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

Cabrera Casado, Arnau. *Infraestructura tecnológica y matrícula STEM en España : un análisis provincial de los parques científicos y tecnológicos*. Treball de Final de Grau (Universitat Autònoma de Barcelona), 2026 (Economia). 52 pàg.

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/336951>

under the terms of the  license.

Trabajo de Final de Grado

Facultad de Economía y Empresa

**TÍTULO: INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA Y MATRÍCULA STEM EN
ESPAÑA: UN ANÁLISIS PROVINCIAL DE LOS PARQUES CIENTÍFICOS Y
TECNOLÓGICOS**

AUTOR: Arnau Cabrera Casado

TUTORA: María José Fuentes Vásquez

GRADO: Economía

FECHA: 26/5/2026

RESUMEN

Este trabajo analiza la relación entre la presencia de parques científicos y tecnológicos y la orientación de la matrícula universitaria hacia titulaciones STEM en España. Para ello, se construye un panel provincial que combina información sobre matrícula universitaria en universidades públicas, stock acumulado de parques científicos y tecnológicos, y variables socioeconómicas e innovadoras para el periodo 2008-2021. El análisis principal se centra en el periodo 2008–2014, debido a la existencia de una ruptura metodológica en la medición de la matrícula universitaria a partir de 2015. Desde un marco teórico basado en capital humano, economías de aglomeración y Triple Hélice, se plantea que los parques científicos y tecnológicos pueden actuar como infraestructuras territoriales que hacen visible la demanda de perfiles científico-técnicos y favorecen la conexión entre universidad, empresa y administración pública. Los resultados muestran una asociación positiva y estadísticamente significativa entre el stock acumulado de parques y el peso de la matrícula STEM en universidades públicas. Esta relación se mantiene al incorporar controles económicos, demográficos e innovadores y al excluir grandes polos urbanos como Madrid y Barcelona. No obstante, un ejercicio placebo con el stock futuro de parques sugiere la existencia de selección territorial, por lo que los resultados deben interpretarse como evidencia de asociación robusta, no como prueba causal definitiva. El trabajo contribuye al debate sobre innovación territorial y capital humano, destacando la importancia de considerar los parques científicos y tecnológicos como parte de ecosistemas locales más amplios.

Palabras clave: parques científicos y tecnológicos; STEM; capital humano; innovación territorial; panel provincial; España.

RESUM

Aquest treball analitza la relació entre la presència de parcs científics i tecnològics i l'orientació de la matrícula universitària cap a titulacions STEM a Espanya. Per fer-ho, es construeix un panell provincial que combina informació sobre matrícula universitària en universitats públiques, estoc acumulat de parcs científics i tecnològics, i variables socioeconòmiques i d'innovació pel període 2008-2021. L'anàlisi principal se centra en el període 2008–2014, a causa de l'existència d'una ruptura metodològica en la mesura de la matrícula universitària a partir de 2015. Des d'un marc teòric basat en el capital humà, les economies d'aglomeració i la Triple Hèlix, es planteja que els parcs científics i tecnològics poden actuar com a infraestructures territorials que fan visible la demanda de perfils científicotècnics i afavoreixen la connexió entre universitat, empresa i administració pública. Els resultats mostren una associació positiva i estadísticament significativa entre l'estoc acumulat de parcs i el pes de la matrícula STEM en universitats públiques. Aquesta relació es manté en incorporar controls econòmics, demogràfics i d'innovació, i també en excloure grans pols urbans com Madrid i Barcelona. Tanmateix, un exercici placebo amb l'estoc futur de parcs suggereix l'existència de selecció territorial, de manera que els resultats s'han d'interpretar com a evidència d'una associació robusta, però no com una prova causal definitiva. El treball contribueix al debat sobre innovació territorial i capital humà, destacant la importància de considerar els parcs científics i tecnològics com a part d'ecosistemes locals més amplis.

Paraules clau: parcs científics i tecnològics; STEM; capital humà; innovació territorial; panell provincial; Espanya.

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Motivación y relevancia económica	6
1.2. Definición operativa de parque tecnológico	8
1.3. Pregunta de investigación	8
1.4. Hipótesis de trabajo	9
1.5. Estructura del trabajo y principales resultados	10
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. La decisión educativa: capital humano e interés por estudios STEM	11
2.2. Aglomeración, <i>spillovers</i> y decisiones educativas	11
2.3. La Triple Hélice: universidad, empresa y sector público	13
2.4. Parques científicos y tecnológicos: Mecanismos de impacto sobre capital humano y <i>spillovers</i>	14
2.4.1. Concentración de empresas tecnológicas y aumento de la demanda de talento STEM	14
2.4.2. Facilitación de <i>spillovers</i> y cooperación entre agentes	15
2.4.3. Heterogeneidad temporal: el factor madurez	15
2.5. Parques científicos y tecnológicos como política territorial de innovación	15
3. CONTEXTO	17
3.1. Los parques científicos y tecnológicos como infraestructura de innovación	17
3.2. La Triple Hélice materializada en España	17
3.3. Evolución territorial y temporal de los parques tecnológicos	18
3.4. Evolución del entorno tecnológico: I+D y desigualdad territorial	21
3.5. Evolución de la matrícula STEM en España	22
4. DISEÑO EMPÍRICO	25
4.1. Explicación y descripción de los datos y construcción del panel	26
4.2. Variable dependiente	26
4.3. Variable independiente:	28
4.4. Variables de control	28
4.4.1. PIB per cápita	28
4.4.2. Población joven	29
4.4.3. Mercado laboral	29
4.4.4. I+D/PIB	30
5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	30
5.1. Justificación del uso de datos de panel	30

5.2. Definición de los dos paneles de análisis	31
5.3. Especificación adoptada	31
5.4. Variación between y within: justificación de la especificación	31
5.4.1. Nota metodológica sobre la estrategia de diferencias en diferencias	32
6. RESULTADOS	33
6.1. Evidencia descriptiva	33
6.2. Resultados principales.....	36
6.3. Test de robustez adicional: placebo temporal	39
7. IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS	40
7.1. Implicación económica principal	40
7.2. El efecto refugio del paro.....	41
7.3. La robustez ante la exclusión de outliers	41
7.4. La robustez ante I+D	42
7.5. La robustez ante estructura laboral	42
7.6. Implicaciones para la política pública	43
7.6.1. Concentración vs. dispersión.	43
7.6.2. Desigualdad territorial.....	43
8. LIMITACIONES DEL ANÁLISIS	43
8.1. Limitaciones de identificación	43
8.2. Limitaciones de los datos	44
9. CONCLUSIONES.....	45
9.1. Resumen de hallazgos principales	45
9.2. Contribución al debate académico	45
9.3. Recomendaciones de política pública	46
9.4. Futuras líneas de investigación	46
FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS	52
ANEXO A. Definición de variables	52

1. INTRODUCCIÓN

La transformación tecnológica ha situado el capital humano cualificado en el centro del debate sobre productividad, innovación y competitividad territorial. En particular, la formación universitaria en áreas STEM y la presencia de ecosistemas locales de innovación, como los parques científicos y tecnológicos (PCT), pueden desempeñar un papel relevante en la especialización económica y educativa de los territorios. Este trabajo se pregunta si las provincias españolas con mayor presencia de PCT muestran una mayor orientación de la matrícula universitaria hacia titulaciones STEM. Para ello, se construye un panel provincial que integra datos de matrícula universitaria, PCT y variables socioeconómicas mediante el cual se plantea un modelo econométrico para entender la relación entre entornos innovadores y preferencias de formación. Los resultados permiten analizar si existe una relación sistemática, aportando evidencia al debate sobre capital humano e innovación regional en España.

1.1. Motivación y relevancia económica

La formación en áreas STEM —ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas— constituye un elemento central para la innovación de las economías avanzadas. En un contexto de transformación tecnológica acelerada, la acumulación de capital humano cualificado específicamente en estas áreas resulta especialmente relevante, ya que podría permitir a los territorios absorber nuevas tecnologías y sostener procesos de crecimiento a largo plazo (Nelson & Phelps, 1966; Romer, 1990).

Por otro lado, los parques científicos y tecnológicos se han consolidado como instrumentos de política pública para promover el desarrollo económico, la innovación y la cohesión territorial (Adán, 2012). Estos pueden entenderse como infraestructuras territoriales orientadas a concentrar empresas innovadoras, empleo cualificado e inversión en I+D. Su función consiste en favorecer la transferencia de conocimiento mediante la cooperación entre universidades y empresas y la creación de ecosistemas locales de innovación.

La importancia de estudiar esta relación se justifica por tres rasgos del caso español. En primer lugar, el mercado laboral juvenil continúa mostrando dificultades estructurales de inserción. A finales de 2024, los jóvenes menores de 30 años representaban el 14,55% del paro registrado, pese a la reducción del desempleo juvenil durante ese año (Servicio

Público de Empleo Estatal, 2025). En España, las ocupaciones STEM tienen un peso relevante y creciente en el mercado laboral. Según el SEPE, en el IV trimestre de 2023 representaba 8,18% del empleo total, y su número aumentó un 25,60% respecto al IV trimestre de 2019, mostrando además una elevada resiliencia durante la crisis de 2020 (Servicio Público de Empleo Estatal, 2024). Además, la evidencia europea muestra que los graduados recientes en áreas STEM presentan mejores resultados laborales y salariales que otros graduados, lo que refuerza la relevancia económica de estas titulaciones (European Commission, 2025). Por otra parte, el informe del Servicio Público de Empleo Estatal (2024) apunta a una mayor estabilidad laboral relativa de las ocupaciones STEM sobre el conjunto del mercado laboral español. Esta demanda creciente convive con tensiones de cualificación, reflejadas en la existencia de vacantes tecnológicas no cubiertas por falta de perfiles adecuados (Servicio Público de Empleo Estatal, 2024).

En segundo lugar, España mantiene todavía un reto importante en términos de esfuerzo innovador. En 2023, la inversión en I+D representó el 1,49% del PIB, frente al 1,41% del año anterior, lo que muestra una mejora reciente, pero también la necesidad de seguir reforzando el sistema español de ciencia e innovación (Fundación Cotec para la Innovación, 2024).

Por último, la actividad innovadora y la competitividad no se distribuyen de forma homogénea en el territorio. Las diferencias entre comunidades autónomas en esfuerzo en I+D y presencia de infraestructuras tecnológicas sugieren que el entorno local puede desempeñar un papel relevante en la formación de expectativas educativas.

A pesar de la relevancia económica de las competencias STEM y del papel de los PCT como instrumentos de innovación territorial, la relación entre ambos fenómenos ha recibido menor atención empírica desde una perspectiva provincial. La literatura suele analizar, por un lado, los retornos laborales de la educación STEM y, por otro, los efectos de los PCT sobre la innovación empresarial, la cooperación universidad-empresa o el desarrollo regional. Sin embargo, resulta menos habitual estudiar si la presencia de estos ecosistemas innovadores se asocia también con las decisiones educativas de los jóvenes y con una mayor matriculación universitaria en ramas científicas y técnicas.

Este trabajo contribuye a cubrir ese espacio mediante la construcción de un panel provincial para España que combina información sobre matrícula universitaria STEM, PCT, y variables socioeconómicas territoriales procedentes de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística (INE) y la Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España (APTE). El enfoque de panel permite observar la evolución de

las provincias a lo largo del tiempo y analizar si existe una asociación sistemática entre infraestructura tecnológica territorial y matrícula STEM, controlando por diferencias económicas, demográficas y laborales entre territorios.

1.2. Definición operativa de parque tecnológico

En este trabajo, se adopta la definición de PCT que aporta la APTE, ya que permite delimitar la variable explicativa utilizada en el análisis empírico.

Según APTE: “Un Parque Científico y/o Tecnológico se trata de un proyecto, generalmente asociado a un espacio físico. Mantiene relaciones formales y operativas con las universidades, centros de investigación y otras instituciones de educación superior. Está diseñado para alentar la formación y el crecimiento de empresas basadas en el conocimiento y de otras organizaciones de alto valor añadido pertenecientes al sector terciario, normalmente residentes en el propio Parque. Posee un organismo estable de gestión que impulsa la transferencia de tecnología y fomenta la innovación entre las empresas y organizaciones usuarias del Parque.”

Resulta interesante el trabajo de López García De Leániz (2004), donde identifica mediante una tabla de "común denominador" los elementos mínimos que deben coincidir para que un espacio urbanístico pueda denominarse correctamente parque tecnológico: (i) existencia de un espacio físico delimitado y gestionado, (ii) infraestructuras de alta calidad urbanística, (iii) vinculación explícita con universidades o centros de investigación, y (iv) presencia de actividades de I+D y transferencia tecnológica. Estos cuatro factores distinguen a los PCT de otras formas de concentración empresarial.

1.3. Pregunta de investigación

La pregunta principal que intenta responder el trabajo es: *¿Las provincias con mayor infraestructura tecnológica acumulada —medida por la presencia y el número de parques científicos y tecnológicos— presentan sistemáticamente una mayor proporción de estudiantes universitarios matriculados en titulaciones STEM, una vez controlados los principales factores socioeconómicos territoriales?*

Este trabajo no pretende identificar un efecto causal en sentido experimental. Más bien, busca estimar una asociación sistemática y robusta entre dotación de infraestructura tecnológica y preferencias educativas, teniendo en cuenta que las provincias difieren en características económicas, demográficas e institucionales. El análisis adopta una

perspectiva provincial porque la localización de los PCT, la oferta universitaria, la estructura productiva y las oportunidades laborales presentan una clara dimensión territorial que quedaría parcialmente oculta en un análisis agregado a escala nacional o autonómica.

El interés de esta cuestión es doble. Por un lado, permite explorar si los PCT cumplen una función más amplia que la simple localización de empresas innovadoras, actuando también como señal territorial de oportunidades profesionales para los jóvenes. Por otro lado, ayuda a valorar si el ecosistema local de innovación puede influir en decisiones educativas que normalmente se explican solo por preferencias individuales o por diferencias de renta.

1.4. Hipótesis de trabajo

La hipótesis principal es que una mayor acumulación de PCT se asocia con una mayor matrícula universitaria STEM. La lógica detrás de esta hipótesis es que la presencia de estos espacios refuerza la percepción de oportunidades laborales en sectores intensivos en conocimiento, mejora la visibilidad de perfiles científicos y técnicos y reduce la incertidumbre sobre los retornos esperados de estudiar este tipo de carreras.

En segundo lugar, se espera que el nivel de renta regional tenga un efecto positivo sobre la matrícula STEM. Las provincias o regiones con mayor PIB per cápita pueden ofrecer mayores recursos para afrontar los costes de la educación superior y una estructura productiva más compleja y orientada a actividades intensivas en conocimiento.

En tercer lugar, el efecto del desempleo sobre la matrícula STEM es teóricamente ambiguo. Un mercado laboral desfavorable puede reducir las expectativas laborales locales, pero también incentivar la prolongación de estudios o la elección de titulaciones con mejores perspectivas de empleabilidad. A la vez, un entorno con menor paro juvenil puede reforzar la percepción de que los estudios técnicos y científicos tienen una salida profesional más clara.

Por último, la disponibilidad de universidades públicas también podría asociarse positivamente con la matrícula STEM, ya que una mayor oferta educativa reduce costes de acceso y amplía las oportunidades de cursar estudios universitarios en el territorio.

Como hipótesis complementaria, puede plantearse que el efecto de los PCT es más intenso en territorios con una base industrial e innovadora más consolidada, dado que la

complementariedad entre universidad, empresa y sector público tiende a reforzar los retornos locales de la innovación.

1.5. Estructura del trabajo y principales resultados

El trabajo se estructura en las siguientes secciones principales.

En primer lugar se desarrollan los debates sobre capital humano, elección educativa y triple hélice.

En segundo lugar se describe el contexto institucional español (PCT, financiación, fondos europeos y evolución de la inversión en innovación y de la matrícula STEM).

Posteriormente se detalla la construcción de la base de datos con las variables utilizadas.

A continuación se expone la estrategia metodológica.

Después se presentan los resultados principales y los resultados de los tests de robustez.

En el siguiente capítulo se discuten las implicaciones económicas y de política pública de los resultados.

El capítulo 8 recoge las limitaciones, tanto en los datos como en la metodología.

Finalmente, se resume el contenido más relevante del trabajo, y se concluye con recomendaciones de política pública.

Los resultados principales apuntan a una relación positiva entre la presencia acumulada de PCT y el peso de la matrícula universitaria STEM a nivel provincial. El coeficiente estimado es positivo y estadísticamente significativo en el modelo base, y se mantiene en distintas especificaciones de robustez con controles socioeconómicos y efectos fijos temporales. Sin embargo, los ejercicios placebo sugieren la existencia de sesgo de selección territorial, por lo que la relación estimada debe interpretarse como una asociación robusta, no como una identificación causal definitiva.

2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico revisa literatura previa y justifica el vínculo que se quiere contrastar entre entorno innovador provincial y matriculación universitaria STEM. Se estructura en cuatro bloques que construyen el mecanismo económico del trabajo.

Primero, la literatura sobre capital humano permite entender qué factores condicionan la decisión individual de elegir determinadas opciones educativas. Segundo, la literatura sobre economías de aglomeración explica por qué la actividad innovadora no se

distribuye homogéneamente en el espacio y puede generar entornos locales diferenciados. Tercero, el análisis de los PCT permite entenderlos como infraestructuras que conectan empresas, universidades y administraciones públicas y demanda de capital humano cualificado. Por último, la literatura crítica sobre políticas de clúster introduce cautela sobre la interpretación de estos efectos.

2.1. La decisión educativa: capital humano e interés por estudios STEM

La elección de cursar estudios universitarios puede interpretarse, desde la teoría del capital humano, como una decisión de inversión (Becker, 1964). Bajo este enfoque, los estudiantes que valoran empezar a cursar una carrera universitaria comparan los costes directos de la formación (matrícula, materiales, tiempo de estudio) y los costes de oportunidad que supone retrasar su entrada en el mercado laboral, o de compaginar estudios y trabajo, con la expectativa de obtener mejores condiciones laborales (mayores salarios, estabilidad en el empleo, mejores trayectorias profesionales...) a lo largo del ciclo vital. Por lo tanto, las decisiones educativas están estrechamente vinculadas a las expectativas que los jóvenes forman sobre la demanda futura de trabajo cualificado en su entorno.

La evidencia reciente para Europa y Estados Unidos confirma que los rendimientos de invertir en educación, concretamente dentro de la rama STEM, son elevados en términos salariales y de empleabilidad (Caprile, 2015; National Center for Science and Engineering Statistics (NCSES), 2024). Sin embargo la persistencia de desajustes entre oferta y demanda en Europa indica que la información es imperfecta, los estudiantes no perciben una señal de oportunidad y el ajuste no se produce de manera automática. Este hecho abre la puerta a que el entorno territorial —incluida la presencia de infraestructuras especializadas como los PCT— pueda influir en las expectativas y motivaciones de los jóvenes.

2.2. Aglomeración, *spillovers* y decisiones educativas

La decisión de invertir en educación superior, y en particular en estudios STEM, no depende únicamente de características individuales, sino también de las oportunidades de empleo y aprendizaje que ofrecen las distintas regiones. La literatura sobre economía regional y urbana muestra que el capital humano, la innovación y las actividades intensivas en conocimiento tienden a concentrarse espacialmente. Esta concentración

puede modificar las expectativas de los jóvenes sobre los retornos de estudiar determinadas titulaciones, especialmente aquellas vinculadas a perfiles científicos y técnicos.

Faggian y McCann (2008) muestran que los rendimientos regionales de la educación universitaria dependen en gran medida del comportamiento migratorio de los graduados. Las regiones innovadoras y con mejores mercados de trabajo son capaces de atraer capital humano joven y, a su vez, este influjo de capital humano refuerza su capacidad innovadora. Este mecanismo sugiere que los jóvenes que valoran la posibilidad de migrar hacia polos innovadores pueden percibir retornos especialmente elevados de estudiar carreras STEM, ya que estas disciplinas son las más demandadas en los mercados laborales de las regiones tecnológicamente avanzadas.

De forma complementaria, Moretti (2013) muestra que la decisión de inversión en capital humano depende de la propia localización de ese capital dentro del territorio. El talento tiende a concentrarse en determinadas áreas donde las interacciones entre empresas, universidades y trabajadores generan externalidades que elevan la productividad y los salarios locales. Su evidencia refuerza la idea de que los territorios intensivos en conocimiento pueden ofrecer señales laborales más favorables para quienes valoran invertir en formación científico-técnica. Estos mecanismos se explican por la existencia de *spillovers* de conocimiento y aprendizaje local, es decir, externalidades generadas por la proximidad entre empresas, universidades y trabajadores cualificados.

Glaeser (1999) subraya que las aglomeraciones urbanas existen, en parte, porque facilitan el aprendizaje mutuo entre individuos que viven y trabajan en proximidad. En su modelo, la densidad de las ciudades incrementa el número de interacciones entre trabajadores y, a través de la imitación y el intercambio de ideas, acelera la acumulación de capital humano. En la misma línea, Audretsch y Feldman (1996) muestran que la innovación está más geográficamente concentrada que la producción. Sus resultados indican que mayor densidad de capital humano cualificado y una base sólida de investigación universitaria presentan una mayor propensión a que la innovación se concentre en unos pocos lugares, lo que apunta a que las externalidades de conocimiento —especialmente el conocimiento tácito que requiere interacción cara a cara— son un motor fundamental de la formación de clústers tecnológicos.

Estas contribuciones sugieren que en regiones donde existe una masa crítica de empresas tecnológicas y de investigación, reforzada por universidades activas y mercados laborales dinámicos, los jóvenes observan salarios más altos, menores tasas de desempleo para

perfiles cualificados y mayores oportunidades de carrera, lo que aumenta el rendimiento percibido de invertir en estudios científico-técnicos (Audretsch y Feldman, 1996; Moretti, 2013).

Si bien buena parte de esta literatura se basa en el análisis de grandes áreas metropolitanas en el contexto anglosajón, sus mecanismos pueden extrapolarse al ámbito provincial español en la medida en que los PCT funcionan como polos locales de actividad intensiva en conocimiento dentro de territorios de referencia más amplios.

2.3. La Triple Hélice: universidad, empresa y sector público

El modelo de Triple Hélice permite incorporar la dimensión institucional del entorno innovador, para describir una transformación en la manera de pensar en los sistemas económicos regionales. Frente a la universidad tradicional, centrada en docencia e investigación básica, emerge una “universidad emprendedora” que asume una tercera misión orientada a la creación directa de riqueza y al desarrollo regional (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995). En este marco, las tres esferas dejan de operar como compartimentos estancos y pasan a desempeñar funciones parcialmente superpuestas, de manera que las universidades participan en actividades empresariales, las empresas colaboran en formación e I+D y las administraciones diseñan políticas que favorecen estas sinergias. Esta visión pone el foco en espacios que permiten romper barreras organizativas y geográficas entre los actores. Ejemplos de estos puentes serían oficinas de transferencia, incubadoras o PCT, que actúan como plataformas donde se intensifican los flujos de conocimiento y se coordinan proyectos conjuntos. La Triple Hélice proporciona el marco institucional mediante el cual las externalidades de capital humano y los derrames de innovación se canalizan y amplifican en determinados territorios.

La relevancia económica de este tipo de arreglos institucionales se ve respaldada por la evidencia empírica sobre el impacto de las universidades en el crecimiento regional. Valero y Van Reenen (2019) muestran que la expansión universitaria se asocia con mayores niveles futuros de PIB per cápita regional, efecto que se explica en parte por un mayor stock de capital humano y por una intensificación de la actividad innovadora local. Además, encuentran que la presencia universitaria genera *spillovers* espaciales sobre regiones vecinas, reforzando la idea de que las universidades operan como nodos de sistemas regionales de innovación y no únicamente como proveedores aislados de educación.

En conjunto, el modelo de Triple Hélice permite conectar los apartados anteriores con el objeto central del trabajo. Si la decisión de estudiar STEM depende de los retornos esperados y si estos retornos están condicionados por el entorno territorial, entonces la interacción entre universidad, empresa y administración puede modificar las oportunidades percibidas por los jóvenes. En este marco, los PCT pueden actuar como infraestructuras que hacen visible la conexión entre formación STEM, actividad innovadora y demanda laboral cualificada, reforzando así el mecanismo que se contrasta empíricamente en este trabajo.

2.4. Parques científicos y tecnológicos: Mecanismos de impacto sobre capital humano y spillovers

Los PCT constituyen un instrumento de política industrial y territorial que conecta directamente con los tres ejes conceptuales desarrollados hasta aquí: la acumulación de capital humano cualificado (apartado 2.1), la generación y difusión de externalidades de conocimiento (apartado 2.2) y la cooperación institucional bajo el modelo de Triple Hélice (apartado 2.3). Este apartado describe los principales mecanismos a través de los cuales los PCT pueden influir sobre el mercado laboral cualificado y la innovación regional.

2.4.1. Concentración de empresas tecnológicas y aumento de la demanda de talento STEM

Los PCT reúnen en un espacio acotado empresas de base tecnológica, centros de I+D, institutos tecnológicos y, en muchos casos, centros de empresas e innovación (CEI) que actúan como incubadoras (Ondategui, 2001). Su eficacia depende de su inserción territorial, conexión con universidades, empresas e infraestructuras, y adecuación a la demanda real del tejido productivo (López García De Leániz, 2004).

En este sentido, un parque bien diseñado puede ofrecer suelo industrial de calidad, pero también puede actuar como señal de especialización sectorial atrayendo trabajadores cualificados. Esta concentración genera una demanda visible de perfiles STEM, que puede influir sobre las decisiones de los individuos en edad de elegir itinerarios formativos.

2.4.2. Facilitación de spillovers y cooperación entre agentes

Vásquez-Urriago et al., (2016) analizan el impacto de los PCT españoles sobre la capacidad de innovación de las empresas y encuentran que los PCT aumentan significativamente la probabilidad de cooperación en I+D y mejoran la capacidad tecnológica de las empresas residentes. Sin embargo, la intensidad de estos *spillovers* depende de que exista una colaboración entre universidad, empresa y administración pública. Un parque aislado de universidades, redes de transporte o sectores tractores tiene menos capacidad de generar *spillovers* y de atraer talento cualificado (López García De Leániz, 2004).

2.4.3. Heterogeneidad temporal: el factor madurez

No todos los PCT tienen el mismo impacto en el momento de su creación. Link y Scott (2003) proponen que el crecimiento de un parque tecnológico sigue una curva en "S". Exponen que en los primeros años de un parque, este experimenta una fase de puesta en marcha caracterizada por baja ocupación, limitada visibilidad y escasa masa crítica de empresas e investigadores. A medida que el parque madura, aumenta progresivamente su capacidad de atraer empresas, generar externalidades, consolidar redes de cooperación y actuar como referente sectorial en el territorio. Finalmente, en la fase de consolidación, el parque alcanza un nivel estable de ocupación y de impacto regional. Esta dinámica temporal sugiere que un PCT recién creado no tiene la misma capacidad de señalización, atracción de empresas o generación de externalidades que un parque consolidado, por lo que la madurez debe tenerse en cuenta al interpretar los resultados empíricos.

2.5. Parques científicos y tecnológicos como política territorial de innovación

Las políticas territoriales de innovación pueden entenderse como una forma moderna de política industrial orientada a resolver fallos de información y coordinación. Desde la perspectiva de Rodrik (2004), este tipo de políticas puede justificarse por la existencia de fallos de información y coordinación. En muchos casos, el sector privado puede no invertir lo suficiente en nuevas actividades tecnológicas si los beneficios sociales superan a los privados o si hacen falta inversiones complementarias en infraestructuras, formación, financiación y servicios tecnológicos. Los PCT pueden contribuir a mitigar estos fallos porque pueden funcionar como mecanismos de coordinación, reduciendo incertidumbres y facilitando la emergencia de actividades intensivas en conocimiento.

A pesar de esto, López García De Leániz (2004) constata que en España muchos PCT han surgido como iniciativas aisladas de las comunidades autónomas, sin estudios previos de localización, presencia de investigación universitaria, demanda empresarial real o viabilidad técnico-económica, manifestando el riesgo de que los PCT se conviertan en meros desarrollos inmobiliarios.

El caso a favor de las políticas de clúster es teóricamente ambiguo y empíricamente débil. Por lo tanto, hay que pensar en la concentración local de actividad económica como un resultado intermedio y no un objetivo final de prosperidad (Duranton, 2011). Esta cautela es importante para el presente trabajo, en el sentido de que los PCT pueden actuar como señales de un entorno innovador y generar demanda de perfiles STEM, pero su efecto no debe asumirse automáticamente. Por ello, es necesario precisar el mecanismo económico de cualquier política territorial de innovación y realizar un contraste empírico.

El marco teórico permite derivar un mecanismo económico que conecta PCT y matrícula STEM a través de tres eslabones. Primero, desde la teoría del capital humano, los jóvenes eligen estudios en función de los retornos esperados de la formación. Segundo, la literatura sobre aglomeración y *spillovers* muestra que los entornos intensivos en conocimiento concentran empleo cualificado, empresas tecnológicas y oportunidades de aprendizaje. Tercero, la Triple Hélice permite interpretar los PCT como infraestructuras que articulan universidad, empresa y administración, haciendo visible la conexión entre formación STEM y demanda laboral cualificada.

De este mecanismo se deriva la hipótesis principal del trabajo: las provincias con mayor presencia acumulada de PCT presentan un mayor peso relativo de matrícula universitaria STEM. Además, se plantean dos hipótesis secundarias. Por un lado, el PIB per cápita debería asociarse positivamente con la matrícula STEM, al aproximar el nivel de desarrollo económico y la existencia de mercados laborales más dinámicos. Por otro lado, la tasa de paro podría asociarse negativamente con la matrícula STEM si refleja menores oportunidades laborales locales, aunque su efecto puede ser ambiguo porque también puede incentivar la permanencia en el sistema educativo.

Para establecer estas hipótesis es necesaria una condición de contorno, bajo la cual la movilidad geográfica de los estudiantes es limitada. Si los jóvenes pudieran desplazarse sin costes hacia cualquier universidad o mercado laboral, el entorno provincial tendría menor relevancia. Sin embargo, los costes de la movilidad hacen que la provincia pueda

seguir siendo un espacio relevante para la formación de expectativas educativas y laborales.

Estas hipótesis conectan el marco teórico con el diseño empírico, donde la matrícula STEM se analiza como resultado de un entorno provincial caracterizado por la presencia de PCT, el nivel de desarrollo económico y las condiciones del mercado laboral. El análisis empírico permitirá contrastar si estas relaciones teóricas se observan en el panel provincial construido para España.

3. CONTEXTO

Este capítulo presenta el contexto institucional y territorial en el que se sitúa el análisis empírico. En primer lugar, se define el papel de los PCT como infraestructuras de innovación. A continuación, se explica su encaje en el modelo de Triple Hélice y su desarrollo en España. Finalmente, se analiza la desigual distribución territorial de los PCT, del esfuerzo en I+D y de la matrícula STEM.

3.1. Los parques científicos y tecnológicos como infraestructura de innovación

En este trabajo, un parque científico y tecnológico se entiende como una infraestructura territorial orientada a concentrar empresas innovadoras, centros de investigación, universidades y servicios de apoyo a la transferencia tecnológica. Su función principal es ofrecer suelo empresarial, pero su relevancia reside en su capacidad potencial para facilitar la cooperación entre agentes públicos y privados para favorecer la creación y difusión de conocimiento. Por ello, los PCT pueden interpretarse como nodos del sistema territorial de innovación. Su relevancia para este trabajo reside en que permiten aproximar la existencia de un entorno local donde la demanda de perfiles científico-técnicos puede ser más visible para los jóvenes. Operativamente, la presencia de PCT se mide a partir de la lista histórica de parques asociados a APTE.

3.2. La Triple Hélice materializada en España

El modelo de PCT en España se caracteriza por una estrecha colaboración entre universidad, iniciativa privada y fuerte apoyo de las administraciones públicas. Las administraciones autonómicas y locales intervienen mediante planificación territorial, provisión de suelo, financiación y apoyo institucional. Las universidades aportan investigación, talento cualificado y transferencia tecnológica. Las empresas introducen

demanda tecnológica, inversión privada y orientación hacia el mercado (Romera Lubias, 2003). Además, en 1988 se creó la APTE, que actúa como una red de coordinación y visibilidad institucional de los PCT. Cabe destacar también el papel de la financiación europea en la consolidación de estas infraestructuras de innovación. En particular, durante el periodo 2007–2013 estuvo presente el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), gestionado por el CDTI. Los fondos se diseñaron como instrumentos de política regional orientados a potenciar las capacidades innovadoras en territorios menos desarrollados mediante la financiación de proyectos empresariales de desarrollo experimental.

3.3. Evolución territorial y temporal de los parques tecnológicos

La expansión de los PCT en España no ha sido homogénea ni en el tiempo ni en el territorio. Ondategui (2001) destaca que los PCT españoles surgieron en los años 80 con objetivos centrados en atraer empresas de alta tecnología, diversificar el tejido productivo, transferir tecnología y crear empleo cualificado. Sin embargo, el autor señala que, en su fase inicial, los PCT españoles priorizaron la calidad urbanística y la atracción de empresas por encima de la cooperación universidad-empresa y la difusión de conocimiento. Esta diferencia con modelos anglosajones —como Silicon Valley o Cambridge, que surgieron de forma más espontánea con fuerte presencia universitaria desde el origen— tuvo consecuencias importantes, porque muchos parques españoles en sus primeros años no lograron consolidar un ecosistema completo de innovación. A partir de la información recopilada manualmente desde APTE, se observa que algunas provincias incorporaron PCT en etapas tempranas, mientras que otras no registran presencia de este tipo de infraestructuras durante el periodo analizado. El primer parque tecnológico se creó en 1985 en el entorno de Bilbao/Zamudio, dando lugar al Parque Tecnológico de Bizkaia. Actualmente, los PCT vinculados a APTE reúnen alrededor de 6.000 empresas y entidades, generan más de 168.000 empleos y concentran más de 42.000 personas dedicadas a actividades de I+D (Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España, s. f.). La distribución desigual sugiere que los PCT se insertan en territorios con trayectorias institucionales, empresariales y universitarias diferenciadas.

Para visualizar esta evolución, la Figura 1 representa el stock acumulado de PCT por provincia entre 1985 y 2025. La intensidad del color permite observar tanto la aparición temprana de algunas provincias, como la concentración progresiva de PCT en determinados territorios.

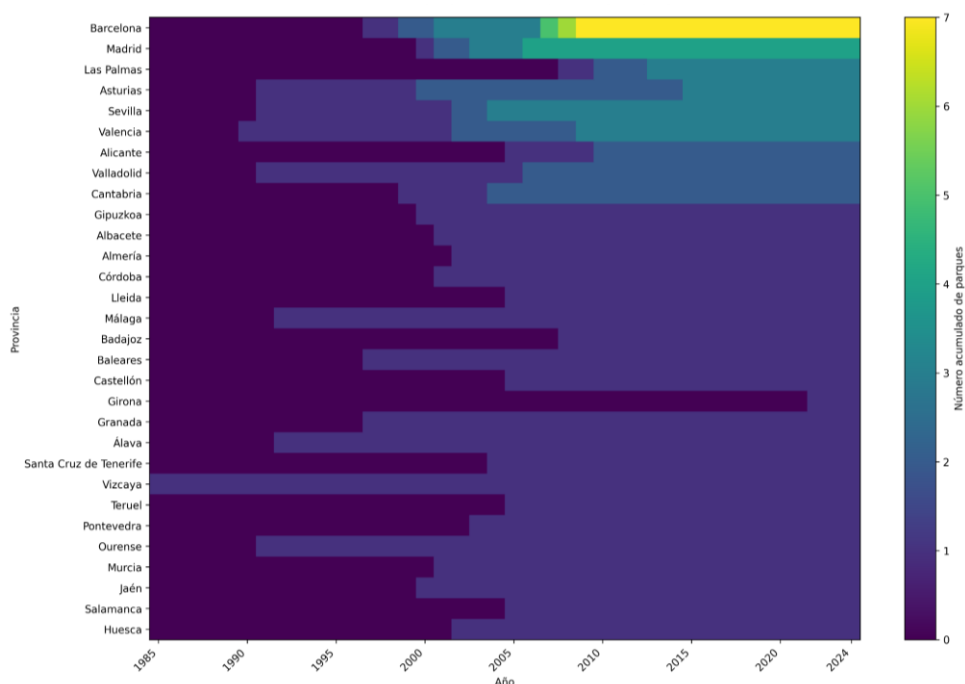


Figura 1. Evolución del stock acumulado de parques científicos y tecnológicos por provincia, 1985–2025

Fuente: elaboración propia a partir de información histórica de APTE

Nota: no aparecen las provincias sin PCT.

La concentración territorial es especialmente visible en provincias como Barcelona, Madrid, Asturias, Sevilla y Valencia, que acumulan un mayor número de PCT a lo largo del tiempo. En cambio, un conjunto amplio de provincias mantiene un stock reducido, normalmente de un solo parque, o presenta incorporación tardía. Esta distribución confirma que los PCT no se han desplegado de forma homogénea en el territorio español, sino que tienden a concentrarse en determinados espacios con mayor trayectoria institucional, universitaria o empresarial. Desde el punto de vista del análisis empírico, esta heterogeneidad territorial resulta relevante porque permite comparar provincias con distinta intensidad de infraestructura innovadora y justifica la inclusión de controles económicos y territoriales.

Dado que el análisis econométrico se centra en el periodo 2008–2014, la Figura 2 muestra el stock acumulado de PCT en 2014. Esta imagen permite visualizar la concentración espacial de la variable explicativa principal al final del periodo de estimación.

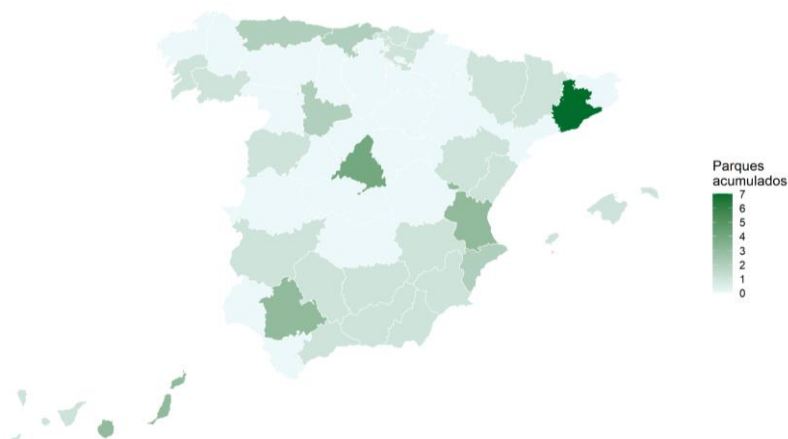


Figura 2. Distribución provincial de parques científicos y tecnológicos acumulados, 2014

Fuente: elaboración propia a partir de información histórica de APTE.

La Figura 2 muestra una distribución territorial claramente desigual de los PCT en España. Algunas provincias, especialmente Barcelona, concentran un número elevado de PCT acumulados, mientras que una parte importante del territorio no registra presencia de estas infraestructuras en 2014. Este patrón confirma que los PCT tienden a localizarse en determinados territorios con mayor tradición universitaria, empresarial o institucional.

La Tabla 1 recoge únicamente las provincias que registran aumentos en el stock de PCT durante el periodo 2008-2014. Esta se interpreta como una identificación de incorporaciones detectadas en la base de datos.

Tabla 1. Provincias con aumentos en el stock acumulado de parques científicos y tecnológicos 2008-2014

Provincia	Comunidad Autónoma	Año	PCT acumulados año anterior	PCT acumulados	Nuevos PCT
Barcelona	Cataluña	2009	6	7	1
Valencia	Comunidad Valenciana	2009	2	3	1
Alicante	Comunidad Valenciana	2010	1	2	1
Las Palmas	Islas Canarias	2010	1	2	1
Las Palmas	Islas Canarias	2013	2	3	1

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la APTE

La Tabla 1 muestra que entre 2008 y 2014, solo Barcelona, Valencia, Alicante y Las Palmas registran aumentos en la variable, y en todos los casos el incremento es de un PCT adicional. Esta evolución refleja que, más que un proceso de expansión generalizada por todo el territorio, el crecimiento del sistema de PCT se produjo mediante incorporaciones puntuales en provincias que ya contaban con cierta presencia previa de infraestructura tecnológica. Por lo tanto, la Tabla 1 muestra que la desigual distribución territorial de los PCT no solo responde al stock acumulado, sino también a una dinámica de crecimiento selectiva y localizada.

3.4. Evolución del entorno tecnológico: I+D y desigualdad territorial

La evolución de los PCT debe entenderse dentro de un contexto más amplio de transformación del sistema español de innovación. En términos comparativos, España ha mantenido tradicionalmente una intensidad de I+D inferior a la media europea. (Fundación Cotec para la Innovación, 2024). Para complementar la información sobre la intensidad innovadora dentro de España, resulta útil observar su distribución.

La Figura 3 presenta el gasto medio en I+D como porcentaje del PIB por comunidades autónomas durante el periodo 2008–2015, lo que permite aproximar el esfuerzo tecnológico regional en el que se insertan las provincias analizadas.

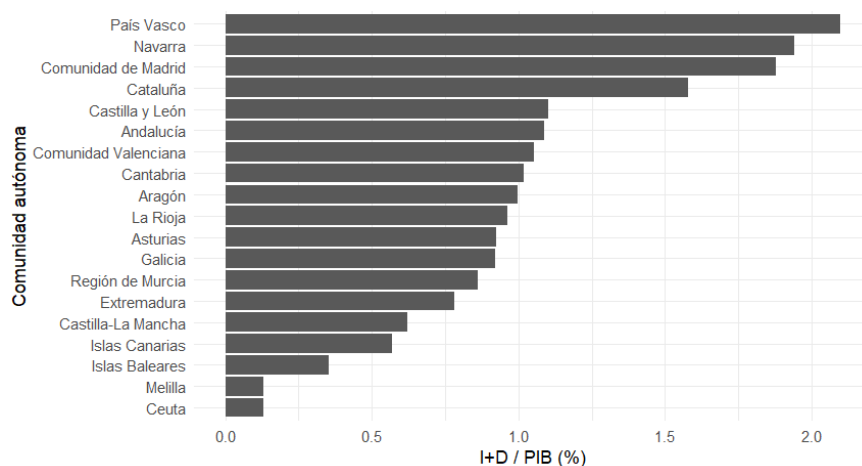


Figura 3. Intensidad media en I+D por comunidades autónomas, 2008–2015

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE

En el periodo de estudio se destaca una fuerte heterogeneidad territorial dentro del país.

País Vasco, Comunidad de Madrid, Cataluña y Navarra presentan valores de gasto en I+D sobre PIB claramente superiores a la media nacional, mientras que otras comunidades como Extremadura y Castilla-La Mancha se situaban en niveles sensiblemente inferiores.

Esta desigualdad territorial sugiere que la capacidad innovadora depende en gran medida de la estructura económica, empresarial, universitaria e institucional de cada territorio. La existencia de un PCT no implica por sí sola una determinada intensidad innovadora, pero estas infraestructuras sí deben interpretarse como una dimensión específica del entorno innovador territorial. Por ello, el gasto en I+D como porcentaje del PIB constituye un indicador complementario. Esta distinción es importante para el análisis empírico, ya que una provincia puede contar con infraestructura tecnológica, pero su impacto potencial dependerá también del volumen de actividad investigadora, empresarial y tecnológica existente en su entorno.

3.5. Evolución de la matrícula STEM en España

La evolución de la matrícula STEM permite aproximar hasta qué punto el sistema universitario español orienta parte de su capital humano hacia áreas vinculadas con la ciencia, la tecnología y la innovación. En un contexto de demanda creciente de perfiles científico-técnicos, observar su evolución resulta relevante para valorar si la oferta educativa y las decisiones de los estudiantes acompañan las necesidades del tejido productivo.

La Figura 4 presenta un mapa de calor de la evolución provincial del peso de los matriculados STEM en universidades públicas entre 2008 y 2014. Permite visualizar simultáneamente la dimensión temporal y la dimensión territorial del fenómeno estudiado. Cada fila representa una provincia y cada columna un año, mientras que la intensidad del color refleja el peso relativo de la formación STEM sobre el total de matriculados en la universidad pública provincial.

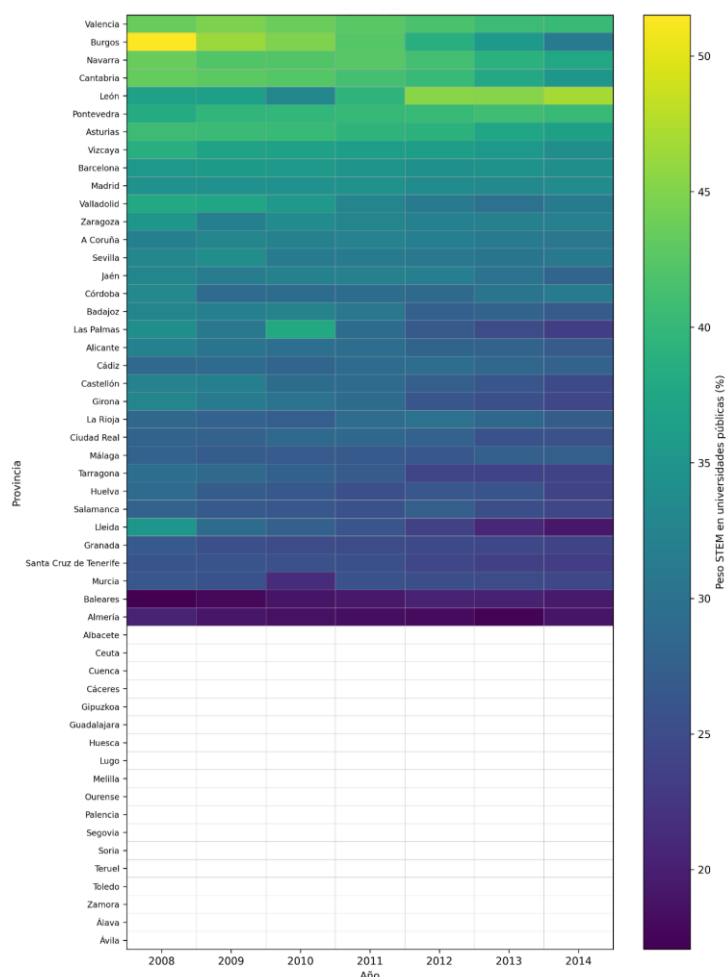


Figura 4. Mapa de calor provincia-año del peso STEM, 2008-2014

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE.

Nota: las celdas en blanco corresponden a provincias sin matriculados en universidades públicas o sin dato disponible para la variable analizada.

Se observa una notable heterogeneidad territorial tanto en niveles como en evolución temporal. Algunas provincias como Valencia o Navarra mantienen de forma persistente una elevada especialización relativa en estudios STEM, mientras que otras presentan niveles más reducidos a lo largo de todo el periodo (Baleares, Almería). Asimismo, en varias provincias como Burgos o Lérída se aprecia una tendencia descendente en la intensidad del color, lo que sugiere una pérdida relativa del peso STEM durante los años analizados. En cambio, otras muestran trayectorias más estables o incluso ligeras mejoras al final del periodo (Vizcaya, León).

La Figura 5 representa el cambio en el peso de los matriculados STEM en universidades públicas por provincia entre 2008 y 2014.

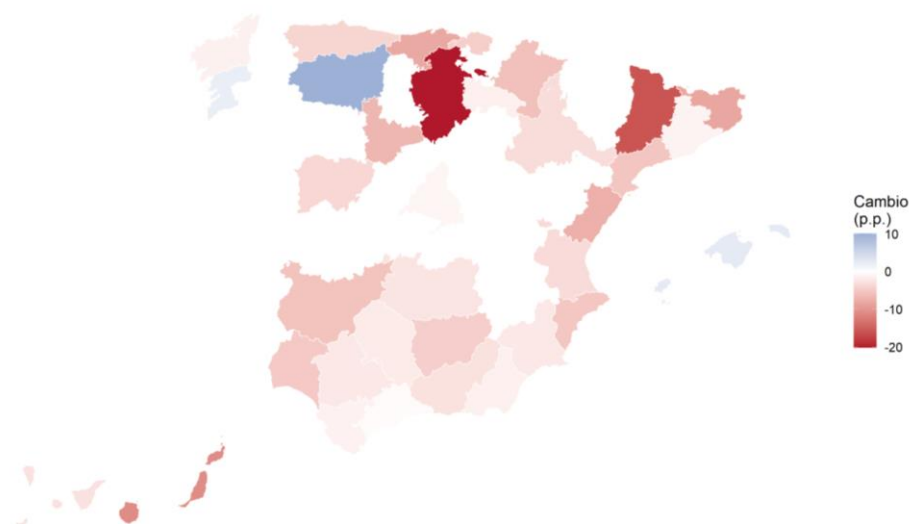


Figura 5. Mapa de cambio STEM entre 2008 y 2014

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE

Nota: el cambio se mide como la diferencia en puntos porcentuales entre el peso de matriculados STEM sobre el total de matriculados en universidades públicas en 2014 y 2008. Las provincias sin datos disponibles aparecen sin sombreado.

La evolución agregada muestra que el peso de la matrícula STEM experimenta una trayectoria heterogénea ligeramente descendente, aunque algunas provincias registran aumentos en la proporción de estudiantes STEM

Dentro del agregado STEM en el periodo de estudio, la composición interna de la matrícula STEM en universidades públicas está dominada por Ingeniería y Arquitectura, que concentra alrededor de cuatro quintas partes del total. La estructura se mantiene relativamente estable, aunque se observa una ligera reducción del peso relativo de Ingeniería y Arquitectura y un pequeño aumento de Ciencias hacia el final del periodo.

Para analizar si la presencia de PCT se asocia con diferencias en la orientación educativa de los territorios, se compara la evolución de la matrícula STEM entre grupos de provincias según su dotación acumulada de PCT. La Figura 6 permite observar si las provincias con mayor presencia de infraestructuras tecnológicas presentan niveles sistemáticamente distintos de matrícula STEM durante el periodo analizado.

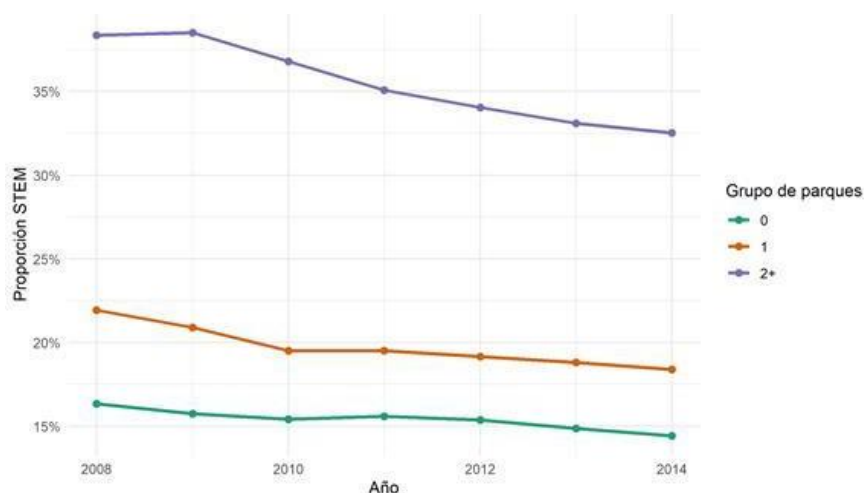


Figura 6. Evolución de la matrícula STEM pública según dotación de parques tecnológicos, 2008–2014

Fuente: elaboración propia a partir de datos del panel A

El gráfico muestra que las provincias con más PCT tienden a presentar un mayor peso de matrícula STEM durante el periodo analizado. Esta diferencia descriptiva es coherente con la hipótesis principal del trabajo, según la cual los entornos territoriales más innovadores pueden estar asociados a una mayor orientación educativa hacia ramas científico-técnicas. No obstante, el gráfico también sugiere que estas diferencias son persistentes y anteriores a algunos cambios en el stock de PCT, lo que apunta a una posible selección territorial. Por tanto, esta evidencia descriptiva motiva la estimación econométrica posterior.

Este capítulo muestra que el objeto de análisis presenta una clara dimensión territorial. Los PCT se distribuyen de forma desigual entre provincias, el esfuerzo en I+D se concentra en determinados territorios y la matrícula STEM muestra diferencias relevantes tanto en el tiempo como entre áreas geográficas. Esta combinación de variación temporal y territorial justifica la construcción de un panel provincial y permite pasar del análisis descriptivo al contraste econométrico de la relación entre entorno innovador y matriculación STEM.

4. DISEÑO EMPÍRICO

Para responder a la pregunta de investigación: *¿Las provincias con mayor infraestructura tecnológica acumulada —medida por la presencia y el número de parques científicos y tecnológicos— presentan sistemáticamente una mayor proporción de estudiantes universitarios matriculados en titulaciones STEM, una vez controlados*

los principales factores socioeconómicos territoriales? Se propone un modelo econométrico para determinar la relación entre las preferencias de matrícula en carreras STEM y la presencia de PCT en España. La base construida cubre el periodo 2008–2021 y se ha trabajado con la unidad de medida NUTS 3. Sin embargo el análisis econométrico principal se limita al Panel A, correspondiente a 2008–2014, debido a la ruptura metodológica en la medición de la matrícula universitaria a partir de 2015. El panel se ha construido a partir de datos que aporta el Instituto Nacional de Estadística (INE), en el caso de la variable de matriculados y las variables de control, y a partir de información pública oficial extraída manualmente desde la APTE para la variable de PCT.

4.1. Explicación y descripción de los datos y construcción del panel

En trabajos de economía aplicada, la calidad de la inferencia depende en gran medida de la calidad del dato. Por ello, la construcción del panel constituye una parte sustantiva del proyecto. La base se ha elaborado a partir de fuentes oficiales heterogéneas, armonizadas manualmente mediante criterios de depuración, homogeneización temporal y tratamiento de inconsistencias. Más allá del ejercicio econométrico, una aportación del trabajo reside en convertir información dispersa en un panel provincial coherente y replicable, capaz de captar diferencias territoriales y su evolución temporal. La definición completa de las variables se presenta en el Anexo A.

4.2. Variable dependiente

La variable dependiente es el peso de los estudiantes matriculados en titulaciones STEM sobre el total de matriculados universitarios en universidades públicas de cada provincia y año. Se consideran como STEM las ramas de Ciencias e Ingeniería y Arquitectura. El uso de una variable relativa, en lugar del número absoluto de estudiantes, permite comparar provincias de distinto tamaño y medir la especialización educativa del territorio. Se usa esta variable porque refleja las preferencias reveladas de los estudiantes ante la oferta educativa disponible, aunque no mide directamente la retención ni la graduación final. Además, su uso es estándar en la literatura sobre determinantes de elección universitaria al capturar la primera decisión educativa influida por factores regionales como oferta laboral técnica y ecosistema innovador.

Para construirla, se partió de las “Series históricas de estudiantes universitarios. Desde el curso 1985-1986” que proporciona el INE. Contienen datos de matriculados

universitarios desagregados por rama de enseñanza, y tipo de estudio hasta 2014. Dado que la fuente identifica universidades y no provincias, cada universidad se asigna a una provincia a partir de su código postal y posteriormente se agregan los datos al nivel provincial. Las universidades no presenciales se excluyen para evitar asignar matrícula a territorios sin correspondencia física clara.

A partir de esta información se obtiene el total de matriculados STEM como la suma de Ciencias e Ingeniería y Arquitectura, y se divide entre el total de matriculados universitarios de la provincia. Aunque se construyeron indicadores para universidades públicas, privadas y total, el análisis principal utiliza universidades públicas porque ofrecen una mayor coherencia con la muestra territorial y reducen problemas derivados de valores extremos asociados a universidades privadas.

Las celdas identificadas con los símbolos “.” o “..” se tratan según la existencia de universidad presencial en la provincia. Cuando una provincia no dispone de universidad presencial durante todo el periodo analizado, los matriculados se codifican como cero, dado que la ausencia de matrícula responde a la inexistencia de oferta universitaria local. En cambio, cuando una provincia pasa de no tener universidad a contar con una o más universidades durante el periodo, los años previos a la apertura se tratan como datos no aplicables. De este modo, se evita interpretar como matrícula cero una situación en la que la unidad territorial todavía no forma parte del sistema universitario presencial observado.

La serie posterior a 2015 procede de una fuente distinta del INE: “Matriculados según su provincia de residencia habitual por tipo de universidad, sexo y rama de enseñanza”, basada en la provincia de residencia habitual del estudiante. Este cambio introduce una ruptura metodológica relevante, ya que la matrícula deja de estar asociada a la ubicación física de la universidad. Bajo este criterio todas las provincias pueden registrar matriculados, aunque no todas cuenten con universidad presencial. Además, en el año de transición de una a otra genera un salto diferencial artificial de hasta 13 puntos porcentuales en el grupo sin PCT, mientras el grupo de dos o más PCT cae 6 puntos. Por este motivo, las series anterior y posterior a 2015 no se combinan en el panel econométrico principal. La información de 2015–2021 se utiliza únicamente como extensión descriptiva. Estas decisiones buscan construir una variable dependiente coherente con el objetivo del análisis, evitando mezclar criterios territoriales no comparables entre periodos.

4.3. Variable independiente:

Los PCT se usan como proxy de la infraestructura de innovación territorial por tres razones: (1) son infraestructuras físicas con ubicación provincial inequívoca; (2) permiten construir una medida temporal de presencia acumulada de infraestructura innovadora; (3) existe información sistemática sobre su distribución a través de la Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España (APTE).

La variable explicativa es el stock acumulado de PCT por provincia y año. Esta variable se construye manualmente a partir de información histórica de APTE, identificando para cada parque su provincia de localización y su año de constitución o incorporación. La APTE distingue entre socios, afiliados, colaboradores y socios de honor. Para construir la variable de stock acumulado se utilizan únicamente los socios, ya que esta categoría identifica los PCT que cumplen los criterios mínimos establecidos por la asociación. Las demás categorías no se incluyen porque pueden corresponder a proyectos en desarrollo, entidades colaboradoras o instituciones de apoyo, y no necesariamente a parques plenamente operativos. Adicionalmente, se toma el sector y otros datos cuantitativos (número de empleados, número de empresas) que no se incluyen en el modelo por problemas de cobertura y comparabilidad.

4.4. Variables de control

Se ha seguido la metodología de los trabajos de Vásquez-Urriago et al. (2016) y Arias Ortiz et al. (2020) donde las variables de control se seleccionan con el objetivo de capturar heterogeneidad territorial observable en dimensiones económicas, demográficas y productivas y tratar de reducir problemas de omisión de variables relevantes. De esta manera, se puede aislar la relación entre la presencia de PCT y la evolución de la matrícula STEM y se evita atribuir relaciones que responden a diferencias estructurales preexistentes al principal efecto de interés.

4.4.1. PIB per cápita

El PIB per cápita provincial, que procede de la Contabilidad Regional de España del INE se utiliza como aproximación al nivel de desarrollo económico del territorio. Esta variable permite controlar por diferencias en renta, capacidad productiva y dinamismo económico, factores que pueden influir tanto en la oferta universitaria, como en las expectativas laborales asociadas a los estudios superiores.

4.4.2. Población joven

Se incorpora una variable de demografía para controlar por diferencias estructurales en la composición por edades de los territorios que pueden afectar mecánicamente al volumen y a la evolución de la matrícula. Utilizando datos del INE, se crea la variable de peso de la población de 15 a 24 años sobre la población total de la provincia. Su inclusión responde a que la base potencial de matriculación universitaria depende del peso relativo de las cohortes en edad próxima al acceso a la educación superior, expuestas a la decisión universitaria. La construcción de esta variable se apoya en dos fuentes del Instituto Nacional de Estadística: “Población residente por fecha, sexo y edad”, y “Población por provincias, edad (grupos quinquenales), Españoles/Extranjeros, sexo y año”. En ambas se conservan las clasificaciones por sexo. Finalmente, ambas magnitudes se combinan en una única variable que expresa la relación entre población joven y población total.

4.4.3. Mercado laboral

En tercer lugar, se introducen variables ligadas a la estructura del mercado laboral. Estas variables permiten aproximar la especialización productiva de cada territorio y las señales que el mercado laboral emite a los estudiantes sobre las oportunidades de empleo futuras. Su inclusión responde a que la literatura ha mostrado que el mercado laboral regional influye de forma significativa en las decisiones de matrícula por campo de estudio (Arias Ortiz et al., 2020). En consecuencia, este control resulta necesario para evitar que el efecto estimado absorba diferencias territoriales que responden en realidad al contexto laboral. Para aproximar esta dimensión se utilizan dos fuentes de información. Una de ellas es “Tasas de actividad, paro y empleo por provincia y sexo” del INE, se obtiene porcentaje de parados y se calcula igualmente una media anual de los cuatro trimestres de cada año. La segunda es “Distribución porcentual de los activos por sector económico y provincia” de la EPA. Esta base proporciona el porcentaje de ocupados por sector económico (agricultura, industria, servicios) con frecuencia trimestral para el periodo 2007-2024. A partir de ella se calcula una media anual de los cuatro trimestres, pero únicamente tomando como referencia los sectores de servicios e industria por ser aquellos con una mayor presencia potencial de ocupaciones vinculadas a perfiles STEM. Esta variable no refleja empleo tecnológico en sentido estricto, sino la estructura productiva amplia del territorio. Se usa como proxy del grado de diversificación económica provincial.

4.4.4. I+D/PIB

Por último, se incluye una medida de inversión en innovación, aproximada mediante el gasto interno en I+D sobre PIB por comunidad autónoma. Se extrae de la base “Gasto en I+D interna respecto al PIB a precios de mercado por comunidades autónomas donde se realizaron actividades de I+D interna. Serie 2000-2021” del INE. Se atribuye a cada provincia de una misma comunidad el mismo número. Esta variable capta el grado de esfuerzo innovador del entorno institucional y productivo en el que se insertan las provincias analizadas, y resulta especialmente relevante, dado que los PCT suelen desarrollarse en ecosistemas con mayor intensidad investigadora y mayor orientación a actividades de base tecnológica.

5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

El objetivo de este capítulo es trasladar las hipótesis derivadas del marco teórico a una estrategia empírica concreta. La hipótesis principal predice una relación positiva entre el stock acumulado de PCT y el peso de la matrícula STEM, mientras que las hipótesis secundarias apuntan a que variables como el PIB per cápita y la tasa de paro pueden condicionar las decisiones educativas. Además, el marco teórico sugiere que esta relación puede estar condicionada por características económicas y laborales del territorio. A partir de ello, se define una estrategia de panel provincial que permite analizar la asociación entre infraestructura tecnológica territorial y matrícula STEM, incorporando controles socioeconómicos y efectos temporales.

5.1. Justificación del uso de datos de panel

Se usan datos de panel porque la pregunta de investigación tiene una doble dimensión: territorial y temporal. Un corte transversal de un único año permitiría comparar provincias con distinto número de PCT, pero no permitiría observar cómo evoluciona la matrícula STEM a lo largo del tiempo ni controlar por shocks comunes que afectan simultáneamente a todas las provincias.

La dimensión temporal también permite introducir efectos fijos de año, que absorben factores agregados que pueden afectar a todas las provincias en un mismo periodo. Entre estos factores se encuentran la crisis económica, los cambios en la política universitaria nacional, la implantación progresiva de Bolonia, o los cambios macroeconómicos que alteran las expectativas laborales de los jóvenes.

5.2. Definición de los dos paneles de análisis

La base final tiene estructura de panel provincia-año, donde el panel agregado contiene 833 observaciones y 95 variables. No se estima como un único panel continuo para todo el periodo 2008–2021 debido a la discontinuidad metodológica en la fuente de matrícula universitaria a partir de 2015. Se utiliza como estimación principal el Panel A, correspondiente al periodo 2008–2014. El Panel B, correspondiente al periodo 2015–2021, se construye únicamente como extensión de la base de datos, pero no se emplea en el análisis econométrico principal.

5.3. Especificación adoptada

Para analizar la relación entre la dotación de parques científicos y tecnológicos y la matrícula STEM, se adopta la siguiente especificación de datos en panel:

$$STEM_{it} = \alpha + \beta \cdot PCT_{it} + \gamma' \cdot X_{it} + \lambda_t + \epsilon_{it}$$

Donde i denota la provincia, t el año, $STEM_{it}$ representa la proporción de matriculados STEM en universidades públicas de la provincia i en el año t , PCT_{it} el stock acumulado de PCT de la provincia i en el año t , X_{it} el vector de variables de control y λ_t los efectos fijos temporales.

El parámetro de interés es β , el coeficiente que mide la diferencia media en el peso de la matrícula STEM asociada a un parque tecnológico adicional acumulado, condicional a las variables de control incluidas y comparando provincias dentro de un mismo año. Un coeficiente positivo indicaría que las provincias con mayor stock acumulado de PCT tienden a presentar una mayor orientación de la matrícula hacia ramas STEM, una vez considerados los controles incluidos en el modelo. Debe interpretarse como una correlación parcial condicionada, no como un efecto causal estricto.

La especificación incorpora efectos fijos temporales para absorber shocks comunes a todas las provincias en cada año. Además, la inferencia se realiza con errores estándar robustos clusterizados a nivel provincial, con el objetivo de corregir la posible autocorrelación serial de los residuos dentro de cada provincia y evitar una sobreestimación de la significatividad estadística.

5.4. Variación between y within: justificación de la especificación

La decisión metodológica final se justifica, en primer lugar, porque la mayor parte de la variación de la variable de tratamiento se concentra en la dimensión between, es decir, en

las diferencias estructurales entre provincias. Mientras tanto la variación within, que recoge los cambios dentro de una misma provincia a lo largo del tiempo, es reducida.

En segundo lugar, dado que la pregunta de investigación se orienta a comparar territorios con distinta dotación de PCT, la estrategia empírica debe capturar principalmente diferencias entre provincias, y no solo cambios dentro de cada provincia a lo largo del tiempo. En consecuencia, el uso de un estimador within con efectos fijos provinciales tendría una capacidad limitada para identificar el efecto de interés. Para explotar adecuadamente una estrategia basada en cambios dentro de provincia sería necesario disponer de más transiciones en el stock de PCT y de una ventana temporal más amplia alrededor de cada incorporación.

La especificación elegida permite capturar la asociación territorial entre PCT y matrícula STEM, aunque implica reconocer una limitación importante: los factores inobservables provinciales que no varían en el tiempo permanecen en el término de error. En consecuencia, la estimación puede estar afectada por sesgo de variable omitida si provincias con más PCT difieren sistemáticamente en características no observadas, como tradición industrial, calidad universitaria previa, cultura emprendedora o intensidad de las políticas regionales de innovación. Esta limitación se aborda explícitamente en la interpretación de resultados y en el apartado de limitaciones.

5.4.1. Nota metodológica sobre la estrategia de diferencias en diferencias

El diseño inicial contemplaba una estrategia de diferencias en diferencias, pero el análisis de los datos llevó a descartarla y a optar por la especificación detallada anteriormente. La estrategia de diferencias en diferencias requiere un grupo tratado y un grupo de control comparables, así como un número suficiente de transiciones en el tratamiento y tendencias paralelas antes del tratamiento. En este caso, no existe un grupo de control limpio, ya que las provincias que reciben nuevos PCT durante el periodo analizado generalmente ya contaban con alguno previamente. Además, en el Panel A solo cuatro provincias cambian su stock de PCT, generando cinco transiciones sobre 364 observaciones.

6. RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados empíricos del trabajo. En primer lugar, se ofrece una aproximación descriptiva a las principales variables del Panel A, correspondiente al periodo 2008–2014. A continuación, se analizan las diferencias medias en la matrícula STEM según la dotación acumulada de PCT y se examinan las correlaciones bivariadas entre las variables principales. Finalmente, se presentan las estimaciones econométricas y el test placebo, con el objetivo de valorar la robustez de la asociación entre PCT y matrícula STEM.

6.1. Evidencia descriptiva

La Tabla 2 recoge los estadísticos descriptivos de las principales variables empleadas en el análisis del Panel A.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos - Panel A (2008–2014)

Variable	N	Media	Std	Min	Max
Ratio de matriculados STEM	364.00	0.20	0.16	0.00	0.52
PCT acumulados	364.00	0.89	1.23	0.00	7.00
PIB pc	364.00	21168.45	4360.80	14677.00	37165.00
Tasa de paro	364.00	20.58	7.76	4.98	42.31
Población joven	364.00	0.05	0.01	0.03	0.07
I+D / PIB	364.00	1.07	0.44	0.10	2.30

Fuente: elaboración propia a partir de datos del panel A

La variable dependiente, proporción de matriculados STEM en universidades públicas, presenta una media cercana al 20% con una elevada dispersión. Esto refleja diferencias relevantes entre provincias en la orientación de la matrícula universitaria hacia titulaciones STEM. La variable independiente, stock acumulado de PCT, muestra una media inferior a 1 parque por provincia y un rango amplio, lo que demuestra el grado de concentración de PCT. Entre las variables de control, el PIB per cápita, la tasa de paro, la proporción de población joven y el gasto en I+D sobre el PIB capturan diferencias económicas, laborales y demográficas relevantes entre provincias.

En conjunto, estos estadísticos sugieren que existe suficiente variabilidad transversal y temporal para analizar empíricamente la relación entre infraestructura tecnológica y matrícula STEM.

Para complementar los estadísticos generales, se agrupan las provincias según su dotación acumulada de PCT. En el Panel A, el 44% de las observaciones corresponde a provincias sin ningún parque, el 39% a provincias con un parque y el 17% a provincias con dos o más parques. Esta clasificación permite comparar descriptivamente la proporción media de matrícula STEM entre territorios con distinta intensidad de infraestructura tecnológica. La Tabla 3 compara la matrícula STEM media entre provincias según su pertenencia a los grupos de PCT 0, 1 y 2+.

Tabla 3 Medias por grupo de parques - Panel A (2008–2014)

Grupo	N provincias-grupo	Media STEM	Std	Dif. vs 0
0 parques	23.00	0.15	0.17	ref.
1 parque	22.00	0.20	0.14	4.4 pp
2+ parques	9.00	0.35	0.05	19.9 pp

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE y APTE

Nota: una misma provincia puede aparecer en más de un grupo si cambia su stock acumulado de PCT durante el periodo 2008–2014. Por ello, la suma de provincias por grupo no coincide necesariamente con el número total de unidades territoriales del panel.

Los resultados muestran un patrón claramente creciente ya que las provincias sin PCT presentan la media más baja, las provincias con un parque se sitúan en una posición intermedia y las provincias con dos o más PCT alcanzan los valores más altos de matrícula STEM. En términos cuantitativos, la diferencia entre el grupo sin PCT y el grupo con dos o más PCT es amplia y consistente con la hipótesis de partida del trabajo.

Antes de presentar las estimaciones econométricas, resulta útil observar las relaciones bivariadas entre las principales variables del análisis. La Tabla 4 recoge la matriz de correlaciones para el Panel A durante el periodo 2008–2014 y permite identificar asociaciones descriptivas entre la matrícula STEM, la presencia de PCT y los controles socioeconómicos.

Tabla 4. Matriz de correlaciones, 2008–2014

Variable	STEM pública	Log PIB per cápita	I+D/PIB	PCT acumulados	Ocupación Industria + servicios	Desempleo	Población joven
STEM pública	1.000	0.154	0.249	0.367	0.194	0.075	-0.092
Log PIB per cápita	0.154	1.000	0.667	0.203	0.717	-0.624	-0.548
I+D/PIB	0.249	0.667	1.000	0.246	0.405	-0.392	-0.424
PCT acumulados	0.367	0.203	0.246	1.000	0.266	0.017	-0.141
Ocupación: industria+ servicios	0.194	0.717	0.405	0.266	1.000	-0.633	-0.494
Desempleo	0.075	-0.624	-0.392	0.017	-0.633	1.000	0.392
Población joven	-0.092	-0.548	-0.424	-0.141	-0.494	0.392	1.000

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE y APTE.

Nota: esta tabla (Tabla 4) recoge los coeficientes de correlación de Pearson calculados para el periodo 2008–2014. La variable STEM pública mide el peso de los matriculados STEM sobre el total de matriculados en universidades públicas. Las correlaciones son descriptivas y no implican causalidad.

La Tabla 4 muestra que la matrícula STEM pública presenta una correlación positiva con los PCT acumulados, con un coeficiente de 0,367, lo que constituye otra evidencia descriptiva coherente con la hipótesis principal del trabajo. También se observa una correlación positiva entre matrícula STEM e I+D/PIB, aunque de menor magnitud, y relaciones más moderadas con el PIB per cápita y la estructura laboral. Por otro lado, algunas variables de control presentan correlaciones elevadas entre sí, lo que refleja que las dimensiones de renta, estructura productiva e innovación territorial están

estrechamente relacionadas. En cualquier caso, estas asociaciones son únicamente descriptivas y justifican la necesidad de estimar modelos multivariantes que permitan analizar la relación entre PCT y matrícula STEM controlando simultáneamente por otros factores territoriales.

6.2. Resultados principales

La Tabla 5 presenta las estimaciones principales del modelo de panel para el Panel A, correspondiente al periodo 2008–2014. La columna M1 recoge la especificación base, mientras que las columnas siguientes incorporan distintas pruebas de robustez: exclusión de territorios singulares, inclusión del gasto en I+D, efectos fijos provinciales y control por estructura laboral. El objetivo de la Tabla 5 es comprobar si la asociación entre PCT y matrícula STEM se mantiene al introducir diferentes controles y especificaciones.

Tabla 5. Tabla de resultados principal — Panel A

	M1 Base	M2 sin Ceuta/ Melilla	M3 sin Barcelona/ Madrid	M4 + I+D	M5 Within	M7 Ind+Serv
+ p < 0.1, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001						
PCT acumulados	0.0349*	0.0322*	0.0618**	0.0327*	-0.0197*	0.0306*
Log PIB per cápita	0.2284	0.2461	0.2661	0.1406	-0.0413	0.1614
Tasa de paro	0.0132***	0.0131***	0.0127***	0.0129***	0.0008	0.0144***
Ratio de jóvenes	-5.9374	-3.9973	-5.1331	-5.4291	-1.0304	-5.3429
I+D/PIB				0.0620		
Ratio de ocupados Ind+Serv						0.0050
NºObs.	364	350	350	364	364	364
R2	0.241	0.226	0.247	0.257	0.989	0.256
R2 Adj.	0.219	0.203	0.224	0.234	0.986	0.233
EF de año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
EF de provincia	No	No	No	No	Sí	No

Fuente: elaboración propia a partir del panel provincial 2008–2014.

Nota: Las columnas M1–M4 y M7 corresponden a estimaciones *pooled OLS* con efectos fijos de año. La columna M5 incorpora efectos fijos provinciales y se presenta como ejercicio ilustrativo del estimador *within*. Los errores estándar están clusterizados a nivel provincial. + $p < 0,10$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

En la especificación base, M1, el coeficiente de stock acumulado de PCT es positivo y significativo, lo que indica que una mayor presencia de PCT se asocia con una mayor proporción de estudiantes matriculados en titulaciones STEM. Este resultado se mantiene en las especificaciones de robustez M2, M3 y M4, lo que sugiere que la relación observada no depende exclusivamente de la inclusión o exclusión de territorios concretos ni de la incorporación del esfuerzo en I+D como control adicional.

En M3, se excluyen Barcelona y Madrid, para observar el resultado del modelo aislando los grandes polos urbanos. En este caso se observa cómo el coeficiente de stock acumulado de PCT aumenta, lo que indica que el resultado principal no está impulsado por los grandes polos urbanos, sino que también aparece en el resto del territorio.

La estimación M5, que incorpora efectos fijos provinciales, confirma la limitada variación *within*. Al introducir efectos fijos provinciales, el coeficiente de stock acumulado de PCT cambia de signo (de +0,0349 a –0,0197) y el R2 aumenta de forma extrema (de 0,241 a 0,989). Este resultado no debe interpretarse como evidencia de una relación negativa entre PCT y matrícula STEM, sino como consecuencia de que los efectos fijos provinciales absorben gran parte de la variación territorial relevante. Dado que el stock acumulado de PCT varía principalmente entre provincias y apenas dentro de cada provincia durante 2008–2014, el estimador *within* tiene poca capacidad informativa para identificar el coeficiente de interés. Por lo tanto, M5 se presenta solo como un ejercicio de sensibilidad. En el modelo M7, que incorpora la estructura laboral como control adicional, el coeficiente de stock acumulado de PCT también mantiene su signo positivo y su significatividad (+0,031*). Los controles laborales no resultan estadísticamente significativos en sentido individual, pero su inclusión reduce la preocupación de que el efecto de los PCT esté capturando simplemente diferencias estructurales en la composición sectorial del empleo provincial.

En conjunto, los resultados apoyan la idea de que la presencia de PCT se asocia con una mayor orientación hacia estudios STEM, incluso tras incorporar controles económicos, demográficos y de estructura productiva.

6.3. Test de robustez adicional: placebo temporal

Como prueba adicional de robustez, se estimó una especificación placebo sustituyendo la variable contemporánea de stock de PCT por su valor adelantado tres años. El objetivo de este ejercicio es comprobar si la relación observada entre PCT y matrícula STEM puede estar capturando diferencias previas entre provincias. En principio, una variable futura no debería explicar la matrícula STEM actual si la localización de los PCT fuera independiente de la trayectoria previa de los territorios. La siguiente tabla (Tabla 6) muestra los resultados obtenidos.

Tabla 6. Test placebo con parques acumulados adelantados tres años

Variable	Estimación	Error estándar	t	p-valor
parks_placebo	0.0323	0.0150	2.1523	0.0361
Log PIB per cápita	0.2438	0.1694	1.4396	0.1561
Tasa de paro	0.0148	0.0037	3.9769	0.0002
Población joven	-5.3272	4.3529	-1.2238	0.2266

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE y APTE

Nota: La variable *parks_placebo* corresponde al stock acumulado de parques científicos y tecnológicos adelantado tres años.

El coeficiente estimado para esta variable es positivo y estadísticamente significativo ($\beta=0,0323$; error estándar = 0,0150; $p=0,0361$), lo que implica que las provincias que en años posteriores tendrán más PCT ya presentaban en el presente una mayor proporción de matrícula STEM.

Este resultado no invalida la asociación positiva encontrada en las estimaciones principales, pero sí limita su interpretación causal. En concreto, indica un posible sesgo de selección en la localización de los PCT, por lo que podría reforzar la idea de que el coeficiente esté capturando parcialmente diferencias históricas o inobservables entre provincias, como tradición industrial, calidad universitaria, tejido empresarial innovador o apoyo institucional regional.

7. IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS

Antes de interpretar las implicaciones de los resultados, conviene retomar las hipótesis planteadas al inicio del trabajo. La hipótesis principal, según la cual una mayor acumulación de PCT se asocia con una mayor matrícula STEM en universidades públicas, recibe apoyo en las especificaciones principales, ya que el coeficiente de stock acumulado de PCT es positivo y estadísticamente significativo. La hipótesis relativa al efecto positivo del nivel de renta provincial queda respaldada de forma más débil. En cambio, la hipótesis que planteaba una relación ambigua entre desempleo y matrícula STEM se aclara gracias a que los resultados muestran una asociación positiva. Por último, el ejercicio de robustez que excluye Barcelona y Madrid refuerza la hipótesis complementaria sobre la dimensión territorial del mecanismo. Los resultados sugieren que la relación entre PCT y especialización STEM no depende exclusivamente de los grandes polos metropolitanos, sino que también aparece en provincias de menor tamaño.

7.1. Implicación económica principal

El coeficiente de M1 estimado redondeado en +0,035 sugiere que la presencia de un PCT adicional se asocia con un incremento de 3,5 puntos porcentuales en la cuota de matriculados STEM en universidades públicas. En términos prácticos, significa que una provincia con dos PCT más que otra experimenta una diferencia asociada de 7 puntos porcentuales en su ratio de matriculados STEM. Este valor explica aproximadamente la mitad de la brecha observada entre las provincias sin PCT (15%) y aquellas con un ecosistema maduro (35%). La diferencia observada de 20 puntos porcentuales entre los grupos de cero y más de dos PCT no se explica íntegramente por los PCT, ya que los controles absorben parte de esta diferencia. Sin embargo, el coeficiente neto tras controlar por PIB, paro y demografía sigue siendo económicamente significativo. Por tanto, el resultado refuerza la hipótesis principal, aunque no permite afirmar una relación causal definitiva.

Este resultado es consistente con el primer eslabón del mecanismo teórico propuesto, de manera que la presencia de PCT puede actuar como una señal territorial de oportunidades profesionales en sectores intensivos en conocimiento, haciendo más visibles para los estudiantes las trayectorias laborales vinculadas a perfiles científico-técnicos.

7.2. El efecto refugio del paro

Resulta notable el efecto positivo y significativo al 1% del desempleo sobre la matrícula STEM en todas las especificaciones. Es un resultado que apunta a que las provincias con mayor desempleo tienden a presentar una mayor especialización relativa en estudios STEM.

Este resultado puede ser compatible con un posible “efecto refugio”, interpretado de manera que en territorios con mercados laborales más deteriorados, algunos estudiantes podrían orientarse hacia titulaciones científico-técnicas como estrategia de diferenciación. No obstante, esta interpretación debe formularse con cautela, ya que el análisis no permite observar directamente las motivaciones individuales de los estudiantes. La OCDE subraya que la información sobre el mercado de trabajo puede influir en las decisiones educativas y ocupacionales de los jóvenes, especialmente cuando permite conectar opciones formativas con oportunidades laborales esperadas (Hofer et al., 2020).

La significatividad del paro desaparece en el estimador within (M5: $\beta = 0,001$; $p = 0,41$), lo que sugiere que las fluctuaciones anuales del desempleo dentro de una misma provincia no explican cambios significativos en la matrícula STEM. El posible “efecto refugio” parece estar más relacionado con diferencias persistentes entre provincias que con respuestas de corto plazo al ciclo económico.

7.3. La robustez ante la exclusión de outliers

A partir del test de robustez, que consiste en excluir Barcelona y Madrid, se observa como el coeficiente se incrementa (+0,0618** frente a +0,0349* en M1). Este hecho tiene una interpretación relevante: las dos provincias con mayor densidad tecnológica y mayor volumen universitario no están impulsando el coeficiente.

Este resultado es consistente con el eslabón territorial del mecanismo propuesto que hace referencia a que los PCT pueden tener capacidad de señalización y coordinación más allá de los grandes centros urbanos. Es decir, la relación entre PCT y especialización STEM no parece depender exclusivamente de la existencia de economías de aglomeración metropolitanas en Madrid y Barcelona, sino que también aparece en provincias de menor tamaño. De esta manera, la asociación observada responde a un patrón de comportamiento más general en el sistema universitario español.

7.4. La robustez ante I+D

La especificación M4 muestra que la relación positiva entre PCT y matrícula STEM se mantiene al incorporar el gasto en I+D sobre PIB como control adicional. El coeficiente de PCT acumulados apenas varía respecto al modelo base, pasando de 0,0349 a 0,0327, y conserva su significatividad estadística. Esto sugiere que el efecto estimado de los PCT no se explica únicamente por el mayor esfuerzo innovador general de las regiones donde se ubican.

Este resultado indica que los PCT capturan una dimensión específica del entorno innovador territorial, distinta del gasto agregado en I+D. Mientras que la I+D sobre PIB aproxima el esfuerzo innovador regional, los PCT recogen la presencia localizada de infraestructuras que pueden facilitar la interacción entre empresas, universidades y actividades intensivas en conocimiento. No obstante, el coeficiente de I+D/PIB no resulta significativo, lo que debe interpretarse con cautela debido a que esta variable está medida a nivel autonómico y no provincial. Por tanto, M4 no permite concluir que el esfuerzo en I+D no sea relevante para la matrícula STEM, sino que, con la información disponible, su efecto no se identifica con precisión a escala provincial.

7.5. La robustez ante estructura laboral

La especificación M7 confirma que la asociación entre PCT y matrícula STEM persiste al controlar por la estructura laboral provincial, aproximada mediante el peso conjunto de industria y servicios. El coeficiente de PCT se mantiene positivo y significativo, con una magnitud de 0,0306, cercana a la estimación base. Esto permite descartar parcialmente que el efecto estimado de los PCT esté capturando simplemente que algunas provincias tengan una economía más industrial o terciarizada.

Este resultado conecta con el primer eslabón del mecanismo teórico, ya que indica, desde la teoría del capital humano, que la matrícula STEM puede responder a señales del mercado laboral sobre oportunidades futuras. La variable de estructura laboral no puede interpretarse como un determinante directo de la matrícula STEM en este modelo porque no resulta estadísticamente significativa de forma individual.

7.6. Implicaciones para la política pública

7.6.1. Concentración vs. dispersión.

Dados los resultados, no se podrían justificar inversiones masivas en PCT basándose exclusivamente en un supuesto impacto sobre la demanda educativa, ya que la evidencia no es suficientemente sólida. La política pública debe considerar al PCT como un nodo de coordinación en el marco de la "Triple Hélice", pero su efectividad como dinamizador de la educación depende de su integración real con el tejido productivo y académico local, y no únicamente de su construcción física.

7.6.2. Desigualdad territorial.

La concentración de PCT en pocas provincias podría estar reforzando las desigualdades territoriales en capital humano técnico. Si esta asociación reflejara, al menos parcialmente, un mecanismo real de señalización territorial, la concentración actual de PCT podría favorecer la acumulación de capital humano técnico en territorios que ya parten de una posición más ventajosa. Por tanto, las políticas de cohesión territorial podrían basarse en este argumento para fomentar una distribución más equilibrada de las infraestructuras de innovación.

8. LIMITACIONES DEL ANÁLISIS

En este apartado se detallan las principales limitaciones en metodología y datos. Es un apartado necesario porque la naturaleza no experimental de los datos y las restricciones en la disponibilidad de información implican que la interpretación de los resultados debe ser prudente.

8.1. Limitaciones de identificación

El principal reto metodológico es la endogeneidad de la localización de los PCT, ya que estos no se despliegan de forma aleatoria en el territorio. Esta preocupación se ve reforzada por el test placebo realizado con la variable futura de PCT acumulados. El resultado indica que las provincias que recibirán más PCT en el futuro son las que tienen una trayectoria previa en especialización STEM. Esto sugiere que el coeficiente β captura parcialmente características históricas e inobservables. Al prescindir de efectos fijos provinciales para preservar la variación *between*, se reconoce la persistencia de un posible sesgo por variable omitida. Este hecho se trata como una limitación explícita de la

estrategia, no como error metodológico. Para resolver parcialmente este problema en futuras investigaciones, se plantea el uso de técnicas de variables instrumentales, como por ejemplo la elegibilidad de fondos FEDER como *shock* exógeno a la creación de PCT. Además, algunos factores relevantes para explicar la elección de estudios STEM —como la calidad de la oferta universitaria, las expectativas individuales de los estudiantes, la movilidad interprovincial, la orientación académica recibida o la información disponible sobre salidas laborales— no pueden observarse directamente en el panel.

8.2. Limitaciones de los datos

La primera limitación relevante es el cambio de metodología de la fuente principal de matriculados en 2015 (pasando de criterio de sede a residencia del estudiante), que obliga a segmentar el análisis en dos paneles. Esto impide aprovechar la dimensión temporal total, y fragmenta la potencia estadística. Una segunda limitación consiste en que, por motivos de disponibilidad de datos, el gasto en I+D se asigna a nivel de Comunidad Autónoma (CCAA), lo que puede generar correlaciones artificiales entre provincias de la misma CCAA. Esta restricción puede afectar a la precisión de las estimaciones y justifica el uso de errores robustos o agrupados en la medida en que varias observaciones provinciales comparten una misma fuente regional de variación. Respecto a la variable independiente, ante los casos de sedes múltiples y a modo de simplificación necesaria, se ha asignado cada PCT a la provincia su sede principal. Metodológicamente, el impacto estimado en provincias con sedes secundarias puede estar subestimado. Además, la variable recoge la existencia acumulada de PCT, pero no incorpora diferencias cualitativas entre ellos, como tamaño, número de empresas instaladas, grado de actividad, conexión con universidades o intensidad real de I+D. Finalmente, al tratarse de una base de datos construida a partir de diversas fuentes institucionales, no es posible descartar errores menores de transcripción, especialmente en las primeras celdas de las fuentes originales. No obstante, se han realizado procesos de limpieza y validación exhaustivos para minimizar su impacto sobre la consistencia de la base de datos y la interpretación de los resultados.

9. CONCLUSIONES

9.1. Resumen de hallazgos principales

Este trabajo ha analizado si la presencia acumulada de PCT se asocia con una mayor orientación de la matrícula universitaria hacia titulaciones STEM en las provincias españolas. Para ello, se ha construido un panel provincial que combina información sobre matrícula universitaria, PCT y variables socioeconómicas territoriales.

Los resultados muestran una relación positiva y estadísticamente significativa entre el stock acumulado de PCT y el peso de la matrícula STEM en universidades públicas durante el periodo 2008–2014. En la especificación base, un PCT adicional se asocia con un incremento aproximado de 3,5 puntos porcentuales en la proporción de matrícula STEM. Esta relación se mantiene en distintas pruebas de robustez, incluyendo la exclusión de Ceuta y Melilla, la exclusión de Barcelona y Madrid, la incorporación del gasto en I+D y el control por estructura laboral agregada. El resultado más relevante es que la asociación entre PCT y matrícula STEM no parece depender únicamente de los grandes polos metropolitanos, ya que el coeficiente aumenta al excluir Barcelona y Madrid. Esto sugiere que los PCT pueden actuar como infraestructuras de innovación relevantes también en provincias de menor tamaño, siempre que estén conectados con el tejido productivo y universitario local.

Sin embargo, el test placebo indica que las provincias que reciben más PCT en el futuro ya presentaban previamente una mayor orientación STEM. Por tanto, los resultados deben entenderse como evidencia de una asociación robusta entre PCT y matrícula STEM, pero no como una prueba causal definitiva.

9.2. Contribución al debate académico

La principal aportación del trabajo es conectar la literatura sobre capital humano, innovación territorial y PCT. El marco teórico plantea que los PCT pueden influir en la matrícula STEM a través de tres mecanismos: señalización de oportunidades laborales, concentración territorial de empresas intensivas en conocimiento y cooperación entre universidad, empresa y administración pública.

Desde el punto de vista empírico, la principal contribución es la construcción de una base de datos provincial propia. La variable de PCT acumulados se ha elaborado manualmente a partir de información histórica de APTE y se ha integrado con datos de matrícula universitaria y controles socioeconómicos procedentes de fuentes oficiales para estudiar

la conexión poco explorada entre infraestructura tecnológica territorial y decisiones educativas.

El trabajo también aporta una interpretación prudente de las políticas de innovación territorial. Los PCT pueden formar parte de ecosistemas locales que favorecen la orientación hacia estudios STEM, pero su efecto no debe asumirse automáticamente.

9.3. Recomendaciones de política pública

Los resultados sugieren que los PCT pueden ser relevantes como nodos de coordinación territorial, pero para que estas infraestructuras tengan impacto, deben estar integradas en ecosistemas locales con universidades activas, empresas innovadoras, programas de transferencia y demanda real de perfiles cualificados.

Una primera recomendación es reforzar la conexión entre PCT y sistema educativo. Si los PCT actúan como señales de oportunidades laborales, las políticas públicas deberían fomentar visitas, prácticas, mentorías, proyectos universidad-empresa y programas de orientación académica vinculados a sectores tecnológicos.

Una segunda recomendación es evitar políticas basadas únicamente en la construcción física de PCT. Antes de crear nuevas infraestructuras, debería evaluarse si el territorio cuenta con suficiente masa crítica de empresas, talento, investigación y capacidad institucional. En caso contrario, el PCT puede acabar funcionando más como desarrollo inmobiliario que como ecosistema de innovación.

9.4. Futuras líneas de investigación

Finalmente, futuras investigaciones podrían mejorar la identificación causal incorporando información más detallada sobre cada PCT —empresas, empleo, I+D, sectores y grado de conexión universitaria— o utilizando estrategias como variables instrumentales basadas en criterios de elegibilidad a fondos FEDER. Otra línea futura de investigación consistiría en ampliar la base de datos con una mayor dimensión temporal. Un mayor número de observaciones permitiría aumentar la precisión de las estimaciones y disponer de más variación temporal en la variable de PCT. No obstante, esta ampliación no eliminaría por sí sola los problemas de endogeneidad en la localización de los PCT, por lo que debería combinarse con estrategias de identificación más exigentes.

En conclusión, el trabajo muestra que la presencia acumulada de PCT se asocia positivamente con una mayor orientación de la matrícula universitaria hacia estudios STEM en las provincias españolas. No obstante, la evidencia también indica que esta relación está condicionada por la selección territorial y por características previas de las provincias, por lo que los resultados deben interpretarse como una relación sistemática entre infraestructura tecnológica territorial y matrícula STEM, y no como prueba causal definitiva. La principal implicación es que los PCT pueden formar parte de una estrategia territorial de innovación y capital humano, pero su efectividad dependerá de su integración real en ecosistemas locales donde interactúen universidad, empresa y administración pública.

FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA

- Adán, C. (2012). El ABC de los parques científicos. *Seminarios de la Fundación Española de Reumatología*, 13(3), 85-94.
<https://doi.org/10.1016/j.semreu.2012.05.001>
- Arias Ortiz, E., Kaltenberg, M., Jara-Figueroa, C., Bornacelly, I., & Hartmann, D. (2020). *Local Labor Markets and Higher Education Mismatch: What is The Role of Public and Private Institutions?* Inter-American Development Bank.
<https://doi.org/10.18235/0002295>
- Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España. (s. f.). *APTE*.
Recuperado 21 de mayo de 2026, de <https://www.apte.org/apte/>
- Audretsch, D. B., & Feldman, M. P. (1996). R&D spillovers and the geography of innovation and production. *The American Economic Review*, 86(3), 630-640.
- Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis with special reference to education, first edition*. NBER. <https://www.nber.org/books-and-chapters/human-capital-theoretical-and-empirical-analysis-special-reference-education-first-edition>
- Caprile, M. (2015). *Encouraging STEM studies for the labour market*. European Parliament.
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU\(2015\)542199_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU(2015)542199_EN.pdf)
- Duranton, G. (2011). California dreamin': The feeble case for cluster policies. *Review of Economic Analysis*, 3(1), 3-45. <https://doi.org/10.15353/rea.v3i1.1375>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). *The Triple Helix: University-industry-government relations as a laboratory for knowledge-based economic development*. *EASST Review*, 14(1), 14–19.

- European Commission. (2025). *Education and Training Monitor 2025*.
<https://op.europa.eu/webpub/eac/education-and-training-monitor/en/>
- Faggian, A., & McCann, P. (2008). Human capital, graduate migration and innovation in British regions. *Cambridge Journal of Economics*, 33(2), 317-333.
<https://doi.org/10.1093/cje/ben042>
- Fundación Cotec para la Innovación. (2024). *Evolución de la I+D (2024)*.
<https://cotec.es/informes/evolucion-de-la-id-2024/>
- Glaeser, E. L. (1999). Learning in cities. *Journal of Urban Economics*, 46(2), 254-277.
- Hofer, A.-R., Zhivkovikj, A., & Smyth, R. (2020). The role of labour market information in guiding educational and occupational choices. *OECD Education Working Papers*. <https://doi.org/10.1787/59bbac06-en>
- Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). *Series históricas de estudiantes universitarios. Desde el curso 1985-1986*. INE. Recuperado 24 de mayo de 2026, de <https://www.ine.es/>
- Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). *Matriculados según su provincia de residencia habitual por tipo de universidad, sexo y rama de enseñanza*. INE. Recuperado 24 de mayo de 2026, de <https://www.ine.es/>
- Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). *Contabilidad Regional de España*. INE. Recuperado 24 de mayo de 2026, de <https://www.ine.es/>
- Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). *Población residente por fecha, sexo y edad*. INE. Recuperado 24 de mayo de 2026, de <https://www.ine.es/>
- Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). *Población por provincias, edad, españoles/extranjeros, sexo y año*. INE. Recuperado 24 de mayo de 2026, de <https://www.ine.es/>
- Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). *Tasas de actividad, paro y empleo por provincia y sexo*. Encuesta de Población Activa. INE. Recuperado 24 de mayo de 2026, de <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=3996>

- Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). *Distribución porcentual de los activos por sector económico y provincia*. Encuesta de Población Activa. INE. Recuperado 24 de mayo de 2026, de <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=3994>
- Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). *Gasto en I+D interna respecto al PIB a precios de mercado por comunidades autónomas*. Estadística sobre actividades de I+D. INE. Recuperado 24 de mayo de 2026, de <https://www.ine.es/>
- Link, A. N., & Scott, J. T. (2003). The growth of Research Triangle Park. *Small Business Economics*, 20(2), 167-175. <https://doi.org/10.1023/A:1022216116063>
- López García De Leániz, C. (2004). *Un nuevo equipamiento territorial: Los parques científicos y tecnológicos: análisis de la experiencia española* [PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.222>
- Moretti, E. (2013). *The New Geography of Jobs* (1st ed). HarperCollins Publishers.
- National Center for Science and Engineering Statistics (NCSES). (2024). *The STEM labor force: Scientists, engineers, and skilled technical workers* (NSB-2024-5). <https://ncses.nsf.gov/pubs/nsb20245>
- Nelson, R. R., & Phelps, E. S. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, 56(1/2), 69-75.
- Ondategui Rubio, J. C. (2001). *Los parques científicos y tecnológicos en España: retos y oportunidades*. Dirección General de Investigación, Consejería de Educación, Comunidad de Madrid.
- OpenAI. (2026). *ChatGPT* [Modelo de lenguaje grande]. <https://chat.openai.com/>
- Rodrik, D. (2004). *Industrial Policy for the Twenty-First Century* (SSRN Scholarly Paper No. 617544). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.617544>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71-S102.
- Romera Lubias, F. (2003). Los parques científicos y tecnológicos, sistemas virtuosos de innovación. *Economía Industrial*, 354, 85-102.

- Servicio Público de Empleo Estatal. (2024). *El mercado de trabajo en el sector STEM*.
Servicio Público de Empleo Estatal. <https://www.sepe.es/HomeSepe/que-es-el-sepe/comunicacion-institucional/publicaciones/publicaciones-oficiales/listado-pub-mercado-trabajo/El-mercado-de-trabajo-en-el-sector-stem.html>
- Servicio Público de Empleo Estatal. (2025). *Informe del Mercado de Trabajo de los Jóvenes menores de 30 años*. Servicio Público de Empleo Estatal.
https://www.sepe.es/dam/jcr:d1151522-49f4-4643-bb02-479c1af2fce3/Informe_Mercado_de_Trabajo_Jovenes_Estatal_2025.pdf
- Valero, A., & Van Reenen, J. (2019). The economic impact of universities: Evidence from across the globe. *Economics of Education Review*, 68, 53-67.
<https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2018.09.001>
- Vásquez-Urriago, Á. R., Barge-Gil, A., & Modrego Rico, A. (2016). Science and Technology Parks and cooperation for innovation: Empirical evidence from Spain. *Research Policy*, 45(1), 137-147.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.07.006>

Declaración de uso de inteligencia artificial

Durante la elaboración de este Trabajo de Final de Grado se ha utilizado ChatGPT como herramienta de apoyo para la revisión lingüística, mejora de la claridad expositiva, organización de apartados, síntesis de ideas y detección de posibles incoherencias formales o metodológicas. La selección de contenidos, interpretación de resultados, construcción de la base de datos, análisis econométrico, redacción final y responsabilidad académica del trabajo corresponden íntegramente al autor.

ANEXOS

ANEXO A. Definición de variables

Nombre	Descripción	Fuente	Periodo disponible
province	Nombre de la provincia	INE	2008-2021
ccaa	Nombre de la comunidad autónoma	INE	2008-2021
year	Año	INE	2008-2021
id_province	Número asignado a cada provincia	Elaboración propia	2008-2021
RAT_STEM_T_p	Ratio de matriculados universitarios en la rama STEM sobre el total de matriculados. En universidades públicas	Elaboración propia (INE)	2008-2014
ln_pib_pc	Logaritmo de PIB per cápita	Elaboración propia (INE)	2008-2021
youth_share	Ratio de jóvenes entre la población total	Elaboración propia (INE)	2008-2021
RAT_ocup_ind_serv	Ratio de ocupados en los sectores de industria y servicios sobre el total de ocupados.	Elaboración propia (INE)	2008-2021
unemp	Porcentaje total de parados	INE	2008-2021
rd_gdp	Ratio de gasto en I+D sobre el PIB	INE	2008-2021
parks_cum	parques acumulados: número de parques científicos y tecnológicos activos en la provincia en el año t.	Elaboración propia (APTE)	2008-2021