



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales ICADE

EL IMPACTO ECONÓMICO DEL 5G EN LOS DIFERENTES MUNICIPIOS DE ESPAÑA

Autor: Almudena Miró Sánchez

Director: Juan Felipe Jung Luisardo

MADRID, abril 2026

RESUMEN

El presente trabajo de Fin de Grado analiza el impacto económico del despliegue de la tecnología 5G en España, con especial atención a su dimensión territorial. En el contexto actual de la economía digital, las infraestructuras de conectividad avanzada se configuran como un elemento clave para la generación de valor, la mejora de la productividad y la transformación de los modelos productivos. En este sentido, el 5G se plantea como una tecnología de propósito general con potencial para producir efectos económicos significativos.

El objetivo principal del trabajo es evaluar si la presencia del 5G se asocia con mejoras en el desempeño económico a nivel municipal, así como analizar si dicho impacto presenta heterogeneidad territorial. Para ello, se adopta un enfoque cuantitativo basado en la estimación de un modelo econométrico de datos de panel con efectos fijos municipales, utilizando información correspondiente al periodo 2018-2021. La variable explicativa principal es la disponibilidad de cobertura 5G, mientras que la renta media por persona se emplea como indicador proxy del dinamismo económico local. El modelo incorpora, además, variables de control demográficas, estructurales y de infraestructura digital.

Los resultados obtenidos muestran que la presencia del 5G se asocia de forma positiva y estadísticamente significativa con mayores niveles de renta municipal. Asimismo, el análisis evidencia la existencia de heterogeneidad territorial, observándose que el efecto estimado es mayor en aquellos municipios que se encuentran a una distancia próxima de los grandes centros urbanos y disminuye a medida que aumenta la distancia a los mismos.

En conclusión, el estudio confirma que el 5G constituye una infraestructura con un gran potencial para poder contribuir al crecimiento y desarrollo económico, si bien su impacto efectivo depende de factores estructurales y del contexto territorial. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de complementar el despliegue tecnológico con ciertas estrategias que favorezcan su adopción y aprovechamiento productivo.

Palabras clave: 5G, impacto económico, economía digital, datos de panel, heterogeneidad territorial, renta municipal.

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis analyzes the economic impact of the deployment of 5G technology in Spain, with a particular focus on its territorial dimension. In the current context of the digital economy, advanced connectivity infrastructures play a key role in value creation, productivity improvement, and the transformation of production models. In this regard, 5G is considered a general-purpose technology with the potential to generate significant economic effects.

The main objective of this study is to assess whether the presence of 5G is associated with improvements in economic performance at the municipal level, as well as to examine whether this impact exhibits territorial heterogeneity. To this end, a quantitative approach is adopted based on the estimation of a panel data econometric model with municipal fixed effects, using data for the period 2018–2021. The main explanatory variable is the availability of 5G coverage, while average income per capita is used as a proxy for local economic performance. The model also includes demographic, structural, and digital infrastructure control variables.

The results show that the presence of 5G is positively and statistically significantly associated with higher levels of municipal income. Furthermore, the analysis reveals the existence of territorial heterogeneity, as the estimated effect is stronger in municipalities located near major urban centers and decreases as the distance from these areas increases.

In conclusion, the study confirms that 5G constitutes an infrastructure with the potential to contribute to economic growth, although its effective impact depends on structural factors and the territorial context. These findings highlight the importance of complementing technological deployment with strategies that foster its adoption and productive use.

Keywords: 5G, economic impact, digital economy, panel data, territorial heterogeneity, municipal income.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo 1: Introducción	7
1.1 Contexto global de la economía digital	7
1.2 Relevancia del 5G como tecnología transformadora	8
1.3 Justificación del estudio	8
1.4 Objetivos y preguntas de investigación	9
1.5 Estructura del trabajo	10
Capítulo 2: Marco Teórico	12
2.1 Argumentos teóricos sobre el impacto económico.....	12
2.1.1 Marco conceptual ampliado del 5G como tecnología de propósito general ...	13
2.1.2 Impacto microeconómico del 5G: empresa, consumidor y sectores	15
2.2 Evidencias empíricas a nivel internacional sobre el impacto económico del 5G ..	17
2.3 Hipótesis de investigación sobre el impacto económico del 5G en España	19
Capítulo 3: Metodología y diseño de investigación	21
3.1 Enfoque del estudio.....	21
3.2 Selección y análisis de fuentes secundarias	21

3.3 Variables de estudio y criterios de comparación	22
3.4 Análisis descriptivo previo a la estimación econométrica	24
3.5 Especificación del modelo econométrico	27
Capítulo 4: Análisis y resultados	30
4.1 Comparativa internacional: principales hallazgos empíricos	30
4.2 Indicadores económicos relevantes.....	30
4.3 Resultados del análisis econométrico	31
4.4 Estimación del potencial económico del 5G en España	35
Capítulo 5: Conclusiones implicaciones y limitaciones	36
5.1 Síntesis de los hallazgos teóricos y empíricos	36
5.2 Implicaciones económicas y políticas.....	37
5.3 Implicaciones y consideraciones para el caso español	39
5.4 Limitaciones del estudio	40
5.5 Líneas futuras de investigación.....	42
Bibliografía	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución del despliegue del 5G	24
Figura 2: Renta media por hogar según presencia del 5G.....	25
Figura 3: Proximidad a la capital y despliegue del 5G.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Modelo base. Efectos fijos municipales	31
Tabla 2: Modelo con interacción territorial (5G x distancia a Madrid).....	32
Tabla 3: Efecto marginal estimado del 5G según la distancia a Madrid.....	33

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto global de la economía digital

En las últimas décadas, la economía mundial ha experimentado una transformación profunda como consecuencia del desarrollo y la expansión de las tecnologías digitales. La digitalización ha cambiado de forma estructural la manera en que se organizan los procesos productivos, se intercambian bienes y servicios y se genera valor económico. En este nuevo contexto, factores como la conectividad, el acceso a la información y la capacidad de procesar grandes volúmenes de datos se han convertido en elementos esenciales para explicar la competitividad de países, regiones y sectores económicos.

La economía digital se caracteriza por un uso intensivo de la información y por la interconexión permanente de agentes económicos. Empresas, consumidores e instituciones interactúan cada vez más a través de plataformas digitales, lo que ha dado lugar a nuevos modelos de negocio y a una reorganización de las cadenas de valor. Este proceso no se limita a los sectores tecnológicos, sino que influye de manera transversal a actividades tradicionales como la industria, el transporte, la energía, la salud o el turismo.

En este escenario, las infraestructuras digitales tienen un papel central como base sobre la que se articula la transformación económica. La literatura económica destaca que el desarrollo tecnológico y la innovación actúan como motores fundamentales del crecimiento, al permitir incrementos de productividad, mejoras en la eficiencia y la aparición de nuevas oportunidades económicas (Forge y Blackman, 2017). En particular, las redes de telecomunicaciones se configuran como un elemento estratégico ya que facilitan la circulación de información y la coordinación entre los distintos agentes del sistema económico.

La evolución de las redes móviles ha acompañado históricamente estos procesos de cambio. Sin embargo, la transición hacia una economía cada vez más basada en datos y en la conectividad avanzada exige infraestructuras con capacidades superiores a las de generaciones anteriores. En este contexto se encuentra el desarrollo de la tecnología 5G, que representa un nuevo paso en la evolución de la economía digital.

1.2 Relevancia del 5G como tecnología transformadora

La quinta generación de redes móviles, conocida como 5G, implica un avance significativo respecto a las tecnologías previas de comunicación móvil. A diferencia de generaciones anteriores, el 5G no se limita a mejorar la velocidad de conexión, sino que introduce capacidades técnicas que amplían de forma sustancial las posibilidades de uso de la conectividad. Entre estas capacidades destacan la reducción de latencia, la posibilidad de conectar un número muy elevado de dispositivos de manera simultánea y una mayor fiabilidad de la red.

Estas características convierten al 5G en una infraestructura habilitadora de nuevas aplicaciones y servicios digitales. La conectividad en tiempo real permite el desarrollo de soluciones avanzadas en ámbitos como la automatización industrial, la gestión inteligente de infraestructuras, la movilidad conectada o los servicios digitales personalizados. De este modo, el 5G actúa como un elemento clave para profundizar en los procesos de digitalización ya iniciados y para impulsar nuevas formas de organización económica.

Desde una perspectiva académica, diversos estudios identifican al 5G como una tecnología de propósito general, debido a su capacidad para generar impactos transversales sobre múltiples sectores económicos y para actuar como catalizador de la innovación (Kshetri,2019). Este tipo de tecnologías se caracteriza por producir efectos que van más allá de su ámbito de aplicación directa, generando externalidades positivas y transformaciones estructurales en el conjunto de la economía.

En consecuencia, el interés por analizar el impacto económico del 5G no reside únicamente en su dimensión tecnológica, sino en su potencial para influir en la productividad, la eficiencia y la creación de valor. No obstante, el alcance real de estos efectos depende de factores como la velocidad de despliegue, el grado de adopción por parte de empresas y consumidores y el contexto institucional en el que se desarrolla la tecnología.

1.3 Justificación del estudio

El análisis del impacto económico del 5G en España se justifica por varias razones de carácter académico, económico y estratégico.

En primer lugar, desde una perspectiva académica, existe un creciente interés en estudiar la relación entre la innovación tecnológica y el crecimiento económico. Aunque la literatura ha analizado ampliamente el efecto de la digitalización y de las infraestructuras sobre el crecimiento del PIB y de la productividad, el 5G, por su carácter más reciente, todavía no cuenta con una evidencia empírica consolidada que permita evaluar con precisión la magnitud de su impacto. En consecuencia, resulta especialmente relevante estudiar sus posibles implicaciones económicas en el contexto específico de la economía española.

En segundo lugar, desde una perspectiva económica, España ha realizado importantes revisiones en el despliegue de redes 5G y se sitúa entre los países europeos con mayor cobertura inicial. Sin embargo, la simple disponibilidad de infraestructura no garantiza automáticamente un impacto positivo en términos de crecimiento o empleo. Es necesario analizar si la implantación del 5G se traduce en mejoras reales en la eficiencia productiva, la competitividad empresarial y la generación de valor añadido a la economía.

En tercer lugar, la economía española presenta características estructurales que hacen especialmente interesante este análisis: un elevado peso del sector servicios, una fuerte dependencia del turismo, una presencia dominante de pequeñas y medianas empresas y una heterogeneidad regional significativa. Estas particularidades pueden condicionar tanto la intensidad como la distribución del impacto del 5G.

La motivación personal y académica que impulsa este Trabajo de Fin de Grado reside en la necesidad de analizar de manera rigurosa si el discurso en torno al 5G como motor de transformación económica se sustenta en evidencias sólidas en el caso español. Este estudio busca, por tanto, aportar una visión analítica y fundamentada que permita distinguir entre expectativas tecnológicas y efectos económicos reales.

1.4 Objetivos y preguntas de investigación

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es analizar el impacto económico del desarrollo y la adopción del 5G en España, prestando especial atención a sus efectos sobre la productividad, la eficiencia y la creación de valor en los distintos sectores y regiones de la economía española.

De manera complementaria, el trabajo persigue los siguientes objetivos específicos:

- Revisar la literatura académica sobre el impacto económico de las tecnologías digitales y, en particular, del 5G.
- Analizar la evidencia empírica internacional existente sobre los efectos del 5G en variables macroeconómicas del 5G como el PIB y el empleo.
- Examinar el impacto del 5G a nivel microeconómico, considerando su influencia en las empresas, los sectores productivos y los consumidores.
- Plantear hipótesis aplicables al contexto español sobre los posibles beneficios económicos y los principales retos asociados a la adopción del 5G.

A partir de estos objetivos, el trabajo se articula en torno a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo puede influir el desarrollo del 5G en el crecimiento económico y la productividad?
- ¿Qué efectos económicos del 5G se han observado en otros países y regiones donde su implantación está más avanzada?
- ¿Qué sectores de la economía española presentan un mayor potencial para beneficiarse del despliegue del 5G?
- ¿Qué factores pueden condicionar el impacto económico del 5G en España?

Estas preguntas sirven como guía del análisis desarrollado a lo largo del trabajo y permiten estructurar la investigación de forma coherente.

1.5 Estructura del trabajo

El presente Trabajo de Fin de Grado se estructura en varios capítulos que permiten abordar de forma sistemática el objeto de estudio.

En el primer capítulo se introduce el contexto general de la economía digital, se analiza la relevancia del 5G como tecnología transformadora, se justifica el estudio y se definen los objetivos y preguntas de investigación.

El segundo capítulo desarrolla el marco teórico y la revisión de la literatura, examinando las principales aportaciones académicas sobre la relación entre la innovación tecnológica, digitalización y crecimiento económico, así como la evidencia existente sobre el impacto del 5G.

El tercer capítulo se centra en el desarrollo de la metodología y el diseño de la investigación donde se describe el enfoque adoptado, la selección y el análisis de fuentes secundarias, las variables de estudio y los criterios de comparación utilizados para estructurar el análisis.

El cuarto capítulo presenta el análisis y los resultados obtenidos. Se expondrá una comparativa internacional con los principales hallazgos empíricos sobre el impacto del 5G, se analizarán indicadores económicos relevantes aplicado al caso español y se realizará una estimación del potencial económico del 5G en España evaluando los resultados identificando tanto oportunidades como desafíos asociados a su despliegue.

Finalmente, el quinto capítulo recoge las conclusiones de estudio. En este apartado se sintetizan los hallazgos teóricos y empíricos, se exponen sus implicaciones económicas y políticas, se formularán hipótesis derivadas para el caso español y se señalarán las principales limitaciones del trabajo, junto con posibles líneas futuras de investigación.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Argumentos teóricos sobre el impacto económico del 5G

La literatura afirma que el 5G puede ser considerada como una tecnología de propósito general, ya que además de ser una mejora frente al 4G ha sido capaz de transformar sectores productivos y modelos de negocio (Kshetri, 2019). Sus contribuciones principales se centran en primer lugar, en las mejoras de productividad, también en la reducción de costes de transacción, en la generación de nuevos mercados y por último en las externalidades positivas en sostenibilidad.

En primer lugar, el 5G produce un aumento de la productividad empresarial y la eficiencia operativa debido a su latencia ultra baja que a diferencia del 4G , cuyo diseño se centra en la comunicación de personas, el 5G está optimizado para la comunicación entre máquinas permitiendo así que una red gestione millones de dispositivos inteligentes interconectados con la mínima interferencia y consumo energético siendo capaz de llevar a cabo procesos de automatización avanzada, un mantenimiento predictivo y un control remoto de equipos industriales. Esto es fundamental para el desarrollo de la denominada industria 4.0, en la que convergen el internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la robótica y la realidad aumentada (Gohar et al, 2021).

En segundo lugar, el 5G provoca una reducción de los costes de transacción y coordinación. La rastreabilidad en tiempo real de las cadenas de suministro, la gestión logística avanzada y la variedad de vehículos autónomos dan pie a reducir las fricciones en los mercados. Así mismo, el teletrabajo y el abastecimiento de servicios remotos, sustentados en conexiones de alta capacidad y fiabilidad, disminuyen tanto desplazamientos como costes indirectos a las compañías y empleados (Forge et al, 2017; Smoljić et al, 2024).

En tercer lugar, esta tecnología provoca la aparición de nuevos modelos de negocio y mercados. Ciencias como el *network slicing* permiten la particularización de redes virtuales para distintos usos (hospitales, fábricas, hogares), esto a su vez facilita la invención de servicios antes impensables, como la cirugía remota, experiencias

inmersivas de realidad aumentada o la gestión avanzada de *smart grids* (Smail et al, 2017; Gohar et al, 2021).

Otro aspecto principal, es el uso masivo de datos y analítica avanzada. Según Kshetri (2019), el 5G dará posibilidad de aprovechar hasta un 35% de los datos digitales establecidos, respecto al 5% actual, al resolver las ineficiencias del procesamiento en la transmisión. Esto agiliza el análisis de *big data* en tiempo real, lo que permite una mayor agilidad a la hora de segmentar clientes, tomar decisiones empresariales y el diseño de experiencias de servicios personalizados (Gohar et al, 2021).

Por último, me gustaría hablar de las externalidades positivas del 5G en la sostenibilidad. La dinamización de procesos industriales, la administración inteligente de la energía y la movilidad urbana provocarán una disminución de las emisiones de CO₂ hasta un 15% a nivel global para 2030, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Alkholidi et al, 2023). Sin embargo, se destacan también desafíos como los altos costes de inversión, la ciberseguridad y la viabilidad de ampliación de la brecha digital, que provocan una amenaza a la materialización de estos beneficios (Smoljić et al, 2024).

En resumen, los estudios plantean que esta nueva tecnología de propósito general es un motor económico estructural, al provocar un aumento de la productividad, generar una disminución de costes, habilitar nuevos mercados y ser una aportación para la sostenibilidad.

2.1.1 Marco conceptual ampliado del 5G como tecnología de propósito general

El 5G se desarrolla dentro de las tecnologías de propósito general (GPTS), son las que cuentan con la capacidad de transformar tanto los sectores aislados como el conjunto del sistema económico y social (Kshetri, 2019). Del mismo modo que lo fueron la máquina de vapor, la electricidad o el internet, esta tecnología actúa como una infraestructura habilitadora que empuja la innovación, incrementa la productividad y redefine los procesos de producción y consumo (Gohar et al, 2021).

Teniendo en cuenta el punto de vista teórico, su impacto sobre la economía puede explicarse por medio de varias corrientes de la economía de la innovación y del

crecimiento endógeno. La literatura económica reciente ensalza que las innovaciones tecnológicas forman un motor esencial del crecimiento económico, al incrementar la productividad, la eficiencia y la competitividad de los sectores productivos. En este contexto, el desarrollo del 5G se percibe como una de las transformaciones más significativas de las últimas décadas ya que es capaz de redefinir la estructura de los mercados y la forma en la que las empresas generan valor. Su desarrollo promueve la digitalización industrial, impulsa la automatización inteligente y favorece al desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en el uso intensivo de datos y la conectividad avanzada (Forge et al, 2017; Kshetri, 2019; Attaran, 2021; Gohar et al, 2021).

Además, el valor económico de una tecnología de conectividad se amplifica a medida que crece el número de usuarios y dispositivos interconectados. En el caso del 5G, la capacidad de integrar millones de conexiones simultáneas genera un efecto multiplicador sobre la economía digital provocando una expansión que produce beneficios colectivos que se reflejan en mayores niveles de productividad y competitividad empresarial (Forge et al, 2017; Kshetri, 2019; Ionescu et al, 2021; Attaran, 2021).

A lo largo de la historia, las innovaciones tecnológicas han provocado transformaciones económicas y sociales profundas, generando nuevos modelos productivos y reconfigurando la estructura de los mercados. La aparición del 5G puede considerarse una nueva etapa dentro de la evolución tecnológica, similar a los cambios que en su momento provocaron la electricidad, el ferrocarril o internet. Esta nueva infraestructura digital sirve como motor de crecimiento al contribuir con la automatización, la digitalización y la conectividad masiva entre sectores provocando aumentos de productividad y nuevas oportunidades de negocio (Forge et al, 2017; Kshetri, 2019; Attaran 2021).

Por otro lado, a nivel macroeconómico la literatura explica que el 5G incrementa la productividad total de los factores (PTF) al facilitar la comunicación instantánea y la coordinación entre los sistemas productivos, al reducir las fricciones del mercado y mejorar la asignación de recursos. Por ejemplo, Ionescu et al. (2021) señalan que el 5G permite integrar la inteligencia artificial y el análisis de datos en tiempo real, reduciendo ineficiencias y generando ventajas competitivas sostenibles. De la misma manera,

Ionescu et al. (2021) evidencian que en el contexto rumano las empresas más digitalizadas experimentan aumentos de productividad y de expansión al mercado.

Por último, hablando desde un punto de vista más sistemático, el 5G representa un paso decisivo hacia una economía basada en datos. Según Kshetri (2019), su mayor contribución radica en desbloquear el potencial económico del *big data*, permitiendo procesar y utilizar una proporción mucho mayor de la información generada a nivel global. De esta manera, el 5G no solo mejora las infraestructuras existentes, sino que transforma la lógica misma de la producción y del consumo, al lograr que la información se convierta en un insumo económico central.

En conclusión, el marco conceptual del 5G integra dimensiones tecnológicas, económicas y sociales. Su estudio requiere considerar tanto los efectos directos (inversión, empleo, productividad) como los indirectos (innovación, sostenibilidad, competitividad global).

2.1.2 Impacto microeconómico del 5G: empresa, consumidor y sectores productivos

Como he explicado antes, los efectos del 5G se perciben a escala macroeconómica porque su impacto se origina en los mecanismos microeconómicos que afectan a las empresas, a los consumidores y a los sectores productivos.

a) Impacto a nivel empresarial

Hablando del impacto a nivel empresarial, el 5G da lugar a una nueva forma de eficiencia productiva y organizacional. Debido a su baja latencia y alta capacidad, las empresas pueden desplegar sensores, robots y sistemas inteligentes interconectados que permiten una gestión más eficiente de los recursos (Attaran, 2021). La automatización y el mantenimiento predictivo disminuyen los costes de producción, mientras que la conectividad en tiempo real mejora la toma de decisiones.

Los estudios tecno económicos demuestran que el 5G disminuye significativamente los costes unitarios de comunicación y transmisión de datos, provocando así una mejora en el rendimiento del capital invertido (Smail et al, 2017). Kshetri (2019) ensalza que el 5G

hace posible los modelos empresariales basados en datos, en los cuales la información generada por los propios dispositivos se transforma en un activo comercializable.

En los sectores industriales, esta tecnología facilita el desarrollo de las denominadas “fábricas inteligentes” donde la interconexión entre máquinas, sistemas y personas mejora la flexibilidad productiva y reduce los tiempos de inactividad. Ionescu et al. (2021) confirman que aquellas empresas que incorporan el 5G muestran una ventaja competitiva en costes y una mayor capacidad para realizar una personalización de productos.

b) Impacto a nivel del consumidor

Para los consumidores, el 5G les abre una puerta a los servicios digitales de alta calidad, reduce costes de búsqueda y mejora su experiencia. Gohar et al (2021) destacan que el 5G da acceso instantáneo a contenido de realidad virtual, videojuegos en la nube, educación en línea y telemedicina, lo que genera un impacto positivo en el bienestar y en la productividad individual.

Además, la disminución de la latencia y el aumento de la fiabilidad mejoran la percepción del valor de los servicios digitales, lo que fomenta la disposición a pagar por servicios de mayor calidad. Esto impulsa nuevos modelos de consumo basados en la suscripción y en el acceso, más que en la propiedad de bienes (Smoljić, et al, 2024).

c) Impacto a nivel sectorial

El efecto microeconómico que la tecnología 5G genera a nivel sectorial varía sustancialmente entre sectores, dependiendo de su grado de digitalización y de su estructura de capital.

Afecta a la manufactura impulsando la automatización, la gestión predictiva y la reducción de desperdicios (Attaran, 2021). También, afecta al transporte y a la tecnología habilitando los vehículos conectados y la gestión inteligente del tráfico, reduciendo costes operativos y accidentes (Gohar et al, 2021). Del mismo modo, afecta a la energía ya que permite optimizar el suministro mediante redes inteligentes, aumentando la eficiencia y reduciendo pérdidas (Corujo et al, 2021). En el sector de la salud afecta de manera que la

baja latencia hace posible la cirugía remota y la monitorización en tiempo real de pacientes, mejorando la eficiencia del sistema sanitario (Gohar et al, 2021). Por último, repercute en entretenimiento y medios, la transmisión en tiempo real y la realidad aumentada abren nuevas oportunidades de negocio (Attaran, 2021).

Estos efectos sectoriales forman un mecanismo de transmisión micro-macro: las ganancias de eficiencia y productividad a nivel tanto empresarial como sectorial se agregan, provocando los efectos macroeconómicos observados en términos de PIB y empleo (Kshetri, 2019; Eisenach et al, 2020).

En síntesis, el 5G impacta en la economía desde su base microeconómica, al modificar la forma en la que las empresas producen, los consumidores consumen y los sectores interactúan. Este triple nivel de transformación explica por qué su impacto económico resulta tan amplio y estructural.

2.2 Evidencias empíricas a nivel internacional sobre el impacto económico del 5G

Una vez se han analizado los aspectos teóricos, realizaré un análisis de la recopilación de estimaciones cuantitativas sobre el impacto económico del 5G en diferentes países y regiones que los estudios ofrecen. Estas certezas explican como de manera consistente el 5G tiene efectos positivos a nivel empleo, PIB y productividad.

Por un lado, en Estados Unidos, Eisenach et al. (2020) concluyeron a través de un modelo VAR que un incremento de 1 punto porcentual en la incorporación del 4G durante ocho trimestres consecutivos provocó un crecimiento del PIB del 0,56% y del empleo de un 0,097%. Proyectándolo al 5G, los autores estimaron que una rápida incorporación del 5G producirá 635.000 millones de dólares adicionales en PIB y tres millones de nuevos empleos en cinco años, mientras que una lenta adopción provocaría 264.000 millones de dólares adicionales en PIB y 1,2 millones de nuevos empleos en seis años. De la misma manera, Eisenach et al. (2020) estiman que el 5G contribuirá 500.000 millones de dólares al PIB estadounidense y tres millones de empleos para el 2024.

Por otro lado, en la Unión Europea, se esperan impactos igual de relevantes. Forge et al. (2017) estiman que la incorporación de la tecnología 5G dará lugar a 142.000 millones de euros y 2,4 millones de empleos, sobre todo, en el sector de la automoción, en el del transporte, la energía y la salud. Otros estudios incrementan estas cifras a 407.000 millones de euros en ventas y a más de un millón de empleo para 2030, sumándolo al ahorro de 33 millones de toneladas de emisiones CO_2 (Ionescu et al, 2021).

Analizando el caso de Rumanía como un estudio específico, contribuye con un posible efecto multiplicador de 4.700 millones de euros y la contribución al empleo en más de 250.000 debido al 5G, no obstante, aparecen desafíos en la capacitación de la fuerza laboral y la digitalización de las pymes (Ionescu et al, 2021).

En la zona de Asia Pacífico, China lidera el desarrollo del 5G con inversiones masivas. Se prevé que este mercado del 5G obtendrá 167.000 millones de dólares en 2025, lo cual es igual al 3,2% de su PIB (Kshetri, 2019). En India, se estima que el efecto acumulado llegará a un billón de dólares en 2035 (Kshetri, 2019) y en Australia se deduce que el impacto económico será de 27.000 millones de dólares hasta 2030 (Eisenach et al, 2020).

Haciendo referencia a estimaciones globales, se espera que para 2035 la comunidad del 5G habilite más de 12 billones de dólares en bienes y servicios y más de 20 millones de empleos.

En cuanto al ámbito sectorial, los pilotos europeos del proyecto H2020 5Growth evidenciaron que, por un lado, la incorporación del 5G en el sector ferrocarril disminuyó el CAPEX en un 20%, los tiempos de instalación en un 50% y los costes de mantenimiento en un 20%. Por otro lado, en el sector energético esta tecnología fue capaz de generar unos beneficios de entre 98 y 232 millones de euros anuales debido a la disminución de las interrupciones del suministro (Corujo et al, 2021).

En último lugar, diferentes encuestas realizadas en países como Croacia y Eslovenia afirman que más del 80% de los usuarios creen en un impacto positivo del 5G y el 75% de los encuestados esperan que este genere nuevas oportunidades de empleo, en sectores como la logística, la salud y los servicios financieros. Caben recalcar algunas

preocupaciones relacionadas con la ciberseguridad, costes de infraestructura y el medioambiente (Smoljić et al, 2024).

En conclusión, con todas estas evidencias empíricas podemos afirmar que el 5G provoca un fuerte impacto económico tanto sustancial como positivo en diferentes lugares geográficos, no obstante, se han de tener en cuenta algunos aspectos como la velocidad de adopción, la integración con otras tecnologías y las políticas regulatorias de cada país.

2.3 Hipótesis de investigación sobre el impacto económico del 5G en España

Tras haber revisado la literatura es posible concluir con una serie de hipótesis que pueden ser contrastadas en el ámbito español. Dichas Hipótesis se basan tanto en los argumentos teóricos anteriormente expuestos como en la evidencia empírica internacional que refleja los impactos positivos y relevantes del 5G en distintos contextos geográficos.

Hipótesis 1 (PIB y crecimiento económico)

El desarrollo del 5G en España se asociará positivamente con indicadores de desempeño económico, reflejados en mejoras en los niveles de renta y dinamismo territorial. La evidencia internacional muestra que el despliegue de tecnologías móviles avanzadas ha generado efectos significativos sobre el crecimiento económico y la productividad (Eisenach et al., 2020; Ionescu et al., 2021; Attaran, 2021). En este sentido, cabe esperar que la incorporación progresiva del 5G en España se traduzca en mejoras observables en el desempeño económico a nivel territorial.

Hipótesis 2 (Heterogeneidad territorial del impacto del 5G)

El impacto económico del despliegue del 5G no será homogéneo en el territorio, sino que tenderá a ser mayor en municipios próximos a grandes centros urbanos, donde existe una mayor densidad económica, capital humano y capacidad de absorción tecnológica.

Esta hipótesis se apoya en la literatura que señala que los efectos económicos de las infraestructuras digitales dependen de factores estructurales y del contexto territorial en el que se despliegan, como la densidad económica, el dinamismo empresarial y la capacidad de adopción tecnológica (Forge et al., 2017; Smoljić et al., 2024). En este

sentido, cabe esperar que la proximidad a grandes ciudades actúe como un factor amplificador de los efectos económicos del 5G.

Con todo esto, las hipótesis ayudan a centrar el análisis del caso español dentro de un contexto internacional donde la tecnología del 5G ya ha demostrado ser un motor de crecimiento económico, generador de empleo y transformador sectorial, pero cuyo impacto concreto será de una manera u otra según la rapidez con la que se incorpore, la integración tecnológica y las políticas públicas que lo acompañen.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque del estudio

Tras el desarrollo del marco teórico y la formulación de hipótesis en el capítulo anterior, el presente estudio adopta un enfoque cuantitativo de carácter explicativo, orientado a contrastar empíricamente la relación entre la introducción del 5G y determinadas variables socioeconómicas a nivel municipal en España.

Como se ha argumentado en el capítulo 2, el 5G puede considerarse una tecnología de propósito general (Kshetri,2019), cuyo impacto macroeconómico se transmite a través de mecanismos microeconómicos que afectan a empresas, consumidores y sectores productivos. En este sentido, si el 5G actúa como infraestructura habilitadora de digitalización, productividad y generación de valor, sus efectos deberían reflejarse, al menos parcialmente, en indicadores económicos observables a nivel territorial.

Con este objetivo, se emplea un modelo de regresión lineal, utilizando datos municipales correspondientes al período 2018-2021. Este intervalo temporal resulta especialmente relevante, ya que coincide con la fase inicial de despliegue del 5G en España, permitiendo analizar sus primeros efectos asociados.

El análisis se realiza en formato de datos panel (municipio-año), lo que permite incorporar variación tanto temporal como territorial. Este enfoque facilita la identificación de posibles diferencias estructurales entre municipios con y sin acceso al 5G, así como la evaluación de posibles patrones territoriales vinculados a la proximidad a grandes centros económicos.

Antes de proceder a la estimación econométrica, se realizará un análisis descriptivo preliminar con el fin de explorar tendencias y asociaciones iniciales entre variables, garantizando así la coherencia entre el marco teórico desarrollado y la evidencia empírica disponible.

3.2 Selección y análisis de fuentes secundarias

El análisis empírico se basa en una base de datos municipal correspondiente al periodo 2018-2021. La unidad de análisis es el municipio, identificado mediante un código numérico (Cmun), lo que permite estructurar la información en formato panel.

La base de datos utilizada en el presente estudio integra información demográfica, económica, geográfica y tecnológica a nivel municipal para el periodo 2018-2021. En particular, combina datos procedentes del Ministerio de Transformación Digital, en relación con el despliegue de infraestructuras digitales como el 5G, junto con información socioeconómica obtenida del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Esta integración de fuentes permite disponer de una base de datos coherente y homogénea, adecuada para el análisis econométrico, garantizando la comparabilidad temporal y la consistencia metodológica de las variables empleadas.

La elección del periodo 2018-2021 responde a dos criterios fundamentales. En primer lugar, coincide con el inicio del despliegue efectivo del 5G en España. En segundo lugar, permite observar variaciones intermunicipales en la adopción tecnológica durante sus primeras fases de expansión.

El análisis descriptivo previo a la estimación econométrica cumple una función exploratoria y permite identificar patrones preliminares coherentes con las hipótesis planteadas en el capítulo anterior. No obstante, estos resultados descriptivos no implican causalidad, sino únicamente asociaciones iniciales que deberán contrastarse mediante el modelo econométrico.

3.3 Variables de estudio y criterios de comparación

La base de datos utilizada incluye las siguientes variables:

Variables identificativas:

- **Cmun:** Variable numérica identificadora del municipio. No tiene interpretación económica directa
- **year:** Variable temporal correspondiente al periodo 2018-2021
- **municipality:** Nombre del municipio (variable nominal)

Variable explicativa principal:

- **5G:** Variable binaria, que toma valor 1 si el municipio dispone de cobertura 5G en el año correspondiente y 0 en caso contrario. Esta variable representa el acceso a infraestructura digital avanzada

Variabes de infraestructura digital:

- **vdsl_30mbps:** Disponibilidad de tecnología VDLS > 30 Mbps
- **ftth:** Despliegue de fibra óptica hasta el hogar
- **Cov_100mbps:** Cobertura de conexiones > 100 Mbps
- **Km2:** Superficie territorial del municipio

Estas variables permiten controlar el grado previo de digitalización y evitar atribuir al 5G efectos que puedan derivarse de infraestructuras anteriores.

Variabes demográficas:

- **Mediadelapoblacion:** Edad media de la población
- **Población:** Número total de habitantes
- **Porcentajehogaresunipersona:** Porcentaje de hogares unipersona
- **Porcentajedepoblacionde65y:** Porcentaje de población mayor a 65 años
- **Porcentajedepoblacionespañola:** Porcentaje de población con nacionalidad española
- **Tamañomediodelhogar:** Tamaño medio del hogar

Variabes económicas:

- **Rentanetamediaporhogar:** Renta neta media por hogar
- **Rentanetamediaporpersona:** Renta neta media por persona

Estas variables permiten analizar si la presencia del 5G se asocia con mayores niveles de renta.

Variabes geográficas:

- **Dist_barna:** Distancia del municipio a Barcelona
- **Dist_madrid:** Distancia del municipio a Madrid

Estas variables permiten analizar posibles patrones territoriales en el desarrollo tecnológico.

3.4 Análisis descriptivo previo a la estimación econométrica

Con el fin de aproximarnos a la pregunta de investigación antes de proceder a la estimación del modelo de regresión lineal, se realizará un análisis descriptivo basado en tres representaciones gráficas.

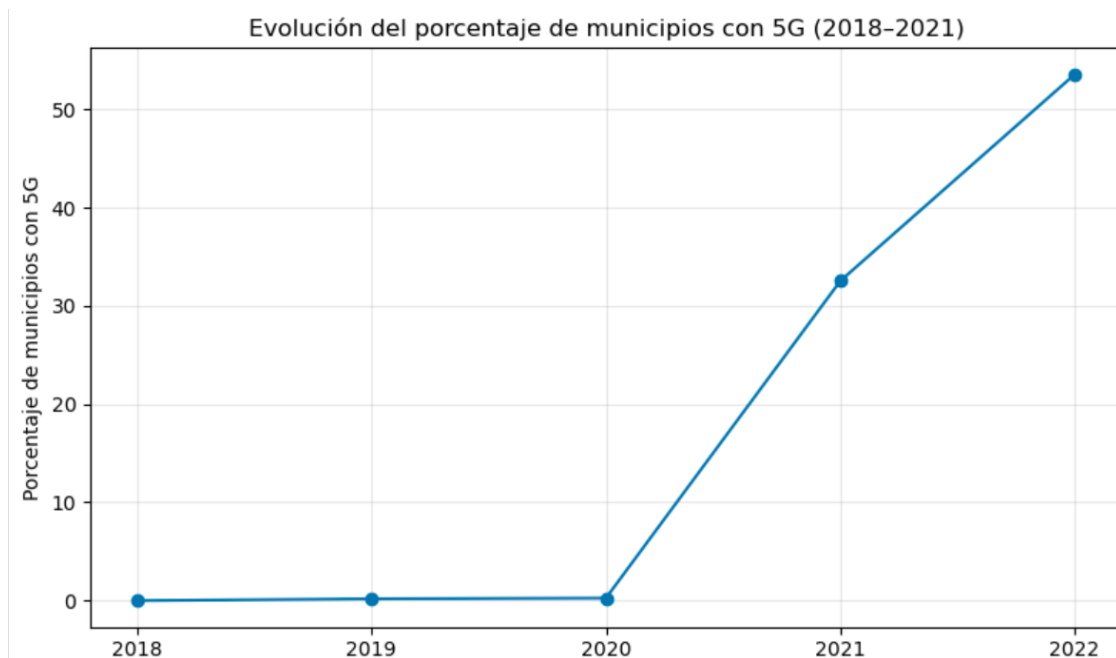


Figura 1. Evolución del despliegue del 5G. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

La figura 1 muestra la evolución del porcentaje de municipios con cobertura 5G durante el periodo 2018-2021. Se observa que entre 2018 y 2020 la proporción de municipios con 5G es prácticamente nula, mientras que a partir de 2021 se produce una expansión significativa, alcanzando aproximadamente un 32% de municipios con cobertura, y superando el 50% en el año siguiente.

Este patrón confirma que la introducción efectiva del 5G en España se concentra en la fase final del período analizado, lo que justifica la elección temporal del estudio. En coherencia con la literatura sobre tecnologías de propósito general (Kshetri,2019), la difusión progresiva de la infraestructura constituye una condición necesaria para la generación de efectos económicos agregados.

De esta manera, la aceleración observada en los últimos años constituye una condición necesaria para poder contrastar empíricamente la Hipótesis 1, según la cual la presencia del 5G podría asociarse con mayores niveles de renta. Sin una expansión efectiva de la infraestructura, no sería posible analizar su posible impacto económico. Por tanto, este gráfico justifica empíricamente la viabilidad temporal del análisis econométrico posterior.

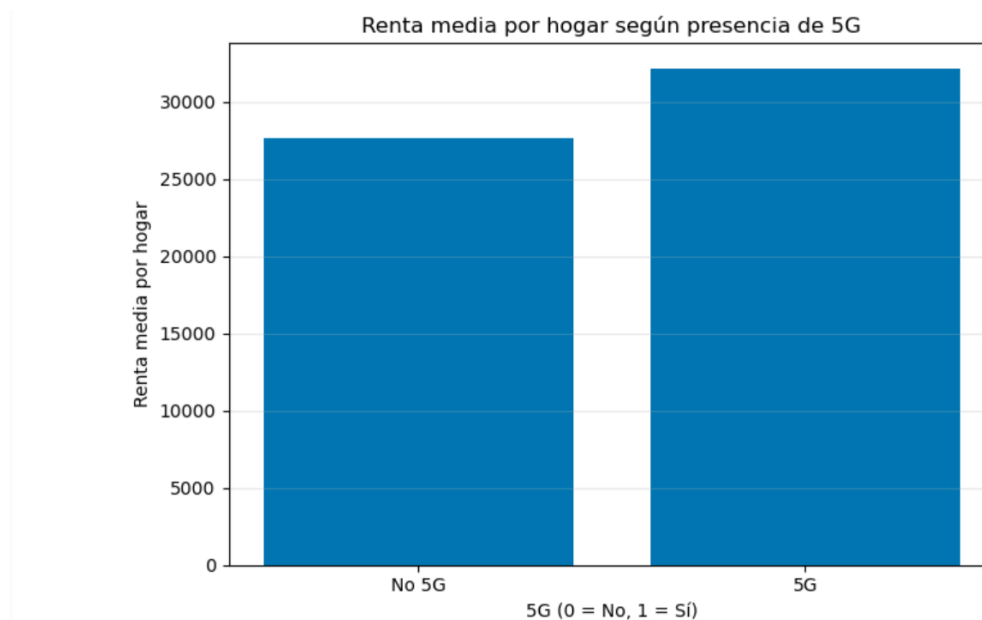


Figura 2. Renta media por hogar según presencia del 5G. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

La figura 2 compara la renta media por hogar entre municipios con y sin cobertura 5G. Se observa que los municipios con 5G presentan, en promedio, niveles de renta superiores a aquellos sin cobertura.

La diferencia observada sugiere una asociación descriptiva positiva entre presencia de 5G y mayor nivel de renta. Este resultado es coherente con los argumentos teóricos según los cuales las infraestructuras digitales avanzadas tienden a desplegarse inicialmente en

entornos económicos más dinámicos (Forge et al., 2017; Ionescu et al., 2021). Sin embargo, esta diferencia no puede interpretarse como evidencia causal ya que los municipios con mayor renta podrían haber sido prioritarios al despliegue tecnológico.

Este resultado preliminar proporciona una primera evidencia descriptiva en línea con la Hipótesis 1, que plantea que la presencia del 5G podría asociarse positivamente con mayores niveles de renta media municipal. La diferencia observada entre municipios con y sin cobertura sugiere la existencia de un patrón coherente con los mecanismos teóricos descritos en el capítulo 2, aunque será necesario verificar mediante el modelo de regresión si dicha asociación se mantiene una vez controlados otros factores estructurales.

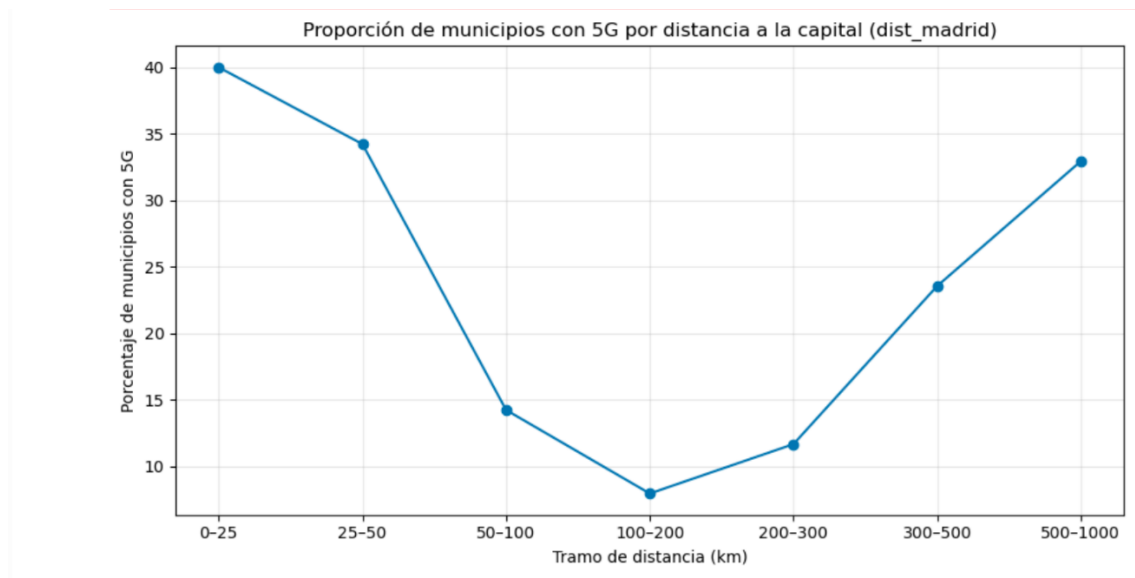


Figura 3. Proximidad a la capital y despliegue del 5G. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos del estudio.

La figura 3 analiza la proporción de municipios con 5g en función de su distancia a la capital (Madrid). Se observa que los municipios situados a menos de 25 kilómetros presentan una proporción cercana al 40%, mientras que en el tramo de 100 a 200 kilómetros la proporción desciende hasta aproximadamente el 8%.

Este patrón sugiere la existencia de un componente territorial en el despliegue tecnológico, coherente con la literatura que señala que la adopción inicial de nuevas tecnologías tiende a concentrarse en áreas metropolitanas (Forge et al., 2017).

Asimismo, este resultado preliminar refuerza la hipótesis 2, el impacto económico del 5G podría ser heterogéneo, beneficiando en mayor medida a municipios próximos a grandes centros urbanos.

Si bien, el análisis descriptivo permite identificar patrones preliminares coherentes con las hipótesis planteadas, resulta necesario estimar un modelo econométrico que permita evaluar la relación entre la presencia del 5G y la renta media controlando por factores demográficos, estructurales y territoriales.

En este sentido, la regresión lineal permitirá determinar si la asociación observada se mantiene una vez incorporadas variables como el tamaño poblacional, la estructura demográfica, el nivel previo de digitalización y la distancia a los principales núcleos económicos, así como al controlar por efectos fijos municipales, que recogen características estructurales no observables constantes en el tiempo.

3.5 Especificación del modelo econométrico

Con el fin de contrastar empíricamente las hipótesis planteadas en el capítulo anterior, se procede a la estimación de un modelo de regresión lineal para datos de panel, utilizando información municipal para el periodo 2018-2021.

Dado que el análisis se realiza a nivel municipal y existe la posibilidad de que determinadas características estructurales no observables como la estructura productiva histórica, el nivel de desarrollo institucional o factores geográficos permanentes influyan en los niveles de renta, se opta por un modelo con efectos fijos municipales. Este enfoque permite controlar por heterogeneidad no observable constantes en el tiempo, aislando la variación intra-municipal.

La especificación básica del modelo es la siguiente:

$$\log(Renta_{it}) = \beta_1 5G_{it} + \beta_2 X_{it} + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

Donde:

- $\log(Renta_{it})$: Representa el logaritmo de la renta media por persona en el municipio i en el año t
- $5G_{it}$: Es una variable dicotómica que toma valor 1 si el municipio dispone de cobertura 5G en el año correspondiente
- X_{it} : Es un vector de variables de control que incluye características demográficas (edad media, composición poblacional, tamaño medio del hogar), de infraestructura digital (cobertura 4G, VDSL, FTTH, cobertura ≥ 100 Mbps) y estructurales relevantes
- α_i : Recoge los efectos fijos municipales
- δ_t : Representa la tendencia temporal común
- ε_{it} : Es el termino de error

El coeficiente β_1 mide la asociación entre la presencia del 5G y el nivel de renta municipal, una vez controladas las características observables y no observables constantes en el tiempo.

Por su parte el termino β_2 representa el conjunto de coeficientes asociados a las variables de control. Cada uno de estos coeficientes mide la relación parcial entre la característica correspondiente y el nivel de renta municipal, manteniendo constante el resto de los factores. La inclusión de estas variables permite reducir el riesgo por omisión al aislar de manera más precisa la asociación entre la presencia del 5G y la renta.

Esta especificación permite contrastar la Hipótesis 1, según la cual la presencia del 5G, se asocia positivamente con mayores niveles de renta municipal.

Por otro lado, con el objetivo de analizar la posible heterogeneidad territorial del efecto del 5G, se estima una segunda especificación que incorpora un término de interacción entre la presencia del 5G y la distancia a los principales centros económicos:

$$\log(Renta_{it}) = \beta_1 5G_{it} + \beta_2 (5G_{it} X Dist_{it}) + \beta_3 X_{it} + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

Donde $Dist_{it}$ representa la distancia del municipio asociado a la capital correspondiente.

En esta segunda especificación, la interpretación de los coeficientes requiere mayor precisión. El coeficiente β_1 ya no representa el efecto promedio del 5G para todos los municipios, sino el efecto del 5G cuando la distancia a la capital es igual a cero. Es decir, recoge la asociación entre la presencia del 5G y la renta en el punto referencia territorial.

El coeficiente β_2 , asociado al término de interacción ($5G_{it} \times Dist_{it}$), mide cómo varía la asociación entre el 5G y la renta a medida que aumenta la distancia a la capital. En términos formales, el efecto marginal del 5G sobre la renta viene dado por:

$$\frac{\partial \log(Renta_{it})}{\partial 5G_{it}} = \beta_1 + \beta_2 Dist_{it}$$

Por tanto, β_2 permite evaluar si la relación entre 5G y renta presenta heterogeneidad territorial. Esta especificación permite contrastar la Hipótesis 2, según la cual el impacto económico del 5G no es homogéneo en el territorio, sino que tiende a ser mayor en municipios próximos a grandes centros urbanos, donde existe una mayor densidad económica y capacidad de absorción tecnológica.

La estimación se realiza mediante el estimador de panel con efectos fijos municipales. Se emplean errores estándar robustos ajustados por agrupación a nivel municipal, con el fin de corregir posibles problemas de heterocedasticidad y correlación intra-grupo.

Si bien las hipótesis formuladas en el capítulo 2 abarcan dimensiones macroeconómicas amplias como el crecimiento del PIB, el empleo y la productividad sectorial, el análisis econométrico desarrollado en el presente trabajo se centra específicamente en la dimensión territorial del desempeño económico. En particular, se utiliza la renta media municipal como indicador proxy del dinamismo económico local, permitiendo evaluar si la presencia del 5G se asocia con mejoras económicas a nivel municipal.

De este modo, el modelo estimado permite contrastar empíricamente la dimensión económica territorial del impacto del 5G, garantizando coherencia entre el marco conceptual desarrollado y la evidencia cuantitativa disponible.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Comparativa internacional: principales hallazgos empíricos

La evidencia internacional revisada en el capítulo 2 muestra de forma consistente que la expansión de tecnologías móviles avanzadas se asocia con mejoras significativas en el desempeño económico agregado y sectorial. En Estados Unidos, Eisenach et al. (2020) estiman que un incremento de un punto porcentual en la penetración del 4G generó un aumento aproximado del 0,56% del PIB. De forma complementaria, estudios europeos destacan que el 5G actúa como tecnología habilitadora de procesos de digitalización avanzada, impulsando la productividad, la competitividad empresarial y la innovación en sectores estratégicos (Ionescu et al., 2021; Attaran, 2021).

Sin embargo, la literatura también subraya que el impacto de estas infraestructuras no es uniforme. Factores como la densidad poblacional, la estructura productiva, el capital humano y la proximidad a grandes centros económicos condicionan la magnitud de los efectos (Smoljić et al., 2024). En entornos urbanos dinámicos, donde existen mayores economías de aglomeración y capacidad de absorción tecnológica, los retornos tienden a ser superiores.

Este marco internacional proporciona el punto de referencia para analizar el caso español. Si bien los estudios previos estiman impactos macroeconómicos agregados, el presente trabajo adopta una perspectiva digital territorial, permitiendo evaluar si los mecanismos descritos en la literatura se observan también a nivel municipal.

4.2 Indicadores económicos relevantes

En coherencia con la estrategia metodológica descrita en el capítulo 3, el análisis empírico se centra en la renta media municipal como indicador proxy del desempeño económico local. Aunque esta variable no equivale directamente al PIB, constituye una aproximación válida al dinamismo económico territorial, en la medida en que refleja la capacidad de generación de ingresos y el nivel de actividad económica en cada municipio.

La variable dependiente utilizada es el logaritmo de la renta media por persona, lo que permite interpretar los coeficientes estimados como variaciones porcentuales aproximadas. La estimación se realiza mediante modelos de efectos fijos municipales para el periodo 2018-2021, lo que permite tener en cuenta características estructurales no observables que no cambian en el tiempo y focalizar el análisis en los cambios producidos dentro de cada municipio.

Esta aproximación permite contrastar empíricamente la dimensión económica de la Hipótesis 1 y analizar, adicionalmente, si el impacto estimado varía en función de la proximidad a los principales centros económicos, en línea con la Hipótesis 2.

4.3 Resultados del análisis econométrico

Se han estimado dos especificaciones econométricas con efectos fijos municipales y errores estándar robustos ajustados por agrupación a nivel municipal.

Tabla 1. Modelo base: efectos fijos municipales

Variable	Coeficiente	Error estándar absoluto
5G	.0051917	(0.00123)
Cov100mbps_	.0037115	(0.00147)
Edad media	.0041086	(0.00078)
% Población española	.0033962	(0.00064)
Tendencia temporal	.0319912	(0.00050)
Constante	-55.72838	(1.0268)
Observaciones	16,145	
Municipio	4,473	

R ² within	0.550	
-----------------------	-------	--

Notas: La variable dependiente es el logaritmo de la renta media por persona. Los errores estándar absolutos están ajustados por agrupación a nivel municipal entre paréntesis.

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.10

En el modelo base, la variable asociada a la presencia del 5G presenta un coeficiente positivo y estadísticamente significativo. Dado que la variable dependiente se encuentra en logaritmos, el resultado implica que la disponibilidad de 5G se asocia con un incremento aproximado del 0.52% en la renta media por persona, manteniendo constantes las variables de control y las características estructurales invariables capturadas por los efectos fijos.

Este resultado proporciona evidencia empírica que respalda la dimensión económica de la Hipótesis 1, según la cual el desarrollo del 5G puede contribuir positivamente al desempeño económico. Si bien la magnitud del efecto es moderada, resulta coherente con el carácter inicial del despliegue durante el período analizado y con la naturaleza progresiva de los efectos tecnológicos.

No obstante, es importante señalar que, dado el carácter observacional de los datos, los resultados deben interpretarse en términos de asociación condicionada y no como prueba causal definitiva.

Tabla 2. Modelo con interacción territorial (5G x distancia a Madrid)

Variable	Coeficiente	Error estándar absoluto
5G	.012062	(0.00187)
5G x distancia a Madrid _	-0.000179	(0.00000334)

Cov100mbps	.0036631	(0.00148)
Edad media de la población	.0041284	(0.00078)
% población española	.0033772	(0.00064)
Tendencia temporal	.0319666	(0.00050)
Constante	-55.67659	(1.0292)
Observaciones	16,085	
Municipios	4,455	
R ² within	0.550	

Al introducir el término de interacción podemos analizar si el impacto del 5G presenta heterogeneidad territorial. El coeficiente de la interacción es negativo y estadísticamente significativo, lo que indica que el efecto positivo del 5G disminuye conforme aumenta la distancia a Madrid.

Este resultado confirma la existencia de heterogeneidad territorial en el impacto del 5G, en línea con lo planteado en la literatura y con la Hipótesis 2. La evidencia sugiere que los beneficios económicos asociados al 5G son mayores en municipios próximos a grandes centros urbanos, donde existen mayores economías de aglomeración y capital humano cualificado.

Este patrón puede explicarse por el hecho de que la proximidad a grandes ciudades facilita un entorno económico más favorable para la adopción y aprovechamiento de tecnologías avanzadas. En estos municipios, la mayor densidad empresarial, la presencia de sectores intensivos en conocimiento y la disponibilidad de infraestructuras complementarias permiten que la introducción del 5G se traduzca con mayor rapidez en mejoras de productividad y generación de valor.

Asimismo, la cercanía a los principales núcleos económicos favorece la integración en redes productivas y el acceso a mercados más amplios, lo que amplifica los efectos potenciales de la conectividad avanzada. En este sentido, el 5G no actúa de manera aislada, sino que su impacto depende de la interacción con el entorno económico en el que se despliega.

Por el contrario, en municipios más alejados, la menor densidad económica, la limitada presencia de actividades tecnológicas y la menor capacidad de absorción pueden reducir la intensidad del efecto estimado. Esto sugiere que la infraestructura, por sí sola, no garantiza resultados homogéneos, sino que su impacto está condicionado por factores estructurales y territoriales.

En conjunto, estos resultados refuerzan la idea de que el 5G tiende a integrarse en dinámicas económicas preexistentes, amplificando las ventajas de los territorios más desarrollados y evidenciando la importancia del contexto territorial en la materialización de sus efectos económicos.

Tabla 3. Efecto marginal estimado del 5G según la distancia a Madrid.

Distancia a Madrid (km)	Efecto estimado sobre la renta (%)
0 km	1.206%
50 km	1.117%
100 km	1.027%
200 km	0.848%
300 km	0.669%
500 km	0.311%

Estos cálculos muestran que el impacto estimado del 5G se reduce progresivamente a medida que aumenta la distancia a la capital, reforzando la idea de que el entorno territorial condiciona la materialización de los efectos económicos de la tecnología.

4.4 Estimación del potencial económico del 5G en España.

En conjunto, los resultados permiten responder afirmativamente a la pregunta de investigación principal: la presencia del 5G se asocia de forma positiva y estadísticamente significativa con mayores niveles de renta municipal en España.

Sin embargo, la evidencia también muestra que dicho impacto no es uniforme en el territorio. La proximidad a grandes centros económicos amplifica el efecto estimado, lo que pone de manifiesto que la capacidad transformadora del 5G depende de factores estructurales complementarios.

En consecuencia, el potencial económico del 5G en España no depende exclusivamente del despliegue físico de la infraestructura, sino también de la existencia de condiciones institucionales, empresariales y territoriales que permiten maximizar su capacidad de generación de valor añadido.

Estos resultados sitúan al caso español en línea con la evidencia internacional y confirman que el 5G constituye una tecnología con potencial para contribuir al dinamismo económico, si bien su impacto efectivo parece condicionado por factores territoriales y estructurales.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES IMPLICACIONES Y LIMITACIONES

5.1 Síntesis de los hallazgos teóricos y empíricos

El presente trabajo partía de una pregunta central claramente definida en el capítulo 1: ¿Se asocia la llegada del 5G con mejoras en indicadores de desempeño económico en España y dicho efecto presenta heterogeneidad territorial? Esta cuestión se enmarcaba en el debate más amplio sobre el papel de las infraestructuras digitales como motor de crecimiento en las economías avanzadas.

La revisión de la literatura desarrollada en el capítulo 2 permitió identificar un consenso creciente en torno a la relevancia económica de las tecnologías móviles de nueva generación. Estudios previos sobre el despliegue del 4G mostraron efectos positivos y significativos sobre el PIB y el empleo en Estados Unidos (Eisenach et al., 2020), lo que sugiere que las mejoras en conectividad pueden traducirse en incrementos de productividad y dinamismo económico. En el caso del 5G, la literatura enfatiza su potencial transformador debido a sus capacidades técnicas superiores, que permiten aplicaciones avanzadas en sectores estratégicos como la industria manufacturera, la energía o el transporte (Attaran, 2021; Ionescu et al., 2021).

No obstante, el marco teórico también subraya que el impacto de estas tecnologías depende de factores estructurales y contextuales. La capacidad de absorción tecnológica, la existencia de capital humano cualificado y la presencia de economías de aglomeración condicionan la magnitud de los efectos (Smoljić et al., 2024). En consecuencia, no cabe esperar que el 5G genera impactos uniformes en todos los territorios, sino que su efecto podría amplificar dinámicas económicas preexistentes.

Sobre esta base, el análisis empírico desarrollado en los capítulos 3 y 4 se centró en la dimensión territorial del impacto económico, utilizando la renta municipal como indicador proxy del desempeño económico local. Aunque esta variable no capta directamente el crecimiento del PIB nacional, sí refleja variaciones en la capacidad de generación de ingresos a nivel municipal, lo que permite aproximarse a los efectos económicos asociados al despliegue tecnológico.

Los resultados obtenidos muestran que la presencia del 5G se asocia de forma positiva y estadísticamente significativa con mayores niveles de renta media por persona en el período analizado (2018-2021). Este hallazgo proporciona evidencia empírica consistente con la dimensión económica de la Hipótesis 1 formulada, en la medida en que sugiere que el desarrollo del 5G puede contribuir al dinamismo económico. La magnitud del efecto estimado es moderada, lo que resulta coherente tanto con el carácter inicial del despliegue durante los años analizados como con la naturaleza progresiva de los impactos tecnológicos señalada en la literatura.

Asimismo, la inclusión del término de interacción entre la presencia del 5G y la distancia a Madrid permitió contrastar la posible heterogeneidad territorial del impacto. Los resultados indican que el efecto positivo estimado es mayor en municipios próximos a grandes centros urbanos y se reduce progresivamente conforme aumenta la distancia. Este patrón es coherente con el argumento teórico según el cual las infraestructuras digitales generan mayores retornos en entornos con mayor densidad económica y mayor capacidad de absorción tecnológica. En este sentido, la evidencia obtenida no solo respalda la dimensión económica de la Hipótesis 1, sino que también confirma la relevancia de los condicionantes territoriales señalados en el marco teórico.

En conjunto, la síntesis de los hallazgos teóricos y empíricos permite concluir que el despliegue del 5G en España se asocia con mejoras en indicadores de desempeño económico a nivel municipal, aunque dichos efectos no son homogéneos en el territorio. Lejos de actuar como un factor neutral, el 5G parece integrarse en estructuras económicas preexistentes y reforzar dinámicas territoriales ya consolidadas.

5.2 Implicaciones económicas y políticas

Más allá de la constatación empírica de una asociación positiva entre la presencia del 5G y la renta municipal, los resultados obtenidos permiten reflexionar sobre el papel de las infraestructuras digitales como modelo de crecimiento económico español. En coherencia con el marco conceptual desarrollado en capítulos anteriores, el 5G no puede interpretarse únicamente como una innovación tecnológica puntual, sino como un componente estratégico dentro de la arquitectura productiva contemporánea.

Desde una perspectiva económica, los resultados sugieren que la infraestructura digital actúa como un factor facilitador del desempeño económico, pero no como un determinante autónomo del crecimiento. El hecho de que el impacto estimado sea mayor en municipios próximos a grandes centros urbanos indica que el 5G tiende a integrarse en ecosistemas económicos ya consolidados, reforzando dinámicas productivas existentes. Esto apunta a una lógica de complementariedad más que de sustitución: la infraestructura potencia contextos favorables, pero no transformar automáticamente entornos con menos dinamismo estructural.

En este sentido, el despliegue del 5G puede interpretarse como un factor que incrementa la eficiencia marginal del capital y del trabajo en territorios donde ya existe un tejido empresarial capaz de incorporar tecnologías avanzadas. La implicación económica fundamental no es únicamente que el 5G “genere crecimiento”, sino que su contribución depende de la interacción con variables estructurales preexistentes, como la especialización productiva o la densidad económica. Esta lectura resulta coherente con la literatura revisada en el capítulo 2, donde se subraya el papel de las económicas de aglomeración y la capacidad de absorción tecnológica.

Desde el ámbito político, los resultados sugieren que las estrategias centradas únicamente en la extensión de cobertura podrían resultar insuficientes si no se acompañan de medidas orientadas a fortalecer el entorno económico local. El despliegue de infraestructuras constituye una condición necesaria para la transformación digital, pero su impacto efectivo depende de la capacidad de empresas y administraciones para integrarlas en sus procesos productivos y organizativos.

Asimismo, la evidencia de heterogeneidad territorial plantea una cuestión relevante desde el punto de vista de la cohesión económica. Si los beneficios asociados al 5G se concentran en entornos ya dinámicos, existe el riesgo de que la digitalización contribuya a intensificar divergencias regionales. Esta posibilidad no implica que la infraestructura genere desigualdad de manera directa, sino que puede amplificar diferencias preexistentes en capital humano, estructura productiva y capacidad empresarial. En consecuencia, las políticas de digitalización deberían incorporar explícitamente una dimensión territorial que contemple mecanismos de acompañamiento en zonas menos dinámicas.

Otra implicación relevante se relaciona con la secuencia temporal del impacto. El período analizado corresponde a una fase temprana de la llegada del 5G, lo que sugiere que los efectos observados pueden representar una manifestación inicial de un proceso más amplio. Desde una perspectiva política económica, esto implica que la evaluación del retorno de la inversión en infraestructuras digitales no debe limitarse a resultados de corto plazo, sino considerar horizontes temporales más extensos, en línea con la literatura sobre adopción tecnológica y difusión de innovaciones.

Finalmente, los resultados refuerzan la idea de que la digitalización debe integrarse en estrategias económicas transversales. La política tecnológica, la política industrial y la política regional no pueden concebirse de manera independiente si se pretende maximizar el impacto del 5G. La coordinación institucional y la coherencia estratégica resultan elementos fundamentales para que la infraestructura digital contribuya efectivamente al dinamismo económico y no se limite a un despliegue técnico sin integración productiva.

En conjunto, las implicaciones derivadas de este trabajo no se reducen a la confirmación de una asociación positiva entre tecnología y renta, sino que apuntan a la necesidad de comprender el 5G como parte de un proceso estructural de transformación económica cuyo impacto depende de factores complementarios y decisiones estratégicas del ámbito político.

5.3 Implicaciones y consideraciones para el caso español

A partir de los resultados obtenidos en el análisis empírico y del marco teórico desarrollado en los capítulos anteriores, es posible extraer una serie de consideraciones relevantes para el contexto español en relación con el impacto económico del 5G.

En primer lugar, la evidencia empírica demuestra que la presencia del 5G se asocia positivamente con la renta municipal, lo que refuerza la idea de que las infraestructuras digitales pueden contribuir al dinamismo económico territorial. No obstante, este efecto no es uniforme en el territorio, sino que presenta una clara dimensión espacial. En particular, los resultados indican que el impacto estimado es mayor en municipios próximos a grandes centros urbanos, lo que sugiere que la proximidad a áreas metropolitanas favorece un mayor aprovechamiento económico de la tecnología.

Este patrón puede explicarse por la mayor densidad económica, la concentración de capital humano cualificado y la presencia de actividades productivas más intensivas en conocimiento en estos entornos. En consecuencia, el 5G tiende a integrarse de manera más efectiva en territorios donde ya existen condiciones favorables para la adopción tecnológica, amplificando dinámicas económicas preexistentes.

En segundo lugar, los resultados sugieren que la infraestructura digital, por sí sola, no garantiza impactos homogéneos. Su efecto depende en gran medida de factores complementarios, como la capacidad de absorción tecnológica, el nivel de digitalización empresarial y la cualificación de la población. Esta idea es coherente con la literatura revisada en el capítulo 2, que destaca la importancia de estos elementos en la materialización de los efectos económicos de las innovaciones tecnológicas.

Asimismo, el carácter inicial del despliegue del 5G en el periodo analizado (2018–2021) sugiere que los efectos observados pueden representar una fase temprana de un proceso más amplio. Es razonable pensar que, a medida que aumente la cobertura y se desarrollen aplicaciones más avanzadas, el impacto económico de esta tecnología podría intensificarse en el medio y largo plazo.

En conjunto, estos resultados ponen de manifiesto que el impacto del 5G en España no depende únicamente de su disponibilidad, sino de su interacción con el entorno económico y territorial. En este sentido, el análisis desarrollado no solo confirma la relevancia económica de esta tecnología, sino que también evidencia la importancia de considerar los condicionantes estructurales en la evaluación de su impacto.

5.4 Limitaciones del estudio

A pesar de la coherencia teórica y metodológica del análisis desarrollado, el presente trabajo presenta una serie de limitaciones que es necesario reconocer para delimitar adecuadamente el alcance de las conclusiones obtenidas. La identificación de estas restricciones no debilita los resultados, sino que permite situarlos en su contexto interpretativo correcto.

En primer lugar, una limitación importante se relaciona con la naturaleza de la variable dependiente utilizada. El análisis empírico se ha centrado en la renta media municipal como indicador proxy del desempeño económico local. Si bien esta variable permite captar dinámicas económicas territoriales y constituye una aproximación razonable en un contexto municipal, no refleja de manera directa el crecimiento del PIB ni la productividad agregada, variables centrales en parte de la literatura revisada en el capítulo 2. En consecuencia, el estudio contrasta una manifestación específica del impacto económico como es la evolución de la renta, pero no permite evaluar de forma exhaustiva todos los canales a través de los cuales el 5G podría incidir en la economía.

En segundo lugar, el horizonte temporal analizado (2018-2021) corresponde a una fase inicial del despliegue del 5G en España. Como se ha señalado previamente, los efectos económicos de las infraestructuras digitales suelen materializarse de manera progresiva, a medida que empresas y administraciones integran la tecnología en sus procesos productivos y organizativos. Además, parte del período estudiado coincide con el impacto económico derivado de la pandemia de COVID-19, que alteró significativamente la actividad económica. Aunque el modelo incorpora efectos fijos y tendencia temporal, no puede descartarse completamente que este contexto excepcional haya influido en la evolución observada de la renta municipal.

Desde un punto de vista metodológico, el uso de modelos de efectos fijos municipales permite controlar por heterogeneidad no observable constante en el tiempo, lo que constituye una fortaleza del análisis. No obstante, esta estrategia no elimina completamente posibles problemas de causalidad inversa. En particular, es posible que el despliegue del 5G se haya producido prioritariamente en municipios con mayor dinamismo económico o mejores perspectivas de crecimiento, lo que podría generar cierto sesgo de selección. Aunque el modelo controla diversas variables demográficas y de infraestructura digital previa, no puede establecer una relación causal estricta, sino una asociación condicionada.

Asimismo, la medición de la variable 5G presenta una limitación adicional. La disponibilidad de esta tecnología se ha incorporado al modelo de forma binaria, distinguiendo entre municipios con presencia o con ausencia del 5G. Esta aproximación

no permite captar diferencias en intensidad de cobertura, calidad del servicio ni grado efectivo de adopción por parte de empresas y hogares. La mera existencia de infraestructura no implica necesariamente su uso productivo significativo, por lo que el análisis podría no reflejar completamente la dimensión cualitativa del despliegue tecnológico.

Por otra parte, el enfoque adoptado es de carácter agregado a nivel municipal y no incorpora información sectorial desagregada. La literatura revisada en el capítulo 2 destaca que el 5G puede tener impactos diferenciados según el sector económico, especialmente en actividades intensivas en tecnología o automatización. La ausencia de datos sectoriales limita la posibilidad de identificar con precisión qué ramas productivas podrían estar contribuyendo en mayor medida a la asociación observada entre 5G y renta.

En conjunto estas limitaciones delimitan el alcance interpretativo del análisis, pero no invalidan la evidencia obtenida. El trabajo aporta una aproximación empírica coherente con la literatura internacional y adaptada al contexto español, si bien la identificación causal estricta y la evaluación completa de los mecanismos subyacentes requerirían información adicional y metodologías complementarias.

5.5 Líneas futuras de investigación

A partir de las hipótesis derivadas formuladas en el apartado 5.3, pueden identificarse diversas líneas de investigación que permitirán profundizar en el análisis el impacto del 5G en el contexto español.

En primer lugar, una extensión natural del presente trabajo consistirá en analizar de forma más detallada la estructura de la productividad local como factor mediador del impacto tecnológico. La evidencia obtenida sugiere que el efecto del 5G es mayor en municipios próximos a grandes centros urbanos, lo que podría estar relacionado con una mayor concentración de sectores intensivos en tecnología y servicios avanzados. Futuras investigaciones podrían incorporar datos sectoriales desagregados que permitan contrastar si determinados sectores como la industria manufacturera digitalizada, los servicios empresariales o las actividades tecnológicas experimentan impactos

diferenciados. Este enfoque permitirá conectar de forma más directa con la literatura sobre transformación sectorial y productividad.

En segundo lugar, resulta relevante profundizar en el papel del capital humano y la capacidad de absorción tecnológica como factores explicativos del impacto del 5G. Tal y como se ha señalado, la infraestructura digital puede generar mayores retornos en territorios con mayor cualificación laboral y mayor grado de digitalización empresarial. Investigaciones futuras podrían incorporar indicadores específicos de capital humano, formación tecnológica o intensidad digital de las empresas, con el objetivo de estimar modelos que incluyan interacciones explícitas entre infraestructura y capacidades locales. Este enfoque permitirá avanzar en la comprensión de los mecanismos a través de los cuales el 5G se traduce en mejoras económicas.

En tercer lugar, se podría abrir el horizonte temporal del estudio. A medida que el despliegue del 5G alcance mayor madurez y se generalice su utilización productiva, podría observarse una intensificación de los efectos económicos. La extensión del análisis a periodos posteriores permitirá evaluar si la asociación estimada se consolida, se amplifica o se modifica con el tiempo aportando evidencia adicional sobre la dimensión dinámica del impacto tecnológico.

Finalmente, otra línea de investigación relevante consistirá en ampliar el conjunto de variables dependientes analizadas. Además de la renta municipal, se podrían incorporar indicadores como la creación de empresas, el empleo cualificado o la productividad sectorial, con el fin de captar de manera más amplia los distintos canales de transmisión del impacto económico del 5G.

En conclusión, estas líneas futuras se articulan de forma coherente con el marco teórico y con las hipótesis derivadas desarrolladas en este trabajo. Profundizar en ellas permitirá avanzar en la comprensión del papel del 5G como infraestructura tecnológica dentro del proceso de transformación digital de la economía española.

REFERENCIAS

- Attaran, M. (2021).** *The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 12(2), 1521–1553.*
- Alkholidi, A., Hamam, H., Alsharabi, N. A., & Alshammari, T. S. (2023).** *The 5G wireless technology and a significant economic growth and sustainable development. En Proceedings of the 2023 International Conference on Smart Computing and Application (ICSCA) (pp. 20–27). IEEE.*
- Corujo, D. N., Quevedo, J., Aguiar, R., Paixão, P., Martins, H., & Gomes, Á. (2021).** *An economic assessment of the contributions of 5G into the railways and energy sectors. Research Square (preprint).*
- Eisenach, J. A., & Kulick, R. (2020).** *Economic impacts of mobile broadband innovation: Evidence from the transition to 4G. SSRN Electronic Journal.*
- Folorunsho, S. O., Adenekan, O. A., Ezeigweneme, C., Somadina, I. C., & Okeleke, P. A. (2024).** *The transformative impact of 5G technology on business operations and industry innovation. International Journal of Frontiers in Engineering and Technology Research, 7(1), 33–52.*
- Forge, S., & Blackman, C. (2017).** *Europe's 5G field of dreams: If we build it, will they come? Digital Policy, Regulation and Governance, 19(3), 214–229.*
- Gohar, A., & Nencioni, G. (2021).** *The role of 5G technologies in a smart city: The case for intelligent transportation system. Sustainability, 13(9), 5188.*

- Ionescu, C. A., Fülöp, M. T., Topor, D. I., Căpușneanu, S., Breaz, T. O., Stănescu, S. G., & Coman, M. D. (2021).** *The new era of business digitization through the implementation of 5G technology in Romania. Sustainability, 13(23), 13401.*
- Kshetri, N. (2019).** *The economics of the fifth generation cellular network. IT Professional, 21(2), 77–81.*
- Smail, G., & Jia, W. (2017).** *Techno-economic analysis and prediction for the deployment of 5G mobile network. En Proceedings of the 2017 International Conference on Computer and Communications (ICCC) (pp. 9–16). IEEE.*
- Smoljić, H., Jelovac, D., & Globočnik Žunac, A. (2024).** *5G technology and its impact on the global economic landscape. Tehnički glasnik (Technical Journal), 18(4), 638–645.*
- Javaid, M. A. (2013).** *5G technologies: Fundamental shift in mobile networking philosophy. SSRN Electronic Journal.*
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024).** *Datos socioeconómicos municipales.*
- Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. (2024).** *Datos sobre el despliegue de infraestructuras digitales (5G).*