **N**: N° de observaciones (empresa-año) empleadas en la estimación; **ATE**: Efecto acumulado medio; **Prom. periodos**: N° medio de periodos posteriores al tratamiento sobre los que se acumula el efecto medio (este valor, así como la magnitud y significancia del ATE, dependen del parámetro n° de efectos especificado en la función `did_multi-`

Figura 25. Efectos estimados de la ayuda pública sobre la variable *Registro de patentes en el extranjero*



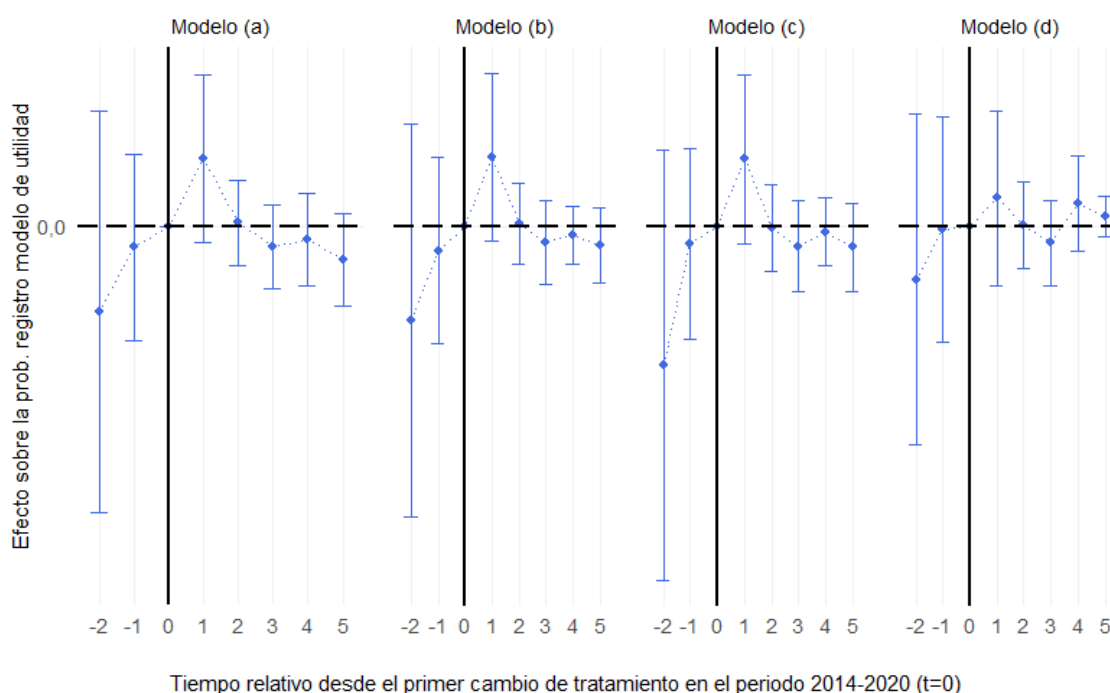
Notas: Los gráficos de la Figura 25 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 20**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 26. Heterogeneidad de los efectos estimados sobre *Registro de patentes en el extranjero*



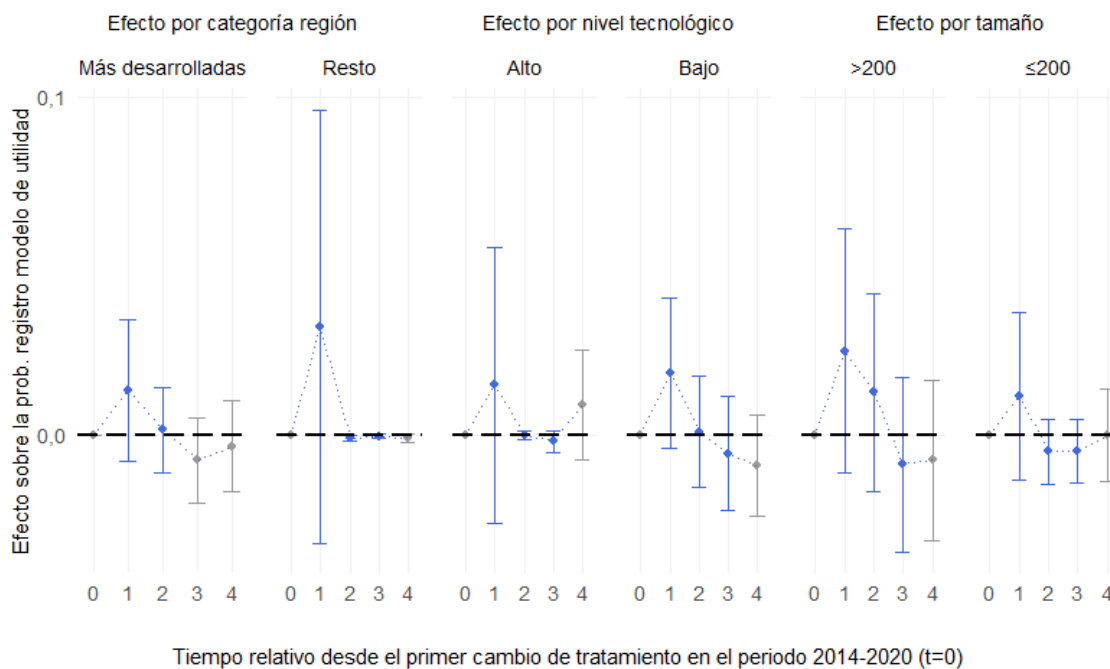
Notas: Los gráficos de la Figura 26 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 20**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los cuatro primeros efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

Figura 27. Efectos estimados de la ayuda pública sobre la variable *Registro de modelos de utilidad*



Notas: Los gráficos de la Figura 27 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 21**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 28. Heterogeneidad de los efectos estimados sobre la variable *Registro de modelos de utilidad*



Notas: Los gráficos de la Figura 28 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 21**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

4.7. Adicionalidad de comportamiento: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable *Apertura a fuentes externas de conocimiento*

Para la adquisición de conocimiento externo, las empresas pueden implementar distintos tipos de estrategias. En línea con otros trabajos de la literatura (véase, por ejemplo, la referencia [15]), para medir el grado de apertura de la empresa a fuentes externas de conocimiento en el marco de sus actividades de innovación, se construye una variable de conteo que toma valores de 0 a 10, en función del número de estrategias implementadas entre las siguientes:

1. Colaboración con universidades y centros tecnológicos.
2. Colaboración con proveedores.
3. Colaboración con clientes.
4. Colaboración con competidores.
5. Participación en asociaciones temporales o consorcios de innovación.
6. Participación en el capital de *startups* o empresas emergentes.
7. Subcontratación de actividades de I+D.
8. Adquisición de licencias para explotar tecnologías de terceros.
9. Contratación de personal altamente cualificado en I+D.
10. Utilización de asesores externos para informarse sobre tecnologías.

La suma refleja la diversidad de canales externos de adquisición de conocimiento utilizados por la empresa, siendo un proxy de su capacidad de absorción externa y de su nivel de integración en redes de innovación. La variable *Apertura a fuentes externas de conocimiento* así construida tiene una consistencia interna adecuada (alfa de Cronbach = 0,78).

Los cuestionarios de la ESEE recogen la información necesaria para construir esta variable en sus apartados E.1 y E.16.

La **Tabla 22** refleja que, en la muestra de empresas industriales innovadoras para el periodo 2014-2021, existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de esta variable entre las empresas que recibieron ayuda pública para I+D+I y aquellas que no.

Tabla 22. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Con ayuda (N = 1.079)	Sin ayuda (N = 8.205)	Test contraste de medias
Apertura a fuentes externas de conocimiento	3,949 [1,995]	0,821 [1,395]	0,000**

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresa-año, desglosada por condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I empresarial). N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor, significativo al 1 %, corresponde al test de Wilcoxon-Mann-Whitney, dada la alta asimetría de la variable.

Para estimar en qué medida esta diferencia puede atribuirse al efecto causal de la ayuda pública sobre la variable, se ha utilizado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCDH [4], implementado con la función `did_multiptegt_dyn` del paquete de R `DIDmultiptegtDYN` [9]. Se han estimado cuatro modelos (a) – (d) con distintas especificaciones y se han realizado análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial. Todos los modelos incluyen efectos fijos por año y por empresa. Además, los modelos (b) a (d) incluyen controles cuyo objetivo es aumentar la credibilidad en el cumpli-

miento de los supuestos de tendencias paralelas generalizadas y de no anticipación. Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en la apertura a fuentes de conocimiento externo (véanse, por ejemplo, las referencias [15], [17], [18], [19]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13].

- El modelo (b) incluye la covariable *Mercado atomizado*, que actúa como indicador estructural del entorno competitivo. En mercados con pocos competidores, las empresas pueden tener menores incentivos a abrirse a colaboraciones externas, mientras que en entornos más competitivos la presión innovadora puede aumentar la apertura, aunque también puede generar reticencias por riesgo de filtración de conocimiento a rivales.
- El modelo (c) incorpora al modelo anterior la covariable *Empresa exportadora*,³⁹ que recoge la exposición de la empresa a mercados internacionales. Las firmas exportadoras suelen tener una mayor necesidad de adaptación tecnológica y de innovación, y con frecuencia recurren a fuentes externas de conocimiento para mantenerse competitivas. El modelo introduce además tendencias temporales específicas según el *Nivel tecnológico del sector*. Esto permite capturar que las trayectorias de la variable pueden diferir sustancialmente entre sectores con distinta intensidad tecnológica, dado que los sectores más tecnificados tienden a integrarse más intensamente en redes de colaboración y transferencia de conocimiento
- El modelo (d) añade tendencias temporales específicas según el *Tamaño empresarial*,⁴⁰ lo que permite capturar trayectorias diferenciadas en la evolución de la variable entre empresas grandes y pymes. Las empresas más grandes tienden a desarrollar redes colaborativas más amplias, debido a su mayor disponibilidad de recursos y capacidades organizativas para absorber conocimiento externo. Asimismo, este ajuste ayuda a reforzar el supuesto de no anticipación, al controlar la posibilidad de que empresas de mayor tamaño puedan anticipar la disponibilidad de ayudas públicas por su mejor acceso a información institucional

La **Tabla 24** y las **Figuras 29** y **30** presentan los resultados de las estimaciones para el efecto de la ayuda pública sobre la variable *Apertura a fuentes externas de conocimiento*.

- En relación con la validez de la interpretación causal, hay que señalar que los datos permiten estimar tres efectos placebo. En los modelos (b) a (d), la estimación del Placebo 3 es muy imprecisa, debido al reducido número de empresas *switchers*. Por esta razón dicho placebo no se ha graficado en la **Figura 29**, dado que su amplio intervalo de confianza distorsiona la representación del resto de estimaciones. En cualquier caso, en ningún modelo las estimaciones de los placebos muestran una tendencia ascendente ni descendente, y todos los modelos superan el test de nulidad conjunta de los placebos con p-valores altos, lo que refuerza la credibilidad en la no violación de los supuestos clave.⁴¹
- El efecto medio acumulado (ATE)⁴² estimado en un horizonte de siete años resulta significativo al 1 % en todos los modelos. Según las estimaciones, en comparación con un escenario

³⁹ Véase Nota al pie 14.

⁴⁰ Véase Nota al pie 15.

⁴¹ Véase Nota al pie 16.

⁴² La magnitud, significancia y duración media del ATE dependen del parámetro *effects* (número de efectos a estimar) especificado en la función *did_multplegt_dyn*.

sin intervención, las ayudas públicas incrementaron en promedio entre 0,75 [0,18] y 0,83 [0,19] el número de estrategias de apertura implementadas, concentrándose este efecto en un periodo medio de entre 3,5 y 3,7 años. Este horizonte temporal supera la duración media habitual de los proyectos financiados por políticas de I+D+I, que suele oscilar entre uno y tres años en función de la tipología de la ayuda, y es muy similar al tiempo medio de observación de las empresas en la muestra (3,7 años).⁴³ Esto implica que el impacto de la ayuda pública en la apertura perdura, de media, durante todo el periodo en el que las empresas están siendo observadas.

- En cuanto a la dinámica de los efectos, el mayor impacto se observa en los dos primeros años tras el tratamiento. Los cuatro modelos identifican un Efecto 1 positivo y estadísticamente significativo al 1 %, con estimaciones que oscilan entre 1,08 [0,12] y 1,13 [0,12]. El Efecto 2 también es positivo y significativo al 1 % en todos los modelos, con estimaciones entre 0,29 [0,09] y 0,34 [0,11]. Luego los efectos se hacen no significativos, disminuyendo progresivamente y experimentando un repunte en el año 6.
- El análisis de heterogeneidad identifica que la diferencia en efectos más acusada se da en relación con el nivel tecnológico del sector: el impacto es significativamente más intenso en las empresas con menor intensidad tecnológica, probablemente porque las industrias más tecnológicas poseen niveles de apertura elevados y las ayudas tienen en ellas un margen de impacto más limitado. En cuanto a diferencias según el tamaño de la empresa, el efecto entre las pymes, aunque positivo y significativo, es algo menor que entre las grandes. En cualquier caso, el impacto en ellas es sustancial.

En el caso de la categoría territorial, aunque el ATE estimado en regiones en transición y menos desarrollada es mayor que en regiones más desarrolladas, no es estadísticamente significativo, posiblemente a debido a insuficiente potencia estadística por el menor número de empresas *switchers*.

Como se viene señalando, si bien no se dispone de información completa sobre la situación de los distintos subgrupos antes de recibir la ayuda debido a que las empresas entran y salen del panel y son tratadas en distintos momentos, la evidencia de las empresas no tratadas (véase la **Tabla 23**), y la literatura disponible sobre desigualdades estructurales en los sistemas de innovación, sugieren que las empresas de sectores de nivel tecnológico bajo y medio-bajo, las pymes y las radicadas en regiones menos avanzadas partían de niveles significativamente más bajos en su nivel de apertura. Por tanto, las ayudas podrían haber contribuido a procesos de convergencia territorial y sectorial en términos de apertura al conocimiento externo. En relación con las pymes, aunque las ayudas favorecieron su mayor apertura, el apoyo no contribuyó a cerrar las brechas que las separan de las grandes, seguramente por sus mayores dificultades para afrontar las barreras asociadas a los costos de asimilar y gestionar una base de conocimiento más diversa.

En resumen, puede concluirse que las ayudas públicas indujeron un cambio sostenido en el comportamiento empresarial, promoviendo una mayor apertura al conocimiento externo que persistió más allá de la duración del proyecto financiado. El análisis de heterogeneidad sugiere que los agentes con mayores capacidades estructurales ya presentaban elevados niveles de apertura, por lo que las ayudas tuvieron un margen de impacto más limitado en ellos. En cambio, las

⁴³ Véase Nota al pie 18.

empresas que, por su entorno territorial o sectorial, partían de niveles más bajos de apertura, se beneficiaron en mayor medida del apoyo público, facilitándose así procesos de *catching-up* o convergencia. En cuanto a las pymes, aunque las ayudas favorecieron su apertura, el apoyo no contribuyó a cerrar las brechas que las separan de las grandes en cuanto a grado de apertura.

Tabla 23. Comparación de medias entre observaciones de empresas no tratadas

<i>Variable: Apertura a fuentes externas de conocimiento</i>					
Categoría de región		Nivel tecnológico sector		Tamaño empresarial	
Más desarrollo (N = 6.419)	Resto (N = 1.799)	Alto y Medio-alto (N = 1.745)	Bajo y Medio-bajo (N = 6.473)	> 200 (N = 1011)	≤ 200 (N = 7.206)
0,878 [1,437]	0,646 [1,259]	1,492 [1,812]	0,649 [1,210]	1,959 [1,946]	0,669 [1,229]
Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**		Contraste medias: 0,000**	

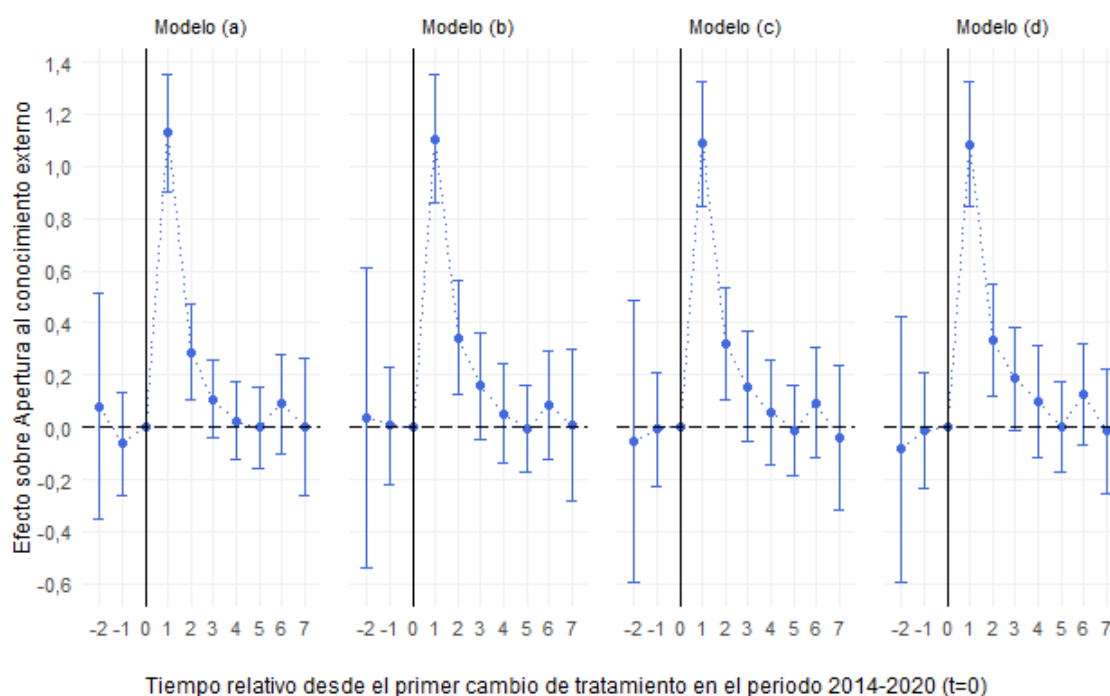
Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresarial, solo para empresas no tratadas y desglosada por categoría de región, nivel tecnológico del sector y tamaño empresarial. N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). Los p-valores corresponden al test de Wilcoxon-Mann-Whitney; (**) indica que es significativo el 1 %.

Tabla 24. Estimaciones del efecto de la ayuda pública para I+D+I empresarial sobre la variable *Apertura a fuentes externas de conocimiento*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	Efecto 6	Efecto 7	ATE 7 años	Nul. placebo.	Nul. efectos	Controles					
															A	B	C	D	E	
Todas	Modelo (a) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,66 [0,70] (22; 876)	0,08 [0,22] (62; 2.167)	-0,06 [0,10] (166; 4.494)	1,13** [0,12] (264; 6.189)	0,29** [0,09] (188; 4.517)	0,11 [0,08] (143; 3.067)	0,02 [0,08] (116; 2.221)	-0,00 [0,08] (80; 1.517)	0,09 [0,10] (39; 893)	-0,00 [0,13] (21; 385)	0,75** [0,18] (851; 6.777)	0,326	0,000**						
	Modelo (b) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,58 [1,17] (8; 590)	0,04 [0,29] (29; 1.473)	0,01 [0,11] (121; 3.343)	1,10** [0,13] (223; 5.269)	0,34** [0,11] (133; 3.599)	0,16 [0,10] (90; 2.305)	0,05 [0,10] (76; 1.858)	-0,00 [0,09] (75; 1.496)	0,08 [0,11] (39; 883)	0,01 [0,15] (21; 384)	0,80** [0,20] (657; 6.034)	0,902	0,000**						
	Modelo (c) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,66 [1,13] (8; 500)	-0,05 [0,28] (28; 1.341)	-0,01 [0,11] (116; 3.231)	1,09** [0,12] (216; 5.127)	0,32** [0,11] (128; 3.407)	0,16 [0,11] (86; 2.098)	0,06 [0,10] (72; 1.797)	-0,01 [0,09] (73; 1.445)	0,09 [0,11] (36; 774)	-0,04 [0,14] (20; 370)	0,78** [0,19] (631; 5.891)	0,934	0,000**						
	Modelo (d) <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,84 [0,89] (8; 461)	-0,08 [0,26] (28; 1.232)	-0,01 [0,11] (116; 2.917)	1,08** [0,12] (216; 4.920)	0,34** [0,11] (128; 3.190)	0,19 [0,10] (86; 2.023)	0,10 [0,11] (72; 1.640)	0,00 [0,09] (73; 1.272)	0,13 [0,10] (36; 670)	-0,01 [0,12] (20; 290)	0,83** [0,19] (631; 5.874)	0,805	0,000**						
Tipo región	Más desarr. <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,68 [0,73] (15; 669)	0,06 [0,23] (51; 1.683)	-0,08 [0,11] (139; 3.510)	1,05** [0,13] (221; 4.850)	0,28** [0,10] (156; 3.528)	0,10 [0,08] (116; 2.387)	0,03 [0,08] (95; 1.727)	0,00 [0,08] (68; 1.175)	0,09 [0,09] (33; 687)	-0,03 [0,13] (17; 295)	0,70** [0,19] (706; 5.336)	0,474	0,000**						
	Resto <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-0,59 [1,95] (7; 205)	-0,03 [0,60] (11; 362)	-0,05 [0,25] (27; 831)	1,50** [0,31] (43; 1.107)	0,44 [0,26] (32; 775)	0,19 [0,21] (27; 678)	0,06 [0,25] (21; 492)	-0,00 [0,30] (12; 342)	0,11 [0,32] (6; 206)	0,12 [0,49] (4; 90)	1,16 [0,65] (145; 1.360)	0,877	0,000**						
Nivel tecnol.	Alto y Med-al <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	0,64 [0,82] (7; 189)	0,23 [0,44] (22; 457)	-0,22 [0,16] (53; 972)	0,47** [0,18] (93; 1.381)	0,03 [0,16] (70; 989)	0,11 [0,12] (52; 660)	-0,04 [0,13] (39; 474)	-0,03 [0,16] (27; 325)	-0,10 [0,26] (10; 114)	-0,26 [0,30] (6; 88)	0,22 [0,29] (297; 1.585)	0,191	0,055+						
	Bajo y Med-bj <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-1,95 [1,07] (15; 687)	0,03 [0,25] (40; 1.710)	-0,00 [0,13] (113; 3.522)	1,50** [0,14] (171; 4.808)	0,44** [0,11] (118; 3.528)	0,12 [0,10] (91; 2.407)	0,06 [0,09] (77; 1.747)	0,01 [0,08] (53; 1.192)	0,13 [0,10] (29; 701)	0,09 [0,14] (15; 297)	1,05** [0,22] (554; 5.192)	0,086+	0,000**						
Tamaño	> 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-1,18* [0,54] (4; 64)	0,02 [0,25] (16; 178)	-0,14 [0,26] (35; 494)	1,21** [0,22] (62; 736)	0,35* [0,16] (50; 510)	0,26 [0,13] (41; 373)	0,02 [0,13] (40; 318)	0,10 [0,14] (23; 209)	0,04 [0,13] (8; 106)	-0,11 [0,19] (5; 54)	0,91** [0,29] (229; 1.031)	0,038*	0,000**						
	≤ 200 <i>Est. [SE]</i> <i>(Switchers; N)</i> <i>Prom. periodos</i>	-1,20 [1,02] (15; 760)	-0,09 [0,30] (40; 1.866)	-0,02 [0,11] (128; 3.857)	1,05** [0,13] (200; 5.303)	0,29* [0,11] (136; 3.866)	0,10 [0,09] (100; 2.621)	0,09 [0,09] (78; 1.904)	0,00 [0,08] (59; 1.310)	0,10 [0,09] (34; 779)	-0,04 [0,14] (16; 331)	0,74** [0,21] (623; 5.727)	0,649	0,000**						

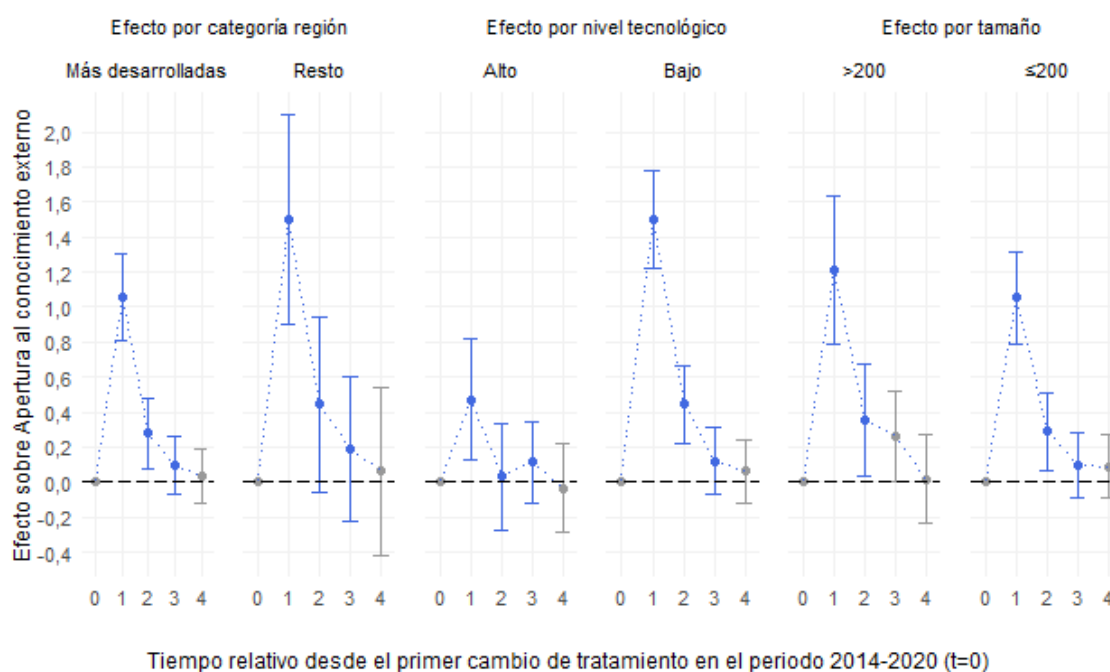
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multilegt_dyn`. **Est.**: Estimación del efecto; **SE**: Error estándar robusto; **Switchers**: Nº de empresas que cambian de estado de tratamiento; **N**: Nº de observaciones; **ATE**: Efecto acumulado medio; **Prom. periodos**: Nº medio de años sobre los que se acumula el ATE; **p (Wald)**: p-valor del test de igualdad de los efectos; **Nul. placebo.**: p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos; **Nul. efectos**: p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos; **Controles**: **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Mercado atomizado; **C** = Empresa exportadora; **D** = Tendencias por Nivel tecnológico del sector; **E** = Tendencias por Tamaño empresarial_2; **Niveles de significación estadística**: (**) $p < 0,01$, (*) $p < 0,05$, (+) $p < 0,1$.

Figura 29. Efectos estimados de la ayuda pública sobre *Apertura a fuentes externas de conocimiento*



Notas: Los gráficos de la Figura 29 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 24**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 30. Heterogeneidad de los efectos sobre *Apertura a fuentes externas de conocimiento*



Notas: Los gráficos de la Figura 30 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 24**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los cuatro primeros efectos estimados. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos.

4.8. Adicionalidad de comportamiento: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable *Colaboración con universidades y centros tecnológicos*

Una de las estrategias implementadas por las empresas para acceder a fuentes externas de conocimiento que alimenten sus actividades de innovación es la colaboración con universidades y otros centros de investigación públicos y privados, como los centros tecnológicos. Dada la importancia concedida a esta estrategia por una amplia variedad de programas públicos de ayuda a la I+D+I, se analiza por separado el efecto de la ayuda sobre este tipo de colaboración.

La colaboración con universidades y centros de investigación se recoge en los cuestionarios de la ESEE a través del apartado E.16_4, que pregunta si se colaboró con universidades y/o centros tecnológicos –queda por tanto fuera del cuestionario la colaboración con otros centros de investigación públicos o privados, como, por ejemplo, el Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)–. A partir de las respuestas se construye para cada observación (combinación empresa-año) la variable *Colaboración con universidades y centros tecnológicos*, que captura la probabilidad de colaboración con estas entidades. Es una variable binaria que toma valor 1 si se colaboró, y 0 en caso contrario.

La **Tabla 25** refleja que, en la muestra de empresas industriales innovadoras para el periodo 2014-2021, existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de esta variable entre las empresas que recibieron ayuda pública para I+D+I y aquellas que no.

Tabla 25. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Con ayuda (N = 1.073)	Sin ayuda (N = 8.073)	Test contraste de medias
Colaboración con universidades y centros tecnológicos	0,758 [0,429]	0,135 [0,342]	0,000 (**)

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresa-año, desglosada por condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I empresarial). N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor, significativo al 1 %, corresponde al test de chi-cuadrado.

Para estimar en qué medida esta diferencia puede atribuirse al efecto causal de la ayuda pública sobre la variable *Colaboración con universidades y centros tecnológicos*, se ha utilizado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCDH [4], implementado con la función `did_multiplgt_dyn` del paquete de R `DIDmultiplgtDYN` [9]. Se han estimado cuatro modelos (a) – (d) con distintas especificaciones y se han realizado análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial. Todos los modelos incluyen efectos fijos por año y por empresa. Además, los modelos (b) a (d) incorporan controles cuyo objetivo es aumentar la credibilidad en el cumplimiento de los supuestos de tendencias paralelas generalizadas y de no anticipación. Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en la apertura a fuentes de conocimiento externo (véanse, por ejemplo, las referencias [15], [17], [18], [19]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13].

- El modelo (b) añade las covariables *Edad empresarial* y *Presencia de capital extranjero*. La inclusión de la edad empresarial responde a la evidencia de que la madurez organizativa influye significativamente en la capacidad de colaborar con agentes externos del sistema de innovación. Empresas jóvenes, aunque potencialmente más dinámicas, tienden a tener redes de colaboración menos consolidadas, lo que puede generar diferencias sistemáticas en

las trayectorias previas al tratamiento. Por su parte, la presencia de capital extranjero se asocia frecuentemente con un mayor grado de internacionalización y exposición a prácticas colaborativas avanzadas. Además, las filiales de grupos multinacionales suelen tener un mejor acceso a redes institucionales, lo cual puede influir en su grado de anticipación frente a políticas públicas de apoyo a la I+D+I. Estas dos covariables, por tanto, contribuyen a reforzar tanto el supuesto de tendencias paralelas generalizadas como el de no anticipación.

- El modelo (c) mantiene la covariable *Edad empresarial* e introduce además tendencias temporales específicas según el *Nivel tecnológico del sector*. Esta especificación permite capturar el hecho de que las trayectorias de colaboración con universidades y centros tecnológicos pueden diferir sustancialmente en función de la intensidad tecnológica del sector. La literatura muestra que los sectores de alta tecnología —como el biotecnológico, TIC o el farmacéutico— tienden a establecer relaciones más frecuentes y profundas con instituciones generadoras de conocimiento, mientras que los sectores tradicionales presentan patrones de colaboración más limitados. Incluir esta dimensión permite controlar posibles divergencias estructurales entre sectores y refuerza la plausibilidad del supuesto de tendencias paralelas.
- El modelo (d) incorpora las covariables *Edad empresarial*, *Presencia de capital extranjero* y *Empresa exportadora*,⁴⁴ junto con tendencias temporales específicas según el *Tamaño empresarial*.⁴⁵ La condición de empresa exportadora se ha incluido debido a que la exposición a mercados internacionales implica una mayor necesidad de innovación continua, lo que a menudo se traduce en una mayor propensión a colaborar con universidades y centros tecnológicos como forma de acceder a conocimiento avanzado. Además, la introducción de tendencias específicas por tamaño empresarial permite capturar que las empresas de mayor tamaño tienden a desarrollar redes colaborativas más amplias y complejas, gracias a su mayor dotación de recursos financieros y capacidades organizativas. Este ajuste no solo permite modelar de forma más precisa las diferencias estructurales en las trayectorias de colaboración, sino que también ayuda a reforzar el supuesto de no anticipación, al controlar la posibilidad de que empresas grandes puedan prever con mayor facilidad la disponibilidad de ayudas públicas debido a su mejor acceso a información institucional.

La **Tabla 27** y las **Figuras 31** y **32** presentan los resultados de las estimaciones para el efecto de la ayuda pública sobre la *Colaboración con universidades y centros tecnológicos*.

- En relación con la validez de la interpretación causal, hay que señalar que los datos permiten estimar tres efectos placebo. Todos los modelos superan el test de nulidad conjunta de los placebos, lo que refuerza la credibilidad en la no violación de los supuestos clave.⁴⁶
- El efecto medio acumulado (ATE)⁴⁷ estimado en un horizonte de siete años resulta significativo al 1 % en todos los modelos. Según las estimaciones, en comparación con un escenario sin intervención, las ayudas públicas incrementaron en promedio entre 0,26 [0,04] y 0,29

⁴⁴ Véase Nota al pie 14.

⁴⁵ Véase Nota al pie 15.

⁴⁶ Véase Nota al pie 16.

⁴⁷ La magnitud, significancia y duración media del ATE dependen del parámetro *effects* (número de efectos a estimar) especificado en la función *did_multiplegt_dyn*.

[0,04] la probabilidad de colaborar con universidades y centros tecnológicos, concentrándose este efecto en un periodo medio de 3,4 años. Este horizonte temporal supera la duración media habitual de los proyectos financiados por políticas de I+D+I, que suele oscilar entre uno y tres años, en función de la tipología de la ayuda. Esto sugiere que las ayudas inducen cambios duraderos en el comportamiento de las empresas.

- En cuanto a la dinámica de los efectos, todos los modelos identifican efectos significativos al 1 % los cuatro primeros años tras la recepción de la ayuda. El Efecto 5 es no significativo en todas las especificaciones, pero los Efectos 6 y 7⁴⁸ son positivos y significativos. El mayor impacto se observa el primer año tras el tratamiento, con estimaciones que oscilan entre 0,24 [0,03] y 0,25 [0,03]. Luego disminuye progresivamente hasta el quinto año tras recibir la ayuda, volviendo a crecer después.
- Respecto a las diferencias entre grupos de empresas, los resultados muestran que la ayuda pública tiene un impacto especialmente fuerte en las pymes y en las empresas de sectores menos tecnológicos. Desde una perspectiva territorial, el ATE estimado es más elevado en las empresas ubicadas en regiones en transición y en la menos desarrollada; no obstante, el tamaño muestral limitado de estos territorios restringe la potencia estadística de los análisis y, en consecuencia, la precisión de las estimaciones por nivel de desarrollo regional.

Aunque no se dispone de datos completos sobre la situación de estos grupos antes de recibir la ayuda, tanto los datos de empresas que no recibieron apoyo (véase **Tabla 26**) como la literatura disponible apuntan que pymes, sectores menos tecnológicos y regiones menos avanzadas partían de niveles significativamente más bajos de colaboración con organismos de investigación. Por ello, los resultados sugieren que las ayudas públicas habrían contribuido a reducir estas desigualdades y a promover un proceso de convergencia en el sistema de innovación.

En resumen, puede concluirse que las ayudas públicas indujeron un cambio sostenido en el comportamiento empresarial, promoviendo una mayor colaboración con universidades y centros de investigación que persistió más allá de la duración del proyecto financiado. El análisis de heterogeneidad sugiere que las empresas que, por su tamaño o entorno territorial o sectorial, partían de niveles más bajos de colaboración con centros de investigación, se beneficiaron en mayor medida del apoyo público, facilitándose así procesos de *catching-up* o convergencia.

Tabla 26. Comparación de medias entre observaciones de empresas no tratadas

Variable: Colaboración con universidades y centros tecnológicos					
Categoría de región		Nivel tecnológico sector		Tamaño empresarial	
Más desarrollo (N = 6.455)	Resto (N = 1.803)	Alto y medio-alto (N = 1.790)	Bajo y medio-bajo (N = 6.468)	> 200 (N = 1.053)	≤ 200 (N = 7.203)
0,152 [0,359]	0,123 [0,328]	0,260 [0,439]	0,114 [0,318]	0,381 [0,486]	0,111 [0,314]
Contraste medias: 0,002 (**)		Contraste medias: 0,000 (**)		Contraste medias: 0,000 (**)	

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresarial, solo para empresas no tratadas y desglosada por categoría de región, nivel tecnológico del sector y tamaño empresarial. N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor, significativo en todos los casos al 1 %, corresponde al test de chi-cuadrado.

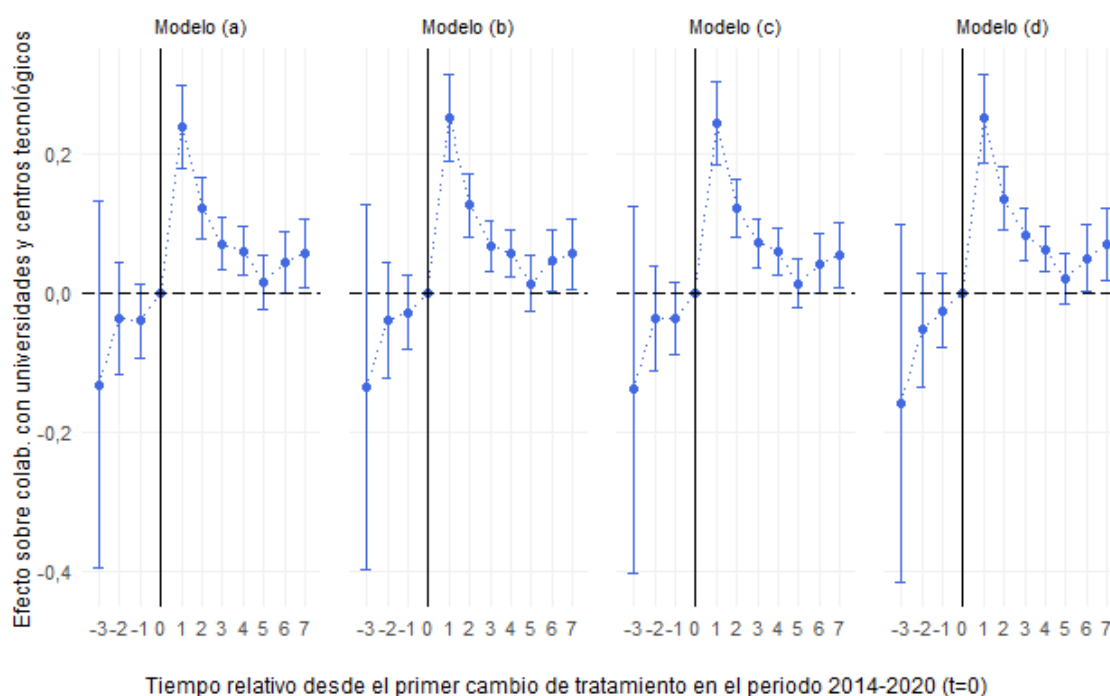
⁴⁸ Como la muestra es para el periodo 2014–2021, el número máximo de efectos que se pueden estimar es siete.

Tabla 27. Estimaciones del efecto de la ayuda pública para I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Colaboración con universidades y centros tecnológicos*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	Efecto 6	Efecto 7	ATE 7 años	Nul.	Nul.	Controles						
		placeb. efectos													A	B	C	D	E	F	
Todas	Modelo (a)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,13 [0,13] (20; 817)	-0,04 [0,04] (58; 2.020)	-0,04 [0,03] (152; 4.239)	0,24** [0,03] (250; 5.986)	0,12** [0,02] (181; 4.322)	0,07** [0,02] (139; 2.898)	0,06** [0,02] (114; 2.143)	0,01 [0,02] (80; 1.508)	0,04* [0,02] (38; 887)	0,06* [0,03] (21; 385)	0,26** [0,04] (823; 6.627)	0,442	0,000						
												3,44 años									
	Modelo (b)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,14 [0,13] (21; 806)	-0,04 [0,04] (57; 1.982)	-0,03 [0,03] (146; 4.140)	0,25** [0,03] (238; 5.802)	0,13** [0,02] (179; 4.249)	0,07** [0,02] (139; 2.860)	0,06** [0,02] (113; 2.120)	0,01 [0,02] (78; 1.492)	0,05* [0,02] (37; 880)	0,06* [0,03] (21; 381)	0,27** [0,04] (805; 6.459)	0,625	0,000						
													3,41 años								
Tamaño	Modelo (c)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,14 [0,13] (20; 817)	-0,04 [0,04] (58; 2.020)	-0,04 [0,03] (150; 4.220)	0,24** [0,03] (240; 5.866)	0,12** [0,02] (180; 4.304)	0,07** [0,02] (139; 2.898)	0,06** [0,02] (114; 2.143)	0,01 [0,02] (80; 1.508)	0,04 [0,02] (38; 809)	0,05* [0,02] (21; 385)	0,26** [0,04] (812; 6.506)	0,467	0,000						
												3,41 años									
	Modelo (d)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,16 [0,13] (21; 742)	-0,05 [0,04] (56; 1.820)	-0,03 [0,03] (142; 3.853)	0,25** [0,03] (232; 5.474)	0,14** [0,02] (174; 4.019)	0,08** [0,02] (131; 2.739)	0,06** [0,02] (106; 2.057)	0,02 [0,02] (74; 1.444)	0,05* [0,02] (34; 839)	0,07* [0,03] (20; 368)	0,29** [0,04] (771; 6.282)	0,517	0,000						
													3,46 años								
Tipo región	Más desarr.	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,19 [0,13] (14; 627)	-0,04 [0,04] (48; 1.576)	-0,06 [0,03] (129; 3.325)	0,20** [0,03] (211; 4.703)	0,09** [0,02] (151; 3.385)	0,05** [0,02] (114; 2.266)	0,05* [0,02] (95; 1.671)	0,01 [0,02] (68; 1.168)	0,04 [0,02] (32; 681)	0,04 [0,02] (17; 295)	0,21** [0,05] (688; 5.228)	0,182	0,000						
	Resto	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	0,03 [0,35] (6; 188)	-0,04 [0,14] (10; 335)	0,04 [0,05] (23; 769)	0,44** [0,09] (39; 1.053)	0,27** [0,07] (30; 725)	0,15** [0,06] (25; 630)	0,13* [0,07] (19; 470)	0,06 [0,04] (12; 340)	0,09 [0,06] (6; 206)	0,13 [0,09] (4; 90)	0,59** [0,15] (135; 1.318)	0,395	0,000						
Nivel tecnol.	Alto y Med-al	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	0,13 [0,17] (6; 179)	-0,04 [0,07] (21; 436)	-0,08 [0,05] (50; 932)	0,12** [0,04] (90; 1.349)	0,06 [0,03] (67; 958)	0,06* [0,03] (51; 632)	0,06 [0,03] (39; 463)	-0,00 [0,03] (27; 325)	0,00 [0,04] (10; 114)	0,00 [0,00] (6; 88)	0,15* [0,06] (290; 1.559)	0,250	0,020						
	Bajo y Med-bj	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,32 [0,19] (14; 638)	-0,04 [0,05] (37; 1.584)	-0,02 [0,03] (102; 3.307)	0,30** [0,04] (160; 4.637)	0,16** [0,03] (114; 3.364)	0,08** [0,02] (88; 2.266)	0,06** [0,02] (75; 1.680)	0,02 [0,02] (53; 1.183)	0,05* [0,03] (28; 695)	0,07* [0,03] (15; 297)	0,32** [0,06] (533; 5.068)	0,386	0,000						
Tamaño	> 200	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	0,01 [0,03] (6; 73)	0,02 [0,03] (19; 174)	-0,10 [0,07] (32; 427)	0,25** [0,06] (58; 675)	0,10* [0,04] (49; 508)	0,07 [0,04] (43; 376)	0,04 [0,03] (39; 315)	-0,00 [0,04] (24; 216)	-0,03 [0,04] (8; 109)	0,04 [0,06] (5; 57)	0,22** [0,08] (226; 1.029)	0,529	0,002						
	≤ 200	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,21 [0,20] (14; 708)	-0,07 [0,06] (39; 1.736)	-0,03 [0,03] (120; 3.628)	0,24** [0,04] (192; 5.109)	0,14** [0,03] (132; 3.689)	0,08** [0,02] (96; 2.471)	0,08** [0,02] (75; 1.828)	0,02 [0,02] (56; 1.292)	0,06* [0,03] (30; 766)	0,07* [0,03] (16; 328)	0,29** [0,05] (597; 5.574)	0,565	0,000						

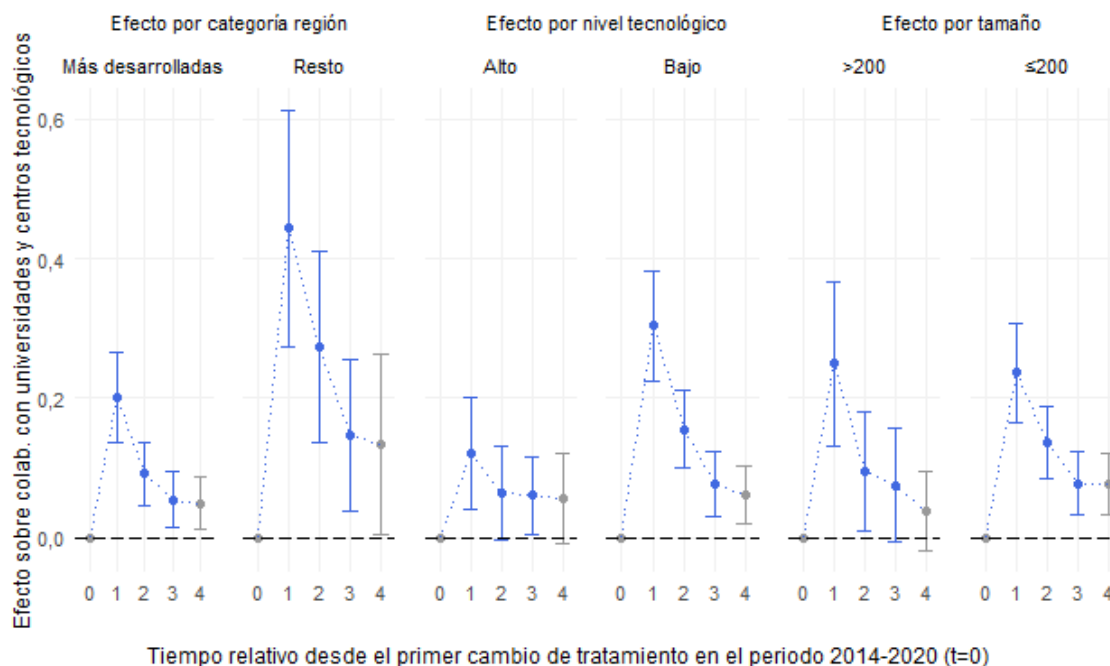
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multipligt_dyn`. **Est.:** Estimación del efecto; **SE:** Error estándar robusto; **Switchers:** Nº de empresas que cambian de estado de tratamiento; **N:** Nº de observaciones; **ATE:** Efecto acumulado medio; **Prom. períodos:** Nº medio de años sobre los que se acumula el ATE; **p (Wald):** p-valor del test de igualdad de los efectos; **Nul. placebo:** p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos; **Nul. efectos:** p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos; **Controles:** A = Efectos fijos por empresa y por año; B = Edad empresarial; C = Capital extranjero; D = Empresa exportadora; E = Ajuste por tendencias específicas por *Tamaño empresarial_2*; F = Ajuste por tendencias específicas por *Nivel tecnológico del sector*; **Niveles de significación estadística:** (**) = p < 0,01, (*) = p < 0,05, (+) = p < 0,1.

Figura 31. Efectos estimados de la ayuda sobre *Colaboración con universidades y centros tecnológicos*



Notas: Los gráficos de la Figura 31 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 27**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 32. Heterogeneidad de los efectos sobre *Colaboración con universidades y centros tecnológicos*



Notas: Los gráficos de la Figura 32 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 27**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los efectos estimados hasta el cuarto. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos o sin datos para su cálculo en el caso de los efectos por categoría de región y por nivel tecnológico.

4.9. Adicionalidad de comportamiento: Efecto de la ayuda pública a la I+D+I empresarial sobre la variable *Gobernanza de la innovación*

La adopción de estructuras formales de gobernanza de la innovación se recoge en los cuestionarios de la ESEE a través del apartado E.16, que pregunta por:

- La existencia de un comité específico para temas tecnológicos o de innovación (E.16_1).
- La existencia de un plan formal de actividades de innovación (E.16_2).
- La existencia de indicadores de seguimiento de resultados de la innovación (E.16_3).

Con las respuestas a dichas preguntas, se construye la variable *Gobernanza de la innovación*, que captura la probabilidad de adoptar mecanismos organizativos orientados a institucionalizar y estructurar la gestión del proceso innovador dentro de la empresa. Es una variable binaria que toma valor 1 si la empresa declara haber adoptado al menos una de las prácticas anteriores, y 0 en caso contrario.

La **Tabla 28** refleja que, en la muestra de empresas industriales innovadoras para el periodo 2014-2021, existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de esta variable entre las empresas que recibieron ayuda pública para I+D+I y aquellas que no.

Tabla 28. Comparación de medias entre observaciones de empresas tratadas y no tratadas

Variable	Con ayuda (N = 1.078)	Sin ayuda (N = 8.133)	Test contraste de medias
Gobernanza de la innovación	0,801 [0,400]	0,176 [0,381]	0,000 (**)

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresa-año, desglosada por condición de tratamiento (empresas con y sin ayuda pública para I+D+I empresarial). N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor, significativo al 1 %, corresponde al test de chi-cuadrado.

Para estimar en qué medida esta diferencia puede atribuirse al efecto causal de la ayuda pública sobre la variable *Gobernanza de la innovación*, se ha utilizado el estimador dinámico normalizado propuesto por DCDH [4], implementado con la función `did_multipligt_dyn` del paquete de R `DIDmultipligtDYN` [9]. Se han estimado cuatro modelos (a) – (d) con distintas especificaciones y se han realizado análisis de heterogeneidad en función de la categoría de región, el nivel tecnológico del sector y el tamaño empresarial. Todos los modelos incluyen efectos fijos por año y por empresa. Además, los modelos (b) a (d) incorporan controles cuyo objetivo es aumentar la credibilidad en el cumplimiento de los supuestos de tendencias paralelas generalizadas y de no anticipación. Las covariables incluidas se fundamentan en la literatura sobre los factores que influyen en la institucionalización de la innovación (véase, por ejemplo, la referencia [20]). No se han incluido covariables que puedan verse afectadas por el tratamiento para evitar sesgos en las estimaciones [13].

- El modelo (b) incluye las covariables *Edad empresarial*, *Presencia de capital extranjero* y *Empresa exportadora*.⁴⁹ La edad empresarial se incorpora como proxy de la madurez organizativa, en línea con la hipótesis de que las empresas más consolidadas tienden a haber desarrollado rutinas internas y mecanismos formales que favorecen la estructuración del proceso innovador. Por su parte, la presencia de capital extranjero se asocia frecuentemente

⁴⁹ Véase Nota al pie 14.

con un mayor grado de exposición a prácticas de gestión avanzadas. Además, las filiales de grupos multinacionales suelen tener un mejor acceso a redes institucionales, lo cual puede influir en su grado de anticipación frente a políticas públicas de apoyo a la I+D+I. Por último, la condición de empresa exportadora se ha incluido debido a que la exposición a mercados internacionales implica una mayor necesidad de innovación continua, lo que a menudo se traduce en una mayor necesidad de tener estructuras formales que la gobiernen. Estas tres covariables, por tanto, contribuyen a reforzar tanto el supuesto de tendencias paralelas generalizadas como el de no anticipación.

- El modelo (c) incorpora tendencias temporales específicas según el *Tamaño empresarial*.⁵⁰ Su introducción permite capturar que las empresas de mayor tamaño, con contextos organizativos complejos, tienen una mayor necesidad de desarrollar estructuras de gobernanza para la coordinación y la rendición de cuentas. Este ajuste no solo permite modelar de forma más precisa las diferencias estructurales en las trayectorias de gobernanza de la innovación, sino que también ayuda a reforzar el supuesto de no anticipación, al controlar la posibilidad de que empresas grandes puedan prever con mayor facilidad la disponibilidad de ayudas públicas debido a su mejor acceso a información institucional.
- El modelo (d) añade además tendencias temporales específicas según el *Nivel tecnológico del sector*. Esta especificación permite capturar el hecho de que las trayectorias de gobernanza pueden diferir sustancialmente en función de la intensidad tecnológica del sector. Incluir esta dimensión permite controlar posibles divergencias estructurales entre sectores y refuerza la plausibilidad del supuesto de tendencias paralelas.

La **Tabla 30** y las **Figuras 33** y **34** presentan los resultados de las estimaciones para el efecto de la ayuda pública sobre la *Gobernanza de la innovación*, medida como la probabilidad de que la empresa adopte estructuras formales de gestión de la innovación.

- En relación con la validez del enfoque causal, los datos permiten estimar tres efectos placebo. Ninguno de los modelos muestra placebos estadísticamente significativos y todos superan el test de nulidad conjunta, lo que en principio respalda la plausibilidad de los supuestos de identificación. Sin embargo, en todos los modelos se observa una tendencia ascendente en los periodos previos al tratamiento, lo que podría reflejar una tendencia no controlada que sesga al alza las estimaciones del efecto. Esta posibilidad debe tenerse en cuenta al interpretar los resultados.⁵¹
- El efecto medio acumulado (ATE)⁵² estimado en un horizonte de siete años resulta positivo y estadísticamente significativo al 1 % en todas las especificaciones. Según las estimaciones, las ayudas públicas incrementaron en promedio entre 0,19 [0,05] y 0,20 [0,05] la probabilidad de que una empresa adoptara mecanismos formales de gobernanza de la innovación, concentrándose este efecto en un periodo medio de tres años y medio. Este horizonte temporal es muy similar al tiempo medio de observación de las empresas en la muestra (3,7 años), lo que indica que el ATE recogido en el análisis abarca prácticamente todo el periodo

⁵⁰ Véase Nota al pie 15.

⁵¹ Véase Nota al pie 16.

⁵² La magnitud, significancia y duración media del ATE dependen del parámetro *effects* (número de efectos a estimar) especificado en la función *did_multiplegt_dyn*.

durante el cual es posible observar el impacto de la ayuda en el panel de datos.

Por tanto, el impacto de la ayuda pública en la adopción de estructuras de gobernanza puede interpretarse como un efecto sostenido, que perduró mientras la empresa estuvo bajo seguimiento. Si bien no es posible afirmar con certeza si el cambio organizativo persistió más allá de ese horizonte por limitaciones del periodo de observación, los resultados muestran que el efecto superó claramente la duración media de los proyectos financiados (entre uno y tres años), lo que sugiere que la ayuda pública generó cambios organizativos de mayor alcance temporal que el propio proyecto apoyado.

- En cuanto a la dinámica de los efectos, todos los modelos identifican efectos significativos durante los cinco años siguientes a la recepción de la ayuda.⁵³ El mayor impacto se observa el primer año tras el tratamiento, con una estimación de 0,18 [0,03] en la que coinciden todos los modelos, significativa al 1 %. Después los efectos se reducen y permanecen estables.
- El análisis de heterogeneidad sugiere que el impacto fue particularmente significativo en pymes y sectores menos intensivos en tecnología. Desde una perspectiva territorial, el ATE estimado es más elevado en las empresas ubicadas en regiones en transición y en la menos desarrollada; no obstante, el tamaño muestral limitado de estos territorios restringe la potencia estadística de los análisis y, en consecuencia, la precisión de las estimaciones por nivel de desarrollo regional.

Si bien no se dispone de información completa sobre la situación previa de estos grupos antes de recibir la ayuda (ya que las empresas entran y salen del panel y son tratadas en distintos momentos), la evidencia de las empresas no tratadas (véase la **Tabla 29**) y la literatura disponible sobre desigualdades estructurales en los sistemas de innovación, apuntan que estos colectivos partían de niveles significativamente más bajos de institucionalización de la innovación. Por tanto, los resultados sugieren que las ayudas públicas no solo contribuyeron a mejorar la gobernanza de la innovación en términos absolutos, sino que también habrían ayudado a reducir brechas en el ecosistema innovador.

Tabla 29. Comparación de medias entre observaciones de empresas no tratadas

<i>Variable: Gobernanza de la innovación</i>					
Categoría de región		Nivel tecnológico sector		Tamaño empresarial	
Más desarrollo (N = 6.373)	Resto (N = 1.760)	Alto y medio-alto (N = 1.742)	Bajo y medio-bajo (N = 6.391)	> 200 (N = 1.009)	≤ 200 (N = 7.123)
0,188 [0,391]	0,134 [0,341]	0,324 [0,468]	0,136 [0,343]	0,436 [0,496]	0,140 [0,347]
Contraste medias: 0,000 (**)		Contraste medias: 0,000 (**)		Contraste medias: 0,000 (**)	

Notas: La tabla presenta medias y desviaciones estándar (entre corchetes) de la variable observada a nivel empresa-año, solo para empresas no tratadas y desglosada por categoría de región, nivel tecnológico del sector y tamaño empresarial. N representa el nº de observaciones válidas de la variable (excluye valores perdidos). El p-valor, significativo en todos los casos al 1 %, corresponde al test de chi-cuadrado.

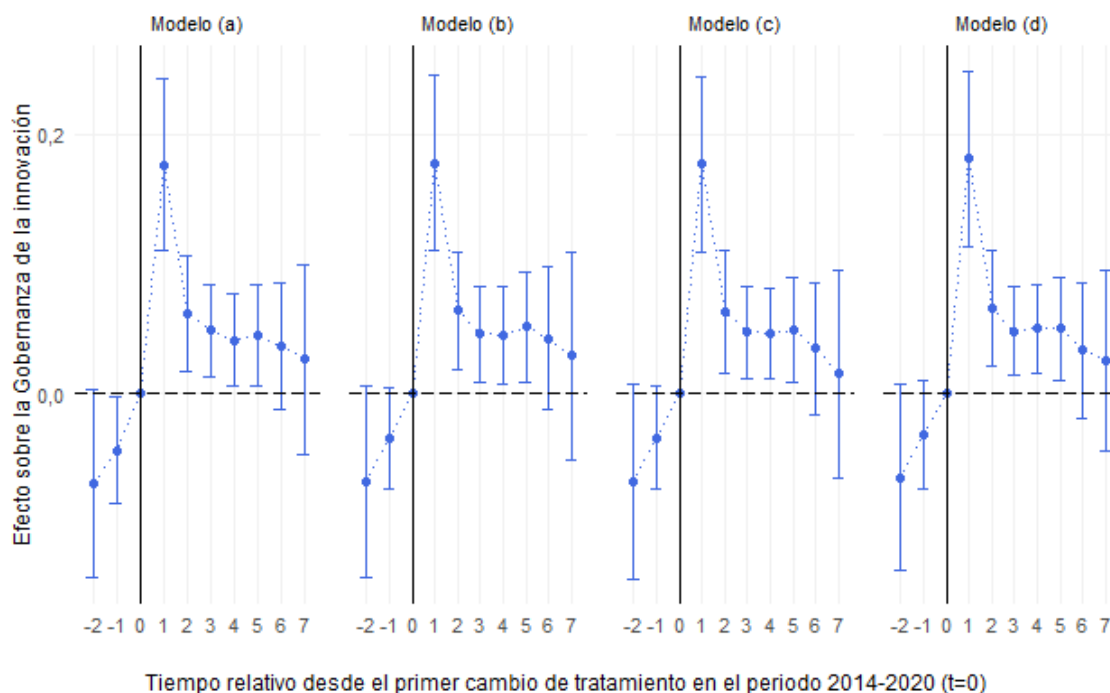
⁵³ El ATE se concentra en torno a la duración media de observación de las empresas (3,7 años), pero los efectos significativos detectados en los años posteriores se basan en el subconjunto de empresas que permanecen más tiempo en la muestra.

Tabla 30. Estimaciones del efecto de la ayuda pública para I+D+I empresarial sobre la variable binaria *Gobernanza de la innovación*

		Placebo 3	Placebo 2	Placebo 1	Efecto 1	Efecto 2	Efecto 3	Efecto 4	Efecto 5	Efecto 6	Efecto 7	ATE 7 años	Nul. placeb. efectos	Nul. efectos	Controles						
															A	B	C	D	E	F	
Todas	Modelo (a)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,22 [0,11] (21; 848)	-0,07 [0,04] (60; 2.094)	-0,04* [0,02] (157; 4.360)	0,18** [0,03] (255; 6.081)	0,06** [0,02] (183; 4.416)	0,05** [0,02] (141; 2.980)	0,04* [0,02] (115; 2.184)	0,05* [0,02] (80; 1.516)	0,04 [0,02] (39; 893)	0,03 [0,04] (21; 385)	0,19** [0,05] (834; 6.697)	0,103	0,000**						
													3,45 años								
														0,172	0,000**						
	Modelo (b)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,21 [0,11] (22; 801)	-0,07 [0,04] (58; 1.977)	-0,03 [0,02] (145; 4.112)	0,18** [0,03] (235; 5.730)	0,06** [0,02] (176; 4.211)	0,05* [0,02] (133; 2.862)	0,04* [0,02] (107; 2.093)	0,05* [0,02] (74; 1.449)	0,04 [0,03] (35; 853)	0,03 [0,04] (20; 368)	0,20** [0,05] (780; 6.365)	0,172	0,000**						
													3,47 años								
														0,211	0,000**						
	Modelo (c)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,21 [0,12] (22; 769)	-0,07 [0,04] (58; 1.885)	-0,03 [0,02] (145; 3.959)	0,18** [0,03] (235; 5.557)	0,06** [0,02] (176; 4.104)	0,05* [0,02] (133; 2.815)	0,05** [0,02] (107; 2.093)	0,05* [0,02] (74; 1.449)	0,03 [0,03] (35; 843)	0,02 [0,04] (20; 368)	0,19** [0,05] (780; 6.344)	0,211	0,000**						
													3,47 años								
														0,118	0,000**						
	Modelo (d)	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,21* [0,10] (22; 762)	-0,06 [0,04] (58; 1.792)	-0,03 [0,02] (145; 3.768)	0,18** [0,03] (235; 5.377)	0,07** [0,02] (176; 3.984)	0,05** [0,02] (133; 2.708)	0,05** [0,02] (107; 1.975)	0,05* [0,02] (74; 1.275)	0,03 [0,03] (35; 671)	0,03 [0,04] (20; 289)	0,20** [0,04] (780; 6.333)	0,118	0,000**						
													3,47 años								
Tipo región	Más desarr.	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,20 [0,13] (14; 649)	-0,07 [0,04] (49; 1.628)	-0,06* [0,02] (133; 3.411)	0,17** [0,03] (215; 4.771)	0,06* [0,03] (152; 3.452)	0,05* [0,02] (115; 2.323)	0,04* [0,02] (95; 1.700)	0,04 [0,02] (68; 1.175)	0,01 [0,02] (33; 687)	-0,01 [0,04] (17; 295)	0,17** [0,05] (695; 5.278)	0,070+	0,000**						
													3,44 años								
	Resto	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,30 [0,25] (7; 197)	-0,09 [0,08] (11; 350)	0,03 [0,04] (24; 800)	0,22* [0,11] (40; 1.078)	0,08 [0,05] (31; 752)	0,06 [0,05] (26; 655)	0,05 [0,05] (20; 482)	0,09 [0,05] (12; 341)	0,19** [0,05] (6; 206)	0,20** [0,07] (4; 90)	0,33* [0,13] (139; 1.338)	0,405	0,000**						
													3,54 años								
Nivel tecnol.	Alto y Med-al	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,19 [0,17] (6; 183)	-0,12 [0,08] (21; 445)	-0,05 [0,04] (50; 950)	0,06 [0,05] (90; 1.363)	0,03 [0,03] (68; 972)	0,06* [0,02] (51; 644)	0,06* [0,03] (39; 468)	0,03 [0,02] (27; 325)	-0,02 [0,02] (10; 114)	0,00 [0,04] (6; 88)	0,11* [0,05] (291; 1.569)	0,495	0,000**						
													3,43 años								
	Bajo y Med-bj	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,22 [0,16] (15; 665)	-0,05 [0,04] (39; 1.649)	-0,04 [0,03] (107; 3.410)	0,24** [0,04] (165; 4.718)	0,08* [0,03] (115; 3.444)	0,05 [0,02] (90; 2.336)	0,04 [0,02] (76; 1.716)	0,05* [0,02] (53; 1.191)	0,05 [0,03] (29; 701)	0,03 [0,05] (15; 297)	0,23** [0,06] (543; 5.128)	0,297	0,000**						
													3,46 años								
Tamaño	> 200	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,25 [0,21] (6; 79)	-0,05 [0,06] (19; 182)	-0,04 [0,05] (34; 440)	0,15** [0,06] (60; 686)	0,04 [0,04] (50; 519)	0,04 [0,03] (43; 387)	0,03 [0,02] (39; 321)	0,06* [0,03] (24; 218)	0,00 [0,04] (8; 111)	-0,04 [0,06] (5; 57)	0,15* [0,08] (229; 1.039)	0,369	0,081+						
													3,87 años								
	≤ 200	Est. [SE] (Switchers; N) Prom. periodos	-0,20 [0,14] (15; 733)	-0,08 [0,05] (41; 1.799)	-0,05* [0,02] (123; 3.732)	0,18** [0,04] (195; 5.191)	0,07* [0,03] (133; 3.770)	0,05* [0,02] (98; 2.542)	0,05* [0,02] (76; 1.863)	0,04 [0,02] (56; 1.298)	0,03 [0,03] (31; 770)	0,03 [0,04] (16; 328)	0,20** [0,05] (605; 5.634)	0,152	0,001**						
													3,31 años								

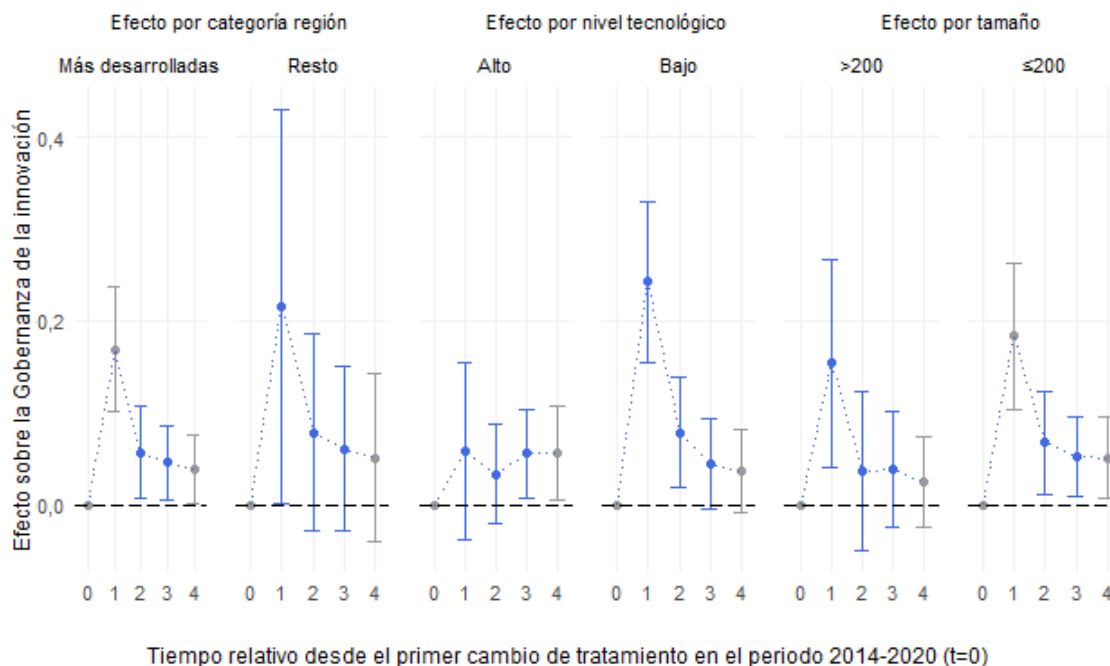
Notas: La tabla presenta las estimaciones normalizadas obtenidas con la función `did_multipligt_dyn`. **Est.**: Estimación del efecto; **SE**: Error estándar robusto; **Switchers**: Nº de empresas que cambian de estado de tratamiento; **N**: Nº de observaciones; **ATE**: Efecto acumulado medio; **Prom. períodos**: Nº medio de años sobre los que se acumula el ATE; **p (Wald)**: p-valor del test de igualdad de los efectos; **Nul. placebo**: p-valor del test de nulidad conjunta de los placebos; **Nul. efectos**: p-valor del test de nulidad conjunta de los efectos; **Controles**: **A** = Efectos fijos por empresa y por año; **B** = Edad empresarial; **C** = Capital extranjero; **D** = Empresa exportadora; **E** = Ajuste por tendencias específicas por *Tamaño empresarial_2*; **F** = Ajuste por tendencias específicas por *Nivel tecnológico del sector*; **G** = Ajuste por tendencias lineales específicas por empresa; **Niveles de significación estadística**: (**) = p < 0,01, (*) = p < 0,05, (+) = p < 0,1

Figura 33. Efectos estimados de la ayuda pública sobre la variable *Gobernanza de la innovación*



Notas: Los gráficos de la Figura 33 muestran las estimaciones de los modelos (a)–(d) de la **Tabla 30**. El eje x indica el tiempo relativo al primer año en que cada empresa cambia su estado de tratamiento ($t=0$), que varía entre empresas. A la derecha de $t=0$ se representan los efectos estimados del tratamiento, calculados como medias ponderadas de la ayuda recibida en ese año y en años anteriores, con intervalos de confianza al 95 %. A la izquierda se muestran estimaciones placebo, que comparan la evolución previa de la variable resultado entre empresas que cambiarán de tratamiento (*switchers*) y aquellas que no y que comparten igual estado de tratamiento en $t=0$. Ningún placebo es significativo, lo que aumenta la confianza en la no violación de los supuestos clave.

Figura 34. Heterogeneidad de los efectos estimados sobre la variable *Gobernanza de la innovación*



Notas: Los gráficos de la Figura 34 representan los análisis de heterogeneidad por subgrupos presentados en la **Tabla 30**. Por claridad, no se representan los placebos, solo los efectos estimados hasta el cuarto. Se indican en gris aquellos efectos cuya validez causal se ve comprometida por estar asociados a placebos estadísticamente significativos o sin datos para su cálculo en el caso de los efectos por categoría de región y por nivel tecnológico.



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE HACIENDA



Fondos Europeos