

EI

ECONOMÍA INDUSTRIAL

438

Ministerio de Industria
y Turismo

**TRANSFORMACIÓN
INDUSTRIAL SOSTENIBLE**

economía industrial

RESUMEN/ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	11

TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL SOSTENIBLE

Presentación

<i>Jordi HEREU</i>	15
--------------------	----

Política industrial, competitividad y autonomía estratégica europea

<i>The revitalization of industrial policy in Europe</i> <i>Mario VANELLA</i>	17
<i>America innovates, China replicates, Europe regulates: how to protect our firms from external threats</i> <i>Barbara KOLM</i>	29
<i>Productivity and competitiveness in Europe</i> <i>Ashok KAUL</i>	39

Doble transición ecológica y digital

Los incentivos a la inversión para la descarbonización industrial en la UE y los EE. UU. ¿Existe margen de mejora? <i>Macarena LARREA BASTERRA y Stephanía MOSQUERA LÓPEZ</i>	53
<i>Mobilizing Europe's economy: strategic investment schemes to close the innovation gap in times of crisis</i> <i>Jörg MAHLICH</i>	67
<i>Emergence and evolution of Research, Technology Organizations (RTOs) in the Basque Country. A systemic and evolutionary perspective</i> <i>Miriam RUIZ YÁNIZ y Juan Carlos SALAZAR ELENA</i>	79
Políticas públicas y digitalización para la sostenibilidad empresarial: estrategias, desafíos y recomendaciones <i>Juan Carlos SOSA VARELA</i>	91

Ecosistemas territoriales y rutas de transformación sectorial

La industria energética: nuestra fortaleza <i>José Ignacio HORMAECHE</i>	105
<i>Effective industrial policies to transform industries facing negative externalities</i> <i>Emanuele BRACCO</i>	119
Estrategias de gestión pública y privada para mitigar los efectos negativos del turismo <i>Laura VIDAL SERRANO, Beatriz NARBONA REINA y Luis RUBIO ANDRADA</i>	131

Casos de estudio

Agua de mar como fuente sostenible de agua y recursos estratégicos <i>Víctor MONSALVO, Juan ARÉVALO, Javier HERNÁNDEZ, Alejandro CRUZ, Yolanda BARAHONA y Naiara HERNÁNDEZ</i>	141
<i>Building capacity for net zero transition through a place-based approach to business support eco-system</i> <i>Polina BARANOVA y Nicola LYNCH</i>	155

COLABORACIONES

El crecimiento económico impulsado por la innovación: premio nobel de economía 2025 concedido a Mokyr, Aghion y Howitt

Antonio HIDALGO NUCHERA

169

Economic activity and patents

Carlos TURMO BLANCO

177

LIBROS

Crítica de libros

195

Selección bibliográfica

203

ECONOMÍA INDUSTRIAL no se solidariza necesariamente con las opiniones expuestas en los artículos que publica, cuya responsabilidad corresponde exclusivamente a sus autores

ECONOMÍA INDUSTRIAL

Director

Javier Muñoz Carabias

Redactor Jefe

Antonio Moreno-Torres Gálvez

Redacción

David Romeral Jiménez

Administración

M^a Soledad Leñador Cueto

CONSEJO DE REDACCIÓN

Ángel Arcos Vargas, *Universidad de Sevilla*

Eduardo Bueno Campos, *AECA*

Guillem Carnes Vendrell, *MINTUR*

Diego Crescente de Antonio, *Escuela de Organización Industrial*

Amaya Erro Garcés, *Universidad Pública de Navarra*

Jordi García Brustenga, *MINTUR*

Nuria García González, *MINTUR*

Pablo Garde Lobo, *MINTUR*

José Luis Hervás Oliver, *Universidad Politécnica de Valencia*

Antonio Hidalgo Nuchera, *Universidad Politécnica de Madrid*

Ester Martínez Ros, *Universidad Carlos III de Madrid*

María Ángeles Montoro Sánchez, *Universidad Complutense de Madrid*

Patricio Morcillo Ortega, *Universidad Autónoma de Madrid*

Ana Moreno Romero, *Universidad Politécnica de Madrid*

Amadeo Petitbó Juan, *Fundación Rafael del Pino*

María del Pilar Poncela Blanco, *Universidad Autónoma de Madrid*

Elisa Rodríguez Ortiz, *Oficina Española de Patentes y Marcas*

María Paz Salmador Sánchez, *Universidad Autónoma de Madrid*

Rosario Sánchez Grau, *MINTUR*

Vicent Soler i Marco, *Universidad de Valencia*

DIRECCIÓN Y REDACCIÓN:

Castellana, 160, 9.ª planta

28071 Madrid

Teléf. 91 349 46 73 - 48 29

Fax 91 349 47 13

E-mail: economiaindustrial@mintur.es

Ministerio de Industria y Turismo.

www.economiaindustrial.es

EDICIÓN, DISTRIBUCIÓN,

PUBLICIDAD Y SUSCRIPCIONES:

Centro de Publicaciones del

Ministerio de Industria y Turismo

Panamá, 1

Teléf. 91 349 51 29

Correo:

CentroPublicaciones@mintur.es

28036 Madrid

PRECIO DEL EJEMPLAR:

España, 15,00 € (+ IVA)

Unión Europea, 15,00 € (+ IVA)

Resto mundo, 15,00 € (+ IVA)

ISSN: 0422-2784

e-ISSN: 2444-4324

DEPÓSITO LEGAL: M 1227-1964

NIPO (papel): 217-24-005-2

NIPO (línea): 217-24-006-8

PORTADA: MANATO, S.L

DISEÑO: M. Luisa G. Guardia

IMPRIME: Gráficas Solana, S.A.U.

RESUMEN/ABSTRACT

MARIO VANELLA

THE REVITALISATION OF INDUSTRIAL POLICY IN EUROPE

Este artículo examina las lecciones clave que Europa puede aprender de la experiencia de Estados Unidos y de economías asiáticas como Singapur, Hong Kong, Japón, Taiwán y Corea del Sur, así como de crisis pasadas como la crisis financiera de 2007/2008 y la pandemia del COVID-19. Explora cómo las mejores prácticas en política industrial pueden adaptarse al contexto europeo. También evalúa el potencial de una política industrial al estilo de la *Bidenomics* en la UE y cómo podría equilibrarse con el mantenimiento de la soberanía federal de los Estados miembros.

Palabras clave: Política industrial, *Bidenomics*, crecimiento económico, UE, competitividad

This paper examines the key lessons on industrial policy Europe can learn from the experiences of the United States and East Asian economies such as Singapore, Hong Kong, Japan, Taiwan and South Korea, as well as past crises such as the 2007/8 financial crisis and the COVID-19 pandemic. It explores how best practices can be adapted to Europe's context. It also evaluates the potential for a Bidenomics-style industrial policy in the EU and how this could be balanced with member states maintaining federal sovereignty.

Keywords: Industrial policy, *Bidenomics*, economic growth, EU, competitiveness

BARBARA KOLM

AMERICA INNOVATES, CHINA REPLICATES, EUROPE REGULATES: HOW TO PROTECT OUR FIRMS FROM EXTERNAL THREATS

Este artículo explora cómo EE.UU. y Europa pueden cooperar en el desarrollo de una política industrial maximizando la eficien-

cia económica y salvaguardando los valores occidentales. Examina estrategias para establecer igualdad de condiciones a escala mundial, abordando la competencia desleal y equilibrando la apertura de los mercados con la resistencia económica. Además, analiza cómo la UE puede fomentar la innovación a nivel nacional sin recurrir al proteccionismo. El estudio resalta la importancia de alinear las políticas para mejorar la competitividad, promover el comercio justo y garantizar el avance tecnológico, manteniendo el compromiso con los principios democráticos y la apertura económica.

Palabras clave: China, proteccionismo, igualdad de condiciones, competitividad, innovación

This paper explores how the US and Europe can position themselves to remain open to free trade while safeguarding Western values. It examines strategies to establish a global level playing field, addressing unfair competition and balancing open markets with reducing excessive dependence on specific players. Additionally, it analyzes how the EU can protect domestic markets and foster innovation without resorting to protectionism. The study emphasizes the importance of aligning policies between the US and Europe to enhance competitiveness, promote fair trade, and ensure technological advancement, while maintaining a commitment to shared democratic principles and economic openness.

Keywords: China, protectionism, level playing field, competitiveness, innovation

ASHOK KAUL

PRODUCTIVITY AND COMPETITIVENESS IN EUROPE

Este artículo analiza estrategias para mejorar la productividad total de los factores, laboral y del capital en la UE. Destaca cómo la innovación, digitalización y asignación eficiente de recursos impulsan la producti-

vidad total de los factores, mientras que la mejora de cualificaciones y políticas laborales refuerzan la productividad del trabajo. Para el capital, se prioriza la inversión en tecnología e infraestructuras, enfocándose en el mercado local para fortalecer la resiliencia económica y reducir la dependencia global. Además, el estudio resalta las fortalezas de la UE, como su mano de obra cualificada y mercado integrado, proponiendo políticas para aprovechar estas ventajas.

Palabras clave: Productividad total de los factores, productividad del trabajo, productividad del capital, competitividad, mano de obra

This paper examines strategies to improve total factor productivity, labor productivity, and capital productivity in the EU. It explores how innovation, digitalization, and efficient resource allocation can enhance total factor productivity, while upskilling and better labor market policies can boost labor productivity. For capital productivity, the focus is on optimizing investment in technology and infrastructure, with an emphasis on localization to strengthen regional economic resilience and reduce dependency on global supply chains. The study highlights the EU's strengths, such as its skilled workforce and integrated market, and proposes targeted policies to mobilize these advantages

Keywords: Total factor productivity, labor productivity, capital productivity, competitiveness, labor force

**MACARENA LARREA BASTERRA Y
STEPHANÍA MOSQUERA LÓPEZ**

LOS INCENTIVOS A LA INVERSIÓN PARA LA DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL EN LA UE Y LOS EE. UU. ¿EXISTE MARGEN DE MEJORA?

Europa ha perdido competitividad debido, entre otros, a la disminución de la productividad, la reducida I+D, la deslocalización de la industria y el establecimiento de restricciones climáticas y medioambientales. Dada la importancia de la descarbonización y la sostenibilidad medioambiental in-

dustrial, este trabajo detalla los incentivos a la inversión en tecnologías limpias que se están desarrollando la Unión Europea y la estrategia adoptada por los Estados Unidos con su Ley de Reducción de la Inflación (IRA) para promover inversiones y modernizar su economía, haciendo énfasis en cómo las elecciones de 2024 han marcado un punto de inflexión para ambos bloques.

Palabras clave: Incentivos a la inversión, tecnologías limpias, IRA, competitividad, descarbonización

Europe has lost competitiveness due to, among others, declining productivity, reduced R&D, industrial relocation, and the establishment of climate and environmental constraints. Given the importance of decarbonization and industrial environmental sustainability, this paper details the incentives for investment in clean technologies that the European Union is developing and the strategy adopted by the United States with the Inflation Reduction Act to promote investments and modernize its economy, emphasizing how the 2024 elections have marked a turning point for both blocs.

Keywords: Investment incentives, clean technologies, IRA, competitiveness, decarbonization

JÖRG MAHLICH

MOBILIZING EUROPE'S ECONOMY: STRATEGIC INVESTMENT SCHEMES TO CLOSE THE INNOVATION GAP IN TIMES OF CRISIS

Este artículo explora cómo la UE puede cerrar su brecha de inversión con EE.UU. y China mediante la movilización de recursos, como subrayó el expresidente del BCE Mario Draghi. Examina las opciones de inversión que fomentan la innovación y el crecimiento económico al tiempo que mitigan el riesgo de una recesión más profunda. El estudio evalúa la eficacia de diversas políticas y valora su viabilidad política. Identificando estrategias para alinear las prioridades económicas con las realidades

políticas, el documento ofrece una hoja de ruta para impulsar la inversión, mejorar la competitividad y garantizar un crecimiento sostenible en la UE.

Palabras clave: Inversión, recesión, crecimiento económico, innovación, financiamiento

This paper explores how the EU can close its investment gap with the US and China by mobilizing resources despite the economic slowdown, as emphasized by former ECB President Mario Draghi. It examines investment options that foster innovation and economic growth while mitigating the risk of a deeper recession. The study evaluates the effectiveness of various approaches and assesses their feasibility. By identifying strategies to align economic priorities with political realities, the paper provides a roadmap for boosting investment, enhancing competitiveness, and ensuring sustainable growth in the EU.

Keywords: Investment, recession, economic growth, innovation, funding

MIRIAM RUIZ YÁÑIZ Y JUAN CARLOS SALAZAR ELENA

EMERGENCE AND EVOLUTION OF RESEARCH, TECHNOLOGY ORGANIZATIONS (RTOS) IN THE BASQUE COUNTRY. A SYSTEMIC AND EVOLUTIONARY PERSPECTIVE

Estudio del rol de los OIT en el fomento de la actividad innovadora empresarial y el fortalecimiento del ecosistema regional de innovación en el País Vasco. La activación efectiva de las OIT depende de determinados factores contextuales que condicionan su papel y contribución. Mediante la adopción de una perspectiva sistémica y evolutiva, analiza los fundamentos de las políticas, junto con la evolución institucional, en diferentes etapas y observa indicadores de rendimiento de la innovación regional y empresarial. Dicha integración de perspectivas permite comprender cómo la política pública, las instituciones intermediarias y la industria impulsan el rendimiento de la innovación regional.

Palabras clave: Organismos de Investigación Tecnológica (OIT), organismo intermedio, sistema regional de innovación, capacidad innovadora, política pública de innovación

Study of RTOs' pivotal role in fostering business innovative activity and strengthening the regional innovation ecosystem in the Basque Country. The effective activation of RTOs is contingent upon context-specific factors that shape their role and contribution. By adopting a systemic and evolutionary perspective, the study traces the trajectory of STI policy rationales and evaluates the specific RTOs' contributions across different stages combining historical policy analysis, institutional evolution and assessment of regional innovation performance indicators. The integration of qualitative policy insights with quantitative performance metrics offers a holistic understanding of how public policy, intermediary institutions, and industry drive regional innovation performance.

Keywords: Research Technology Organizations (RTOs), intermediary organization, regional innovation system, innovative capacity, public innovation policy

JUAN CARLOS SOSA VARELA

POLÍTICAS PÚBLICAS Y DIGITALIZACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL: ESTRATEGIAS, DESAFÍOS Y RECOMENDACIONES

Este artículo analiza el impacto de las políticas públicas en la digitalización como estrategia para la sostenibilidad empresarial. Se examinan casos de regulaciones exitosas y su impacto en la eficiencia, el cumplimiento ambiental y la competitividad de las empresas. Se destacan modelos de transformación digital que impulsan la economía circular y el uso responsable de los recursos, así como las barreras regulatorias y operativas que enfrentan las organizaciones. Finalmente, se presentan recomendaciones para mejorar la sinergia entre regulación, innovación tecnológica y desarrollo sostenible.

Palabras clave: Políticas Públicas, Digitalización, Sostenibilidad Empresarial, Regulación, Innovación Tecnológica

This article analyzes the impact of public policies on digitalization as a strategy for business sustainability. It examines successful regulatory cases and their effects on efficiency, environmental compliance, and business competitiveness. The study highlights digital transformation models that drive the circular economy and responsible resource use, as well as regulatory and operational barriers faced by organizations. Finally, recommendations are presented to improve the synergy between regulation, technological innovation, and sustainable development.

Keywords: Public Policies, Digitalization, Business Sustainability, Regulation, Technological Innovation

JOSÉ IGNACIO HORMAECHE

LA INDUSTRIA ENERGÉTICA: NUESTRA FORTALEZA

Los beneficios económicos y sociales de la transición energética para un país o región se conseguirán en la medida en que las nuevas inversiones necesarias (plantas renovables, redes e infraestructuras energéticas, equipamientos de consumo energético, ...) se transformen en actividad industrial y creación de empleo para las empresas localizadas en el país. En consecuencia, desde el Clúster de Energía venimos proponiendo desde hace años utilizar las inversiones para la transición energética como elemento tractor del desarrollo tecnológico e industrial, promoviendo y apoyando de forma prioritaria aquellas tecnologías y proyectos que permitan aprovechar y reforzar las fortalezas y capacidades industriales de las cadenas de valor locales.

Palabras clave: Inversiones transición energética, capacidades industriales, desarrollo tecnológico

The economic and social benefits of the energy transition for a country or region will mainly be achieved as long as the necessary new investments (renewable generation plants, networks and infrastructure, energy consumption equipment ...) are

transformed into industrial activity and job creation for local companies. Therefore, the Basque Energy Cluster states that energy transition investments should be incentivized as drivers for technological and industrial development, promoting and prioritizing technologies and projects that take advantage of the strengths and manufacturing capacities of local value chains.

Keywords: Energy transition investments, manufacturing capacities, technological development

EMANUELE BRACCO

EFFECTIVE INDUSTRIAL POLICIES TO TRANSFORM INDUSTRIES FACING NEGATIVE EXTERNALITIES

Este artículo identifica los sectores perjudiciales que generan externalidades negativas, como la degradación del medio ambiente, los riesgos para la salud pública y las desigualdades sociales, y examina sus efectos en la sociedad. Este estudio diferencia entre sectores en función de la escala y la urgencia de sus externalidades, proponiendo criterios para la priorización política. El estudio explora cómo la política industrial puede abordar estos sectores a través de medidas que incluyan reformas normativas e incentivos fiscales que mitiguen las externalidades perjudiciales al tiempo que fomentan una transformación industrial sostenible.

Palabras clave: Transformación industrial, externalidades, política industrial, regulación, medio ambiente

This paper identifies harmful sectors that generate negative externalities, such as environmental degradation, public health risks and social inequalities, and examines their impacts on society. It differentiates between sectors based on the scale and urgency of their externalities, proposing criteria for political prioritization. The study explores how industrial policy can address these sectors through measures including regulatory reforms and fiscal incentives that mitigate harmful externalities while fostering sustainable industrial transformation.

Keywords: *Industry transformation, externalities, industrial policy, regulation, environment*

LAURA VIDAL SERRANO, BEATRIZ NARBONA REINA Y LUIS RUBIO ANDRADA

ESTRATEGIAS DE GESTIÓN PÚBLICA Y PRIVADA PARA MITIGAR LOS EFECTOS NEGATIVOS DEL TURISMO

El turismo es un motor económico fundamental generador de empleo y desarrollo, pero también conlleva desafíos que deben gestionarse adecuadamente. El crecimiento del turismo puede impulsar la inversión y dinamizar las comunidades receptoras, pero su masificación genera, entre otras, preocupaciones en torno al acceso a la vivienda, las condiciones laborales y el impacto ambiental. En algunas ciudades, estos efectos provocan tensiones sociales y aumentos en el coste de la vida. Para maximizar los beneficios del turismo y mitigar sus impactos negativos, es esencial diseñar políticas públicas y privadas que fomenten un modelo sostenible, garantizando el bienestar a residentes y visitantes.

Palabras clave: Turismo, Sostenibilidad, Desarrollo Turístico, Impactos, Gestión de destinos

Tourism is a key economic driver that generates employment and development, but it also presents challenges that must be properly managed. While tourism growth can boost investment and revitalize host communities, its massification raises concerns about housing access, working conditions, and environmental impact. In some cities, these effects lead to social tensions and increased living costs. To maximize tourism's benefits and mitigate its negative impacts, it is essential to design public and private policies that promote a sustainable model, ensuring the well-being of both residents and visitors.

Keywords: *Tourism, Sustainability, Tourism Development, Impacts, Destination Management*

VÍCTOR MONSALVO, JUAN ARÉVALO, JAVIER HERNÁNDEZ, ALEJANDRO CRUZ, YOLANDA BARAHONA Y NAIARA HERNÁNDEZ

AGUA DE MAR COMO FUENTE SOSTENIBLE DE AGUA Y RECURSOS ESTRATÉGICOS

El agua de mar, que cubre más del 70% de la superficie terrestre, se presenta como una solución sostenible para la escasez de agua dulce. A través de la desalinización, es posible convertir el agua salada en potable, beneficiando a regiones con limitados recursos hídricos. Además, el agua de mar contiene minerales valiosos como el magnesio y el litio, esenciales para diversas industrias tecnológicas. Aprovechar estos recursos de manera eficiente y sostenible puede contribuir significativamente a la seguridad hídrica y al desarrollo económico global, posicionando al agua de mar como un recurso estratégico clave para el futuro.

Palabras clave: Agua, desalinización, mar, salmuera, valorización

Seawater covers more than 70% of the earth's surface, is presented as a sustainable solution for freshwater scarcity. Seawater desalination plants transform salt water into drinking water, benefiting regions with limited water resources. In addition, seawater contains valuable minerals such as magnesium and lithium, essential for various industries. Harnessing these resources efficiently and sustainably can contribute significantly to water security and global economic development, positioning seawater as a key strategic resource for the future.

Keywords: *Water, desalination, sea, brine, valorization*

POLINA BARANOVA Y NICOLA LYNCH

BUILDING CAPACITY FOR NET ZERO TRANSITION THROUGH A PLACE-BASED APPROACH TO BUSINESS SUPPORT ECO-SYSTEM

La transición hacia las cero emisiones netas presenta desafíos significativos, así como oportunidades para que las empresas lideren la transformación industrial verde. La

política regional y el ecosistema de apoyo empresarial juegan un papel fundamental en permitir que las empresas desarrollen capacidad para la transición hacia las cero emisiones netas. El apoyo empresarial externo eficaz debe acelerar la adopción de las oportunidades de cero emisiones netas en los mercados nacionales e internacionales. El estudio de caso explora enfoques basados en la demanda y la oferta para los instrumentos políticos para las cero emisiones netas en las *Midlands* (Reino Unido). Sostenemos la utilización de un enfoque basado en el lugar para apoyar el desarrollo del ecosistema de cero emisiones. Se desarrollan varias proposiciones sobre prioridades, mecanismos y medidas de apoyo empresarial regional efectivo para las cero emisiones netas.

Palabras clave: Cero emisiones netas, basado en el lugar, ecosistema de apoyo empresarial, políticas públicas, transición a cero emisiones netas

The net zero transition presents significant challenges as well as opportunities for businesses to lead the green industrial transformation. Regional policy and business support ecosystem plays a pivotal role in enabling businesses to develop capacity for net zero transition. Effective external business support must accelerate the uptake of the net zero opportunities at domestic and international markets. The case study explores demand and supply based approaches to policy instruments for net zero in the Midlands (UK). We argue utilisation of a place-based approach to supporting net zero eco-system development. Several propositions about priorities, mechanisms and measures of the effective regional net zero business support are developed.

Keywords: Net zero, place-based, business support eco-system, policy, net zero transition

ANTONIO HIDALGO NUCHERA

EL CRECIMIENTO ECONÓMICO IMPULSADO POR LA INNOVACIÓN: PREMIO NOBEL DE ECONOMÍA 2025 CONCEDIDO A MOKYR, AGHION Y HOWITT

La Real Academia Sueca de Ciencias ha otorgado el Premio Nobel de Ciencias Eco-

nómicas del año 2025 a los profesores Joel Mokyr, Philippe Aghion y Peter Howitt “por haber explicado el crecimiento económico impulsado por la innovación”. La mitad del premio ha correspondido a Joel Mokyr “por haber identificado los prerrequisitos para un crecimiento sostenido a través del progreso tecnológico”, y la otra mitad conjuntamente a Philippe Aghion y Peter Howitt “por la teoría del crecimiento sostenido a través de la destrucción creativa”.

Palabras clave: Innovación, crecimiento económico, destrucción creativa

The Royal Swedish Academy of Sciences has awarded the 2025 Nobel Prize in Economic Sciences to Professors Joel Mokyr, Philippe Aghion, and Peter Howitt “for their contributions to explaining innovation-driven economic growth”. Half of the prize was awarded to Joel Mokyr “for identifying the prerequisites for sustained growth through technological progress”, and the other half jointly to Philippe Aghion and Peter Howitt “for their theory of sustained growth through creative destruction”.

Keywords: Innovation, economic growth, creative destruction

CARLOS TURMO BLANCO

ECONOMIC ACTIVITY AND PATENTS

Presentamos los resultados de un estudio empírico realizado mediante el cruce de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) asignada a las patentes publicadas en España con las clasificaciones de actividad económica de las empresas titulares de dichas patentes. Este enfoque permite correlacionar la actividad económica con la innovación tecnológica. En estudios anteriores publicamos resultados sobre la relación entre la actividad económica y las marcas. En esos trabajos, se compararon las clasificaciones de Niza de las marcas con las clasificaciones económicas de las empresas titulares de dichas marcas. Las estadísticas basadas en la teoría de la información han sido fundamentales para caracterizar estas clasificaciones y analizar sus relaciones. La teoría de la información ofrece diversos

parámetros para medir la entropía y la información, lo que nos permite desarrollar herramientas estadísticas intuitivas para su análisis. Estas herramientas se aplican aquí a las patentes y la actividad económica en base a sus clasificaciones. Relacionar la actividad económica con las patentes ha sido un objetivo importante para los responsables de la política de innovación; nuestro trabajo aporta claridad sobre este asunto.

Palabras clave: Patentes, actividad económica, clasificación CNAE, clasificación de Niza, relación actividad económica y patentes, teoría de la información

We present the results of an empirical study conducted by cross-referencing the International Patent Classification (IPC) assigned to Spanish published patents with the economic activity classifications of the firms that hold these patents. This approach allows us to correlate economic activity with technological innovation. In

previous studies we have published results on the relationship between economic activity and trademarks. In those studies, the Nice classifications of trademarks were compared to the economic classifications of the firms. Statistics from information theory have been instrumental in characterizing these classifications and analysing the relationships between them. Information theory offers various parameters for measuring entropy and information, thereby enabling us to develop intuitive statistical tools for analysing the classifications. These tools are applied here to patents and economic activity classifications. Relating economic activity to patents has been a significant objective for policymakers in innovation; our work sheds light on this subject

Keywords: Economic activity, NACE classification, IPC classification, relationship economic activity and patents, information theory

Los índices y abstracts de Economía Industrial se incluyen en las bases de datos e índices on line de la **American Economic Association** y en su publicación especializada **ECONLIT**, editada por el **Journal of Economic Literature**. A la consulta de sus 200.000 registros, entre los que se encuentran 300 revistas —100 fuera de Estados Unidos—, recurren estudiantes, investigadores y profesores de todo el mundo económico.

Los contenidos de Economía Industrial también están disponibles en la red Internet, en la dirección **www.economiaindustrial.es**

PRINCIPIOS EDITORIALES (EXTRACTO)

Naturaleza. ECONOMÍA INDUSTRIAL es una **publicación oficial**, fundada en 1964, que con periodicidad **trimestral** se edita en el marco del programa editorial del Ministerio de Industria y Turismo. Como tal, tiene una clara vertiente de **servicio público**.

Misión. ECONOMÍA INDUSTRIAL, teniendo a la sociedad civil en general como público objetivo, reconoce como misión la de ser **foro de reflexión, prescripción y rendición de cuentas** para una mejor formulación de las **políticas públicas del ámbito competencial del Ministerio de Industria y Turismo** y otras relacionadas, por medio de la **transferencia de conocimiento, experiencias y opiniones** entre los mundos **académico, empresarial y de las administraciones públicas** y desde estos a la sociedad en general, que aproximen aquellas a la realidad práctica en cualquiera de las etapas de su ciclo (análisis, diseño, implementación y evaluación).

Todo ello en aras a un proceso más transparente, participativo, informado y fundamentado en evidencias.

Áreas temáticas. ECONOMÍA INDUSTRIAL trata el amplio espectro de cuestiones objeto de la disciplina homónima, entendida en un sentido amplio y desde una perspectiva aplicada, ya sea horizontal o sectorial. De esta manera, sus áreas temáticas podrán referirse a las dimensiones productiva, tecnológica, económica, competitiva, regulatoria, jurídica y social, tanto de la industria propiamente dicha, como de los servicios que se prestan en base a una componente eminentemente industrial.

Opiniones vertidas. ECONOMÍA INDUSTRIAL no se solidariza necesariamente con las opiniones expuestas en los artículos que publica, cuya responsabilidad corresponde exclusivamente a sus autores.

INTRODUCCIÓN

En pleno ecuador de la década de 2020, Europa se enfrenta a una triple encrucijada: asegurar su autonomía estratégica, liderar la transición climática y recuperar la productividad perdida frente a Estados Unidos y China. Tras la pandemia, la crisis energética y la fragmentación geopolítica, la cuestión ya no es si la Unión Europea (UE) necesita una nueva política industrial, sino cómo articularla con criterios de sostenibilidad, agilidad regulatoria y cohesión territorial. Este monográfico de **Economía Industrial**, titulado “Transformación industrial sostenible”, responde a esa urgencia. Bajo la coordinación del profesor **Juan Ramón Campos Blázquez**, de la Universidad Autónoma de Madrid, y del profesor **José María Visconti Caparrós**, de ESIC Business & Marketing School, doce contribuciones académicas y profesionales ofrecen un panorama integral de los instrumentos, las instituciones y los sectores llamados a protagonizar la nueva revolución industrial europea.

Este número está estructurado en cuatro bloques en los que se presentan tanto análisis detallados y estudios analíticos como artículos de opinión, reflexiones y casos de estudio, que avanzan desde el marco general hasta la aplicación práctica. Con este propósito se configura este trabajo que abre el Ministro de Industria y Turismo **Jordi Hereu** con un artículo a modo de presentación en el comparte su visión sobre una cuestión tan central en la cartera que dirige como es la de la transformación industrial sostenible.

Los artículos que conforman el primer bloque, enfocados en repensar la política industrial, la competitividad y la autonomía estratégica europea, enfatizan la necesidad de rediseñar la intervención pública para recuperar productividad, autonomía estratégica e innovación en la UE. Cada artículo, desde ángulos distintos, cuestiona los marcos vigentes y propone ajustes de gobernanza, regulación e incentivos. Con distintas ópticas, los tres trabajos coinciden en que la competitividad comienza “en casa”, con reglas claras, instituciones ágiles y un mercado interior verdaderamente funcional. La apertura de este bloque corre a cargo de **Mario Vanella**, quien propone pasar de la dicotomía “Estado vs. Mercado” a un modelo de intervención catalítica sustentado en subsidiariedad, gobernanza experimental y métricas de misión para cerrar la “paradoja de la innovación” europea. A continuación, **Barbara Kolm** describe un trilema europeo de sobreregulación, estancamiento productivo y dependencia externa que como remedios para la atracción del capital necesario ha de contemplar la culminación de la “Unión de Mercados de Capitales” y una reducción del *red tape*. Cierra el bloque **Ashok Kaul** con su marco R.A.I.S.E. (Reskill, Allocate, Innovate, Scale, Execute), un itinerario para revertir el estancamiento de la productividad y reactivar la convergencia con los líderes mundiales.

El segundo bloque examina quién costea la doble transición ecológica y digital, con cuatro artículos que en conjunto trazan una hoja de ruta que convierte aquella en ventaja competitiva y no en carga regulatoria. En el primer artículo **Macarena Larrea Basterra** y **Stephanía Mosquera López**, quienes comparan los incentivos a la inversión en tecnologías limpias que se están desarrollando en la UE con la Ley de Reducción de la Inflación norteamericana, identificando medidas regulatorias para garantizar inversiones sostenibles a largo plazo en la UE sin que se incurra en guerras de incentivos que, en una escalada, puedan generar más tensiones. En el segundo artículo **Jörg Mahlich** al comparar los incentivos de Estados Unidos, la UE y China concluye que la movilización de capital a gran escala requiere algo más que simple gasto público, sino instrumentos cuidadosamente orientados que apalanquen la inversión privada, den prioridad a la innovación y apoyen a una amplia base de empresas, lo que exige moverse en una delgada línea que separa la protección de los in-

tereses de la sociedad y el cierre inadvertido de vías tecnológicas prometedoras. En el tercer artículo **Miriam Ruiz Yániz** y **Juan Carlos Salazar Elena** analizan cómo los centros tecnológicos vascos, actuando como organizaciones de investigación y tecnología (RTO), duplican la intensidad de contratos de I+D respecto a la media estatal y acercan la transición verde, digital e inclusiva a cientos de PYMEs con baja capacidad interna de innovación. Por último, **Juan Carlos Sosa Varela** conecta la agenda verde y la digital (*twin transition*), subrayando que la política pública debe alinear incentivos, estándares de interoperabilidad y formación de talento digital-verde para que la reducción de emisiones llegue realmente a las PYMEs.

El tercer bloque profundiza en los ecosistemas territoriales y las rutas de transformación sectorial. En el primer artículo **José Ignacio Hormaeche** muestra cómo la estrategia EnergiBasque convierte la transición energética en palanca de reindustrialización y exportación para más de 400 empresas. En el segundo artículo, desde una óptica microeconómica, **Emanuele Bracco** analiza industrias con fuertes externalidades negativas y muestra que un equilibrio entre impuestos pigouvianos con herramientas complementarias, tales como inversión pública selectiva, incentivos a la innovación y reforma reglamentaria, permitirá a la UE alcanzar el doble objetivo de reducir externalidades negativas y revitalizar su base industrial para la sostenibilidad económica y medioambiental a largo plazo. Por su parte, **Laura Vidal Serrano**, **Beatriz Narbona Reina** y **Luis Rubio Andrada** proponen modelos de gobernanza colaborativa capaces de mitigar la turismofobia y transformar destinos saturados en referentes de turismo regenerativo, combinando valor social y ambiental.

El cuarto y último bloque de este monográfico analiza dos casos de estudio que convergen en el mensaje de que la política industrial solo genera valor cuando se adapta a las capacidades locales y al tejido sectorial concreto. El primer caso presentado por **Víctor Monsalvo**, **Juan Arévalo**, **Javier Hernández**, **Alejandro Cruz**, **Yolanda Barahona** y **Naiara Hernández**, muestra cómo la valorización de salmueras en plantas desaladoras permite recuperar litio y magnesio, refuerza la autonomía europea en materias primas críticas e incorpora economía circular al ciclo del agua. En el segundo caso, las autoras **Polina Baranova** y **Nicola Lynch** documentan que los programas *place-based* del East Midlands (Reino Unido) de apoyo empresarial son críticos para que las PYMEs puedan adoptar tecnologías “cero emisiones” mediante formación especializada, alianzas multiactor y plataformas digitales, mejorando simultáneamente productividad y emisiones.

SOBRE LOS COORDINADORES

JUAN RAMÓN CAMPOS BLÁZQUEZ es profesor, investigador y coordinador académico del MBA oficial en el Departamento de Organización de Empresas de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Además, es codirector del Programa Executive en Dirección de la Innovación de la Fundación de la UAM (FUAM) y profesor visitante en varias Escuelas de Negocio. En el ámbito académico, posee un Doctorado en Economía y Gestión de la Innovación (DEGIN) por la UAM, la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). También cuenta con un Executive MBA en eBusiness por IE Business School, un Programa de Desarrollo Directivo (PDD) por IESE Business School de la Universidad de Navarra, una licenciatura en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y una licenciatura en Ciencias Geológicas por la UCM.

JOSÉ MARÍA VISCONTI CAPARRÓS es Director de Máster en Marketing Digital y Negocio Digital en ESIC Business & Marketing School y profesor invitado en diversas Escuelas de Negocio. Investigador en líneas de innovación, inteligencia artificial y ecosistemas digitales de negocio. En el ámbito académico, es Doctor en Economía y Empresa por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), licenciado en Ciencias Económicas por la UAM, PDC en ESADE, licenciado en Derecho por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y Diplomado en Derecho Laboral por la Escuela de Práctica Jurídica de Madrid (UCM).

TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL SOSTENIBLE

PRESENTACIÓN

HACIA UNA INDUSTRIA SOSTENIBLE: LA TRANSFORMACIÓN QUE ESPAÑA NECESITA

JORDI HEREU

Ministro de Industria y Turismo

Las Naciones Unidas resaltan, en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 9, la necesidad de promover la industria sostenible. Los motivos son muchos, y entre ellos, destacaría el fomento de la innovación, el uso eficiente de los recursos en cada uno de sus procesos y la competitividad que alcanza este tipo de industria.

La industria sostenible surge, por tanto, como una respuesta que transforma los modelos tradicionales de producción, con el fin de minimizar el impacto ambiental y optimizar el uso de los recursos. Esto implica adoptar tecnologías limpias, reducir el consumo de recursos, disminuir las emisiones de carbono y gestionar adecuadamente los residuos, entre otras prácticas.

Dentro de este proceso de adaptación a una industria sostenible, hay que tener en cuenta tres pilares fundamentales, que logran un equilibrio entre la rentabilidad y el bienestar ambiental.

En primer lugar, destacaría el pilar ambiental, que implica reducir las emisiones de carbono, gestionar eficientemente el uso de recursos naturales, como el agua y la energía, y adoptar prácticas para minimizar y reciclar los desechos.

Luego está el pilar económico, con el objetivo de optimizar recursos, reducir costos mediante la eficiencia energética y promover modelos de negocio innovadores que se adapten a los cambios del mercado y a las expectativas de consumidores cada vez más conscientes y responsables.

Por último, hay que tener en cuenta el pilar social, que incluye prácticas de respeto hacia los derechos laborales y promoción de condiciones de trabajo seguras y justas.

La transformación digital ya no es una opción, sino una necesidad estratégica para la supervivencia y el crecimiento de las empresas industriales.

En Europa somos consciente de esta necesidad. Por eso aprobamos el Pacto Industrial Limpio o *Clean Industrial Deal*; una iniciativa de la Comisión Europea para transformar radicalmente el sector industrial en línea con el Pacto Verde Europeo, o *Green Deal*. Su objetivo es avanzar hacia una economía más verde y competitiva mediante tecnologías limpias y la promoción de la sostenibilidad ambiental.

Para lograrlo, el acuerdo propone mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar la economía circular en la industria. En este aspecto, la Comisión Europea ha incidido en la importancia de la colaboración entre gobiernos, empresas y organizaciones internacionales para que la UE lidere este proceso a nivel mundial.

El *Clean Industrial Deal* no sólo tendrá un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, sino que también representa una oportunidad en la competitividad económica de Europa. A medida que los sectores industriales cuentan con tecnologías más limpias y eficientes, esta transposición puede generar 200.000 empleos verdes para 2030, promover la innovación y fortalecer su posición de liderazgo en la economía verde mundial.

En España estamos inmersos en el proceso de descarbonización industrial a través de elementos como el PERTE de Descarbonización Industrial que gestionamos en mi departamento. Con este PERTE cumplimos un compromiso del Gobierno de acompañar a la industria en su proceso de descarbonización para lograr la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero, y mejorar su eficiencia energética con procesos más sostenibles que contribuyan a mejorar su competitividad a nivel internacional.

El proyecto prevé una inversión pública de 3.100 millones de euros que van a permitir movilizar hasta 11.800 millones de euros de inversión total. Las inversiones en descarbonización y modernización de la industria manufacturera impulsadas a través de este PERTE, permitirán incrementar la competitividad del sector en alrededor de un 10% y supondrá la creación de unos 8.000 empleos.

Además, se prevé una reducción de las emisiones que podría alcanzar los 13 millones de toneladas de CO₂ al año.

Otro elemento que hemos puesto sobre la mesa para acompañar a las empresas en el proceso de hacerlas más sostenibles y competitivas es la Ley de Industria y Autonomía Estratégica, que hace hincapié en que la disponibilidad de energía renovable a precios asequibles y el desarrollo de cadenas de valor innovadoras pueden convertir a España en un actor relevante en los sectores industriales de alto valor añadido. La Ley no se limita a poner al día la norma actual, sino que supone un antes y un después de la industria española, a través de nuevos instrumentos de política industrial y gobernanza industrial. Aportará modernización, certidumbre y eficiencia. Tenemos un gran objetivo que es la reindustrialización.

Pero alcanzar esa reindustrialización sostenible, no se logrará si no se apuesta por la digitalización industrial. La transformación digital es una palanca clave para aumentar la eficiencia, reducir el consumo energético y optimizar los procesos industriales. Se calcula que el impacto de su aplicación en la industria será de 16.500 millones de euros en 2025, según la Fundación Repsol.

No cabe duda que apostar por la transición verde traerá nuevas inversiones, mejorará la calidad del empleo, generando puestos de trabajo con más valor añadido, y alcanzaremos una autonomía estratégica fundamental en estos momentos de convulsiones a nivel global. Es un hecho que, reduciendo la dependencia energética exterior, España gana resiliencia frente a crisis externas, como la que padecemos por la guerra de Ucrania.

Tenemos, pues, un gran reto por delante, pero somos conscientes de que no todos los sectores industriales tienen las mismas capacidades para adaptarse al cambio de modelo. Por eso estaremos muy pendientes de ayudas y acompañar a pymes y a regiones menos industrializadas para que nadie se quede atrás.

La transformación industrial sostenible en España no es una utopía, sino una exigencia urgente: para responder a los compromisos climáticos, mejorar la competitividad, crear empleo de calidad y hacer de la industria un motor de crecimiento moderno. Los instrumentos están, como los PERTE, la digitalización o las políticas de reindustrialización. Trabajamos para que su ejecución sea ágil y rápida para que el cambio llegue a todos los actores del ecosistema industrial. Si se hace bien, España podría no solo modernizar su industria, sino convertirse en referente europeo de producción sostenible y de alto valor añadido.

THE REVITALISATION OF INDUSTRIAL POLICY IN EUROPE

MARIO VANELLA

This paper explores the balance between state intervention and market mechanisms in industrial policy, advocating for a nuanced and pragmatic approach that transcends ideology. Analyzing the EU's historical evolution and comparative case studies of the EU, China, and the United States, this paper highlights the need for strategic state intervention that complements and boosts market dynamics. Policy recommendations include establishing an experimental governance framework, resolving the innovation paradox, and conducting a regulatory review based on subsidiarity principles to promote sustainable economic growth in the EU.

Economic governance in general and industrial policy in particular have long been characterized by a fundamental tension between state intervention and market liberalization. This dichotomy, often portrayed as an irreconcilable choice between Smithian free market principles and mercantilist protectionism, has dominated both academic discourse and policymaking. However, the evidence suggests that such binary framing obscures the path toward effective industrial policy. Instead, current economic challenges require a more nuanced analytical framework that transcends ideological constraints to embrace evidence-based policy formulation.

Recent economic history suggests that neither pure state control nor unfettered market forces alone consistently deliver optimal outcomes. Rather, the most suc-

cessful development models have implemented strategic state interventions within predominantly market-oriented systems. These hybrid approaches leverage state capacity to address specific market failures while preserving the efficiency and innovation advantages of private enterprise. Recent analyses, such as Dani Rodrik's examination of mercantilist and Smithian economic thought, highlight the importance of balancing state intervention with market mechanisms (Rodrik, 2025).

INTRODUCTION: A REVITALISATION OF INDUSTRIAL POLICY

This paper examines the theoretical foundations and empirical evidence for a calibrated approach where state intervention serves primarily as a catalyst for private investment and innovation. Carefully designed state mechanisms can corral private investment and funnel household savings into productive market activity. This stimulates both the supply and demand sides of the economy, creating conditions conducive to innovation, job creation, and sustainable economic expansion. The principle of subsidiarity, which stipulates that economic matters should be handled by the smallest, lowest, or least centralized competent authority, is key as both a guiding principle and practical constraint. It acknowledges the state's legitimate role in triggering virtuous cycles of economic growth while establishing clear boundaries against any tendency toward expansion

and overreach. The theoretical justification for this approach rests on the principle that private actors alone cannot always establish market efficiency. State intervention can therefore be justified when it reduces transaction costs, mitigates information asymmetries, or aligns private incentives with broader social welfare. However, excessive state involvement risks creating inefficiencies through rent-seeking behavior, cronyism, and misallocation of resources.

Comparative analysis of development trajectories in China, the EU, and the United States highlights the practical consequences of different calibrations between state and market forces. This paper's findings suggest that the optimal role of the state is neither minimal nor maximal but calibrated – intervening precisely where market failures occur while consciously preserving space for private sector dynamism. This balanced approach offers a pathway to harness the efficiency advantages of market mechanisms while addressing their inherent limitations, ultimately producing superior outcomes for both economic growth and social welfare.

This paper is structured as follows: chapter 2 examines the theoretical foundations of industrial policy. Chapter 3 explores the historical evolution of industrial policy in the EU and its weaknesses. Chapter 4 presents comparative case studies of the EU, China, and the United States. Chapter 5 discusses the implementation of a balanced approach in the EU context and offers policy recommendations. Chapter 6 concludes.

THEORETICAL FOUNDATIONS: COMPETING PARADIGMS

This section explores the theoretical foundations of industrial policy and examines competing paradigms.

The debate surrounding the appropriate role of the state in economic development and industrial policy has been central to economic thought since its inception. State-led approaches posit that strategic government intervention is essential to overcome market failures, coordinate in-

vestment, and accelerate industrialization processes (Rodrik, 2008). This perspective emphasizes the state's capacity to mobilize resources, target strategic sectors, and protect infant industries until they achieve international competitiveness. The underlying assumption is that market mechanisms alone are insufficient to generate optimal development outcomes.

In contrast, market-oriented models, drawing from classical and neoclassical traditions, prioritize private initiative, price signals, and competitive dynamics as the primary drivers of efficient resource allocation and innovation. This paradigm, articulated by scholars from Adam Smith to Friedrich Hayek and Milton Friedman, contends that state intervention typically distorts market signals, creates inefficiencies, and enables rent-seeking behavior that ultimately undermines economic performance (Friedman, 1962). The core assumption is that decentralized decision-making by private actors responding to market incentives will generate superior outcomes than centralized planning or extensive state direction.

Yet this dichotomous framing – pitting state intervention against market mechanisms as mutually exclusive approaches – represents a false choice that fails to capture the complex interplay between public and private actors. Indeed, markets and states ought to find a dynamic equilibrium, becoming complements rather than substitutes. Well-functioning markets require effective states to establish and enforce property rights, maintain competitive conditions, provide public goods, and address market failures. Simultaneously, effective state intervention depends on market mechanisms to generate information, create incentives for efficiency, and drive innovation.

The most successful economies have not adhered rigidly to either extreme side of the spectrum but have instead developed context-specific blends of state capacity and market dynamism. Taiwan combined strong state direction in strategic sectors with increasingly market-oriented policies as industries matured (PWC, 2024). Singapore paired state-owned enterprises and

sovereign wealth investment with the attraction of multinational corporations and competitive market conditions (Temasek, 2025). The United States, despite its market-oriented rhetoric, has always employed substantial state support for research and development, defense-related innovation, and periodic interventions during economic crises (Council on Foreign Relations, 2022).

Moving beyond ideological constraints requires recognizing that the relevant question is not whether the state should intervene through industrial policy, but how, when, and to what extent. This more nuanced approach focuses on identifying specific market failures, designing targeted interventions to address them, and – vitally – establishing institutional checks and balances to prevent state capture or overreach.

BACKGROUND: HISTORICAL EVOLUTION OF INDUSTRIAL POLICY IN THE EU

This section examines the historical evolution of industrial policy in the EU and explores the strategic vulnerabilities resulting from its approach.

The trajectory of European industrial policy since the post-war period has evolved with the bloc's economic and political priorities and institutional architecture (Tagliapietra and Veugelers, 2023). In the immediate aftermath of World War II, industrial policy emerged as a cornerstone of European reconstruction efforts. The establishment of the European Coal and Steel Community (ECSC) in 1951 represented the first major supranational industrial policy initiative. It targeted strategic sectors such as coal, steel, and electricity to modernize production, foster economic integration, and prevent future conflicts between member states. This vertical approach to industrial policy exemplified the interventionist and sectoral tradition that would influence early European economic coordination. Aiming at combining technocratic authority with democratic oversight, the ECSC's governance structure established a template for

subsequent European institutions and illustrated how industrial policy could serve both economic and political objectives. The Treaty of Rome of 1957 further institutionalized industrial coordination and competition policy, establishing a 'European compromise' between French planning traditions and German ordoliberalism (Warzlouzet, 2019).

The 1980s and early 1990s saw a shift towards market liberalization. The Single European Act of 1986 prioritized the completion of the internal market, with industrial policy reframed primarily as removing barriers to trade and enhancing competition. This period reflected the rise of a horizontal approach to industrial policy. This approach focuses on creating positive (or intended to be positive) framework conditions for all firms rather than targeted sectoral support.

The Maastricht Treaty of 1992 recognized industrial policy in Article 130, yet defined it narrowly as ensuring "the conditions necessary for the competitiveness of the Community's industry." This institutionalized the focus on competitiveness in European industrial policy, prioritizing innovation, research, and entrepreneurship whilst eschewing direct state intervention in specific sectors. The subsequent Lisbon Strategy of 2000 further entrenched this approach by aiming to transform the EU into "the most competitive and dynamic knowledge-based economy in the world capable of sustainable economic growth with more and better jobs and greater social cohesion".

The 2008-09 financial crisis led to a reassessment of the role of industrial policy. The European Commission's 2010 communication "An Integrated Industrial Policy for the Globalisation Era" signaled renewed interest in strategic industrial coordination, though still primarily horizontal measures (EUR-Lex, 2010). The subsequent Europe 2020 strategy maintained the focus on innovation and knowledge transfer but acknowledged the need for more active policies to address deindustrialization concerns (European Commission, 2010).

A significant paradigm shift has occurred since 2015, marked by growing recognition of the importance of the green transition, global competitive pressures, technological disruption, and geopolitical realignments. The Commission's 2017 "New Industrial Policy Strategy" acknowledged the need for a more comprehensive approach, while maintaining commitment to competition principles (European Commission, 2017). This evolution accelerated with the COVID-19 pandemic and heightened geopolitical tensions, which exposed vulnerabilities in European supply chains and technological dependencies. Initiatives such as the European Green Deal Industrial Plan and the Strategic Autonomy Agenda entrench the paradigm shift (European Commission, 2023). These frameworks acknowledge the limitations of purely horizontal approaches and signal a more interventionist stance on strategic sectors, technological sovereignty, and critical infrastructure.

This historical evolution reveals two persistent tensions in European industrial policy. On the one hand, the tension between supranational coordination and national sovereignty; on the other hand, the tension between market-focused approaches and state interventions. Any discussions of the future orientation of the EU's industrial policy must be understood against this complex institutional legacy.

Europe's Strategic Vulnerabilities and Dependencies

The historical trajectory of European industrial policy has culminated in structural vulnerabilities that represent fundamental threats to Europe's sovereignty, social stability, and geopolitical positioning in an increasingly competitive and fragmented global order.

Perhaps the most immediate consequence of Europe's approach to industrial policy has been the relative decline in manufacturing capacity. Between 2000 and 2024, manufacturing's share of EU gross value added decreased from 17.4% to approximately 14.1% (Eurostat, 2025) as can be seen in Figure 1. The loss of manufacturing capacity is particularly acute in strategic sectors such as semiconductors, advanced materials, and (ironically enough, given Brussels' policy focus) green technologies such as solar panel components. For example, the European market share in global semiconductor production fell from 24% in 2000 to below 10% in 2023 (Kearney, 2022).

At the same time, Europe lags in innovation. This is especially true in frontier technologies with transformative economic potential. Despite substantial investment in research frameworks, European firms have struggled to translate scientific excellence into commercial leadership in areas such as artificial intelligence, quantum computing, biotechnology, and advanced energy

FIGURE 1
MANUFACTURING AS SHARE OF TOTAL VALUE ADDED IN EUROPE

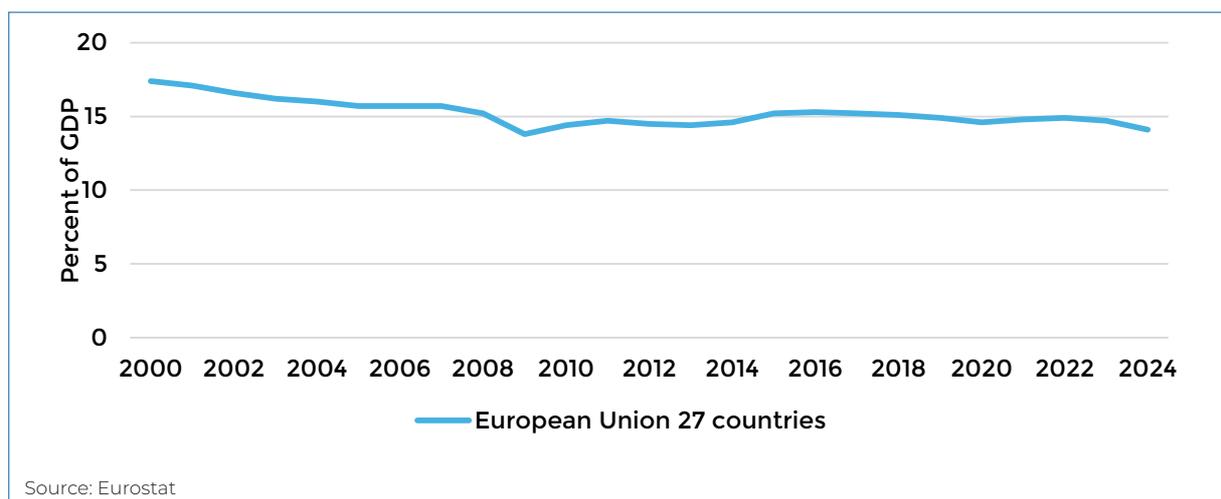
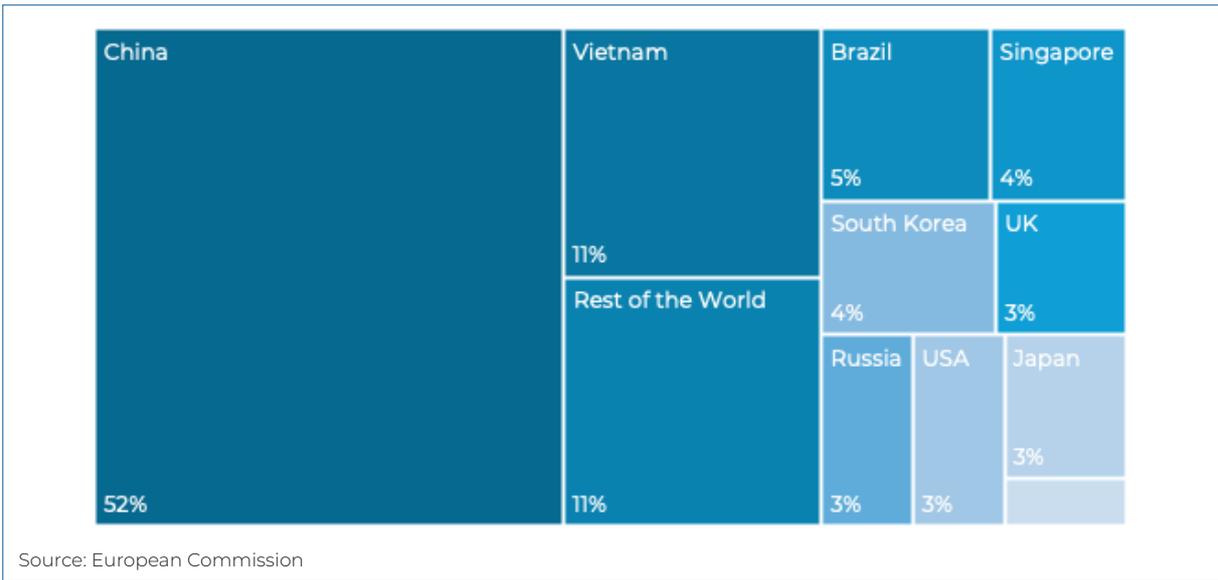


FIGURE 2
SHARE OF EU IMPORTS VALUE OF PRODUCTS WITH HIGH DEPENDENCIES



systems. The European Innovation Scoreboard highlights that, despite pockets of excellence, the EU runs behind the United States, Japan, and China in key innovation metrics. Such metrics include venture capital investment, technology diffusion, and high-growth innovative enterprises (EU, 2024). This ‘innovation paradox’ – i.e., strong fundamental research but weak commercialization – reflects the limitations of a regulation-focused approach that leaves insufficient room for private sector initiatives and strategic industrial vision.

The current paradigm has also resulted in strategic dependencies in supply chains and technologies, which became apparent in recent years. For example, semiconductor shortages during the COVID-19 pandemic interrupted automotive manufacturing across the continent, with major European carmakers suffering production halts and substantial revenue losses due to reliance on Asian suppliers (Radnik, 2024).

The 2022 energy crisis following Russia’s full-scale invasion of Ukraine similarly highlighted Europe’s energy dependency, with many member states facing price shocks and supply insecurity due to their reliance on Russian gas (Bruegel, 2025). This vulnerability stemmed from industrial and energy policies that de-linked market-based approaches from the necessary resilience

and security considerations of an international power. The crisis also highlighted dependencies on critical minerals essential for green transition technologies. A 2021 Commission assessment identified 137 products in strategic sectors where the EU faces high external dependencies (see Figure 2), with 34 products deemed “potentially more vulnerable” – a result of industrial policy neglecting strategic autonomy for decades (European Commission, 2021).

Economic, Security, and Climate Dimensions of Industrial Policy Shortcomings

The strategic vulnerabilities and dependencies have consequences for Europe’s economy, security, and climate ambitions.

In terms of the economy, the shortcomings in industrial capacity and innovation affect European labor markets. Technological disruption and global competition have disproportionately hit regions dependent on traditional manufacturing. For example, the decline of the steel industry in Wallonia, Belgium, saw unemployment rates reach up to 30% in former industrial centers like Charleroi und Liege, while Wallonia overall shows rates twice as high as the Flanders region (Kapitsinis et al., 2010). Similarly, as Europe’s transition to electric vehicles ac-

celerates, traditional automotive manufacturing regions face disruption. Studies from the European Association of Automotive Suppliers estimate that the shift to EVs could affect up to 501,000 jobs across the EU's automotive supply chain, with component manufacturers in regions like Piedmont in Italy and Baden-Wuerttemberg in Germany particularly vulnerable due to their specialization in internal combustion engine technologies (Strategy&, 2021). The skills mismatch between available workforce capabilities and emerging technological requirements exacerbates these challenges. In Germany's Ruhr Valley, despite extensive retraining programs, former coal and steel workers have struggled to transition to knowledge economy roles (Institute for Work and Technology, 2021).

The structural vulnerabilities and dependencies have significant implications for Europe's security and strategic autonomy. In telecommunications infrastructure, for instance, concerns about security risks led to restrictions on Huawei's participation in European 5G networks, yet these decisions came after years of market penetration and created costly retrofitting challenges for many operators (Institut Montaigne, 2019). The semiconductor shortage revealed how dependent European defense manufacturers are on non-European chip supplies for military applications, with some weapons systems facing production delays due to components manufactured exclusively in Taiwan and South Korea (War on the Rocks, 2023). The Ukraine conflict has illustrated how commercial technologies can become geopolitical leverage points. When Elon Musk threatened to withdraw Starlink satellite services from Ukraine in 2023, it highlighted Europe's limited autonomous capabilities in space-based communications that are critical in crisis scenarios (Shalal and Roulette, 2025). In cloud computing, European military and intelligence agencies increasingly rely on commercial providers, raising questions about data sovereignty when many of these services are governed by foreign legislative frameworks such as the US CLOUD Act, which can compel data access regardless of storage location (Frank, 2024; Frost & Sullivan, 2022; Janjeva and Sullivan, 2021).

Finally, the EU cannot achieve its climate ambitions, embodied in the European Green Deal, without industrial transformation at unprecedented scale and speed. The commitment to reduce emissions by at least 55% by 2030 and achieve climate neutrality by 2050 requires a fundamental restructuring of energy-intensive industries that employ over 3.2 million workers across the EU (Policy Department for Economic, Scientific, and Quality of Life Policies Directorate-General for Internal Policies, 2020). The current EU approach has created a competitive disadvantage against less carbon-constrained international rivals. Without a systemic change, this competitive disadvantage will further worsen. The current policy framework is unable to ensure that decarbonization results in industrial renewal rather than further deindustrialization. For instance, despite substantial renewable energy deployment, Europe has lost significant market share in solar panel manufacturing to China. From producing over 26% of global solar panels in 2008, European production fell below 2% by 2023, creating a paradoxical situation where Europe's climate transition increases dependencies on imported green technologies (Renewable Energy World, 2009; Photovoltaic Power Systems Technology Collaboration Programme, 2024).

These multifaceted challenges cannot be addressed through an ideological imposition or an ideological clash. They necessitate a pragmatic approach to industrial development, strategic autonomy, and economic sovereignty – one that learns from successful interventions in other economies whilst respecting the unique institutional setup and values of the European project.

CASE STUDIES: EMPIRICAL EVIDENCE

This section presents comparative case studies, offering insights into different approaches to industrial policy in China, the United States, and the EU.

EU: Bureaucratic Constraints and Innovation Challenges

The EU presents a compelling case study of how bureaucratic complexity and regu-

latory fragmentation can impede effective economic development and innovation. The EU possesses many prerequisites for successful economic development: a well-established rule of law, sophisticated educational systems, extensive research capabilities, and substantial household savings. Yet, persistent barriers to capital formation and deployment, along with burdensome and sometimes excessive regulation, have contributed to chronic underinvestment in key areas and limited the region's innovative capacity compared to global competitors.

Capital market fragmentation represents a fundamental challenge. Despite decades of integration efforts, European capital markets are predominantly national in orientation, with limited cross-border investment flows. The Capital Markets Union aimed to address this fragmentation but has achieved only incremental progress. As a result, European firms are heavily dependent on bank financing rather than capital markets, limiting growth opportunities for innovative companies and constraining the efficient allocation of capital across the single market (EIB, 2014).

The stringent regulatory environment, while designed to ensure market stability and consumer protection, comes at the cost of less market dynamism as illustrated by the 'innovation paradox'. Overlapping competencies between EU and national authorities generate compliance complexity that disproportionately burdens smaller firms and investors. According to estimates by the International Monetary Fund, internal barriers within Europe are comparable to imposing a 45% tariff on manufacturing and a 110% tariff on services (IMF, 2024).

The NextGenerationEU recovery package represents the most ambitious attempt to address these challenges through coordinated investment at the European level. With 750 billion EUR in grants and loans, it aims to drive post-pandemic recovery while accelerating green and digital transitions (NGEU Tracker, 2025). This program highlights how EU structures can implement subsidiarity and catalytic state principles: directing authority over resources to the most appropriate administrative level while leveraging public investment to mobilize private capital in strategic sectors. The early implementation has revealed challenges

in administrative capacity, coordination across governance levels, and balancing speed with accountability. At the end of the day, the program's ultimate effectiveness will depend on whether it can catalyze private investment rather than simply increasing public expenditure.

These experiences demonstrate that even well-intentioned regulations can hinder innovation and economic development when overly complex or inflexible. The EU case shows that institutional stability alone is insufficient. Instead, the EU needs to leverage subsidiarity and the catalytic state approach to ensure that decisions are made at the most appropriate level and that the government acts primarily as an enabler. This highlights the need for a balanced industrial policy approach, where targeted state intervention complements private sector dynamism to foster innovation and growth while reducing regulatory burdens. This would leverage the EU's coordination capacity while maintaining decision-making at appropriate governance levels to enhance both economic stability and innovation potential.

China: The Limits of State-Driven Development

China's development trajectory provides instructive insights into the potential and limitations of state-driven economic development. While initial growth was unprecedented, recent experiences reveal diminishing returns and mounting challenges with excessive state involvement.

The initial successes of China's approach were remarkable. State-directed investment in infrastructure, strategic industries, and export-oriented manufacturing transformed a predominantly rural economy into the world's manufacturing center within a generation (Jigang, 2020). The state's ability to mobilize resources at scale, and coordinate complementary investments, enabled rapid industrialization and poverty reduction at levels that are unmatched in modern economic history. This model relied heavily on state-owned enterprises to channel resources toward strategic priorities, while gradually introducing some market mechanisms to improve allocative efficiency and incentivize productivity improvements.

However, the sustainability of China's investment-led growth model has encountered mounting challenges, including declining economic efficiency and growing systemic costs (Rodrik, 2025). Economic efficiency has declined markedly, with returns on investment falling and capital-output ratios rising. Total factor productivity growth has likewise decelerated, suggesting that continued expansion has become increasingly dependent on factor accumulation rather than efficiency improvements. This efficiency decline has been accompanied by growing systemic costs. Local government debt has expanded dramatically, particularly when including various off-balance-sheet financing vehicles. Corporate debt levels have similarly escalated, with particularly high concentrations in state-owned enterprises that often receive preferential financing despite lower profitability than their private counterparts. These debt dynamics have created financial stability concerns and constrained fiscal space for addressing emerging challenges.

Demographic headwinds further complicate China's development trajectory (China Power, 2023). These can be traced back partly to China's one-child policy – an extreme example of state intervention in a highly intimate area of life. The working-age population has begun to contract, eliminating the demographic dividend that supported earlier growth. Rising old-age dependency ratios will increase pension and healthcare costs while reducing savings rates.

China's experience demonstrates that while strategic state direction can accelerate early-stage development, the complexity of modern economies ultimately exceeds the information-processing and coordination capabilities of centralized systems. As economies mature, the innovative capacity and allocative efficiency of market mechanisms become increasingly important for sustained growth.

United States: Selective Intervention with Private Leadership

The United States exemplifies a contrasting model of selective state intervention within a predominantly market-oriented economy, particularly effective in frontier technologies and innovation ecosystems.

The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) exemplifies this model of public research with private commercialization (DARPA, 2014). DARPA has pioneered high-risk, high-reward research in areas ranging from computing and communications to materials science and robotics, and combines ambitious technical goals, project-based funding, and organizational flexibility. Crucially, DARPA does not itself commercialize innovations but instead creates knowledge spillovers that private firms subsequently develop into commercial applications. For example, the internet, GPS, and voice recognition technology all emerged from DARPA-funded research before being commercialized by private enterprises. These partnerships leverage complementary capabilities: public resources for basic research, risk pooling, and coordination; private expertise in product development, manufacturing scale-up, and market deployment.

The US approach is further characterized by implementation flexibility. Federal agencies received substantial authority to adapt programs based on market response and technological developments, allowing for rapid policy learning without requiring new legislation for each adjustment (U.S. Department of Health and U.S. Department of Defense, 2021; U.S. Department of State, 2024). This approach contrasts with the often more rigid program structures in European funding instruments (EU, 2025).

Additionally, the United States has developed sophisticated innovation ecosystems that connect research, capital, and entrepreneurial talent (Carnegie Endowment for International Peace, 2024). These ecosystems, exemplified by Silicon Valley, feature dense networks between research universities, venture capital, established firms, and start-ups. Public policy supports these ecosystems through research funding, intellectual property protections, and financial regulations, but ultimately coordination is market-based rather than administratively directed.

The US model has succeeded in creating conditions for long-term innovation while maintaining implementation flexibility to adapt to changing technological and market circumstances. By focusing public intervention on areas of clear market failure such as basic research, network in-

frastructure, and coordination challenges while preserving private sector leadership in commercial development and deployment, this approach has fostered innovation across multiple technological waves. The result has been not only economic growth but also the development of new industries and business models.

Taken together, these case studies demonstrate the necessity of a balanced approach to industrial policy. The EU's bureaucratic complexity, China's challenges with state-driven inefficiencies and the United States' success with selective intervention all highlight the importance of strategic state involvement that enables innovation and economic growth without stifling market mechanisms.

Taken together, these case studies demonstrate the necessity of a balanced approach to industrial policy. The EU's extensive regulatory framework provides a foundation that can address market distortions and failures effectively if used cautiously. China's experience shows that high growth is possible through state-driven industrial policy, but excessive state control ultimately risks undermining the foundations of sustainable development. The United States demonstrates how collaborative partnerships between government and industry can develop new sectors and transform existing ones. The optimal model positions the state as a catalyst and mediator that corrects market failures rather than attempts to control market activities. This balanced approach leverages the targeted state involvement necessary to enable innovation and economic growth without stifling the market mechanisms that drive efficiency and adaptation.

DISCUSSION: A BALANCED APPROACH

This section discusses the implementation of a balanced approach to industrial policy in the EU context, focusing on the role of the state as a catalyst. It also outlines policy recommendations for industrial policy revitalization, focusing on experimental governance, innovation pathways and regulatory review.

Defining the Catalytic Function of the State

Optimal state intervention should be catalytic, facilitating and accelerating economic processes while preserving private sector agency and dynamism.

De-risking private investment is a core function of the catalytic state. Private markets systematically underinvest in activities characterized by high uncertainty, long time horizons, or significant positive externalities. Strategic guarantees and risk-sharing mechanisms can address these market failures without displacing private decision-making or assuming direct operational responsibilities. For example, public-private partnerships and innovation grants can accelerate research and development timelines whilst ensuring that companies maintain commercial focus and market responsiveness.

Regulatory certainty constitutes another dimension of effective de-risking as policy uncertainty increases risk premiums and deters long-term investment. The catalytic state provides clear, stable, and predictable regulatory frameworks that give private actors the necessary confidence to make confident long-term commitments. This includes not only formal regulations but also consistent enforcement practices, transparent decision-making processes, and appropriate transition periods when regulatory changes are necessary.

Finally, the catalytic state focuses on triggering virtuous growth cycles. Effective intervention initiates processes that eventually become self-sustaining. This requires designed withdrawal strategies from the outset of any intervention, with clear milestones for reducing state involvement as private capabilities develop. Taiwan's semiconductor industry development offers an instructive example: initial state investment in research infrastructure and technical education created conditions for private semiconductor firms to emerge, which subsequently drove continued development with progressively reduced state direction (PWC, 2024).

The Principle of Subsidiarity as Governing Framework

The catalytic approach to state intervention requires a governing framework to determine when, where, and how the state should act. The principle of subsidiarity provides precisely this by stipulating that matters should be handled by the smallest, lowest, or least centralized competent authority (United Nations, 2025). Conceptually, subsidiarity rests on two complementary premises: efficiency and liberty. The efficiency argument recognizes that decentralized decision-making typically leverages superior local knowledge, enables more rapid adaptation to changing circumstances, and facilitates experiments that generate policy learning. The liberty argument emphasizes that decisions affecting individuals and communities should remain as close as possible to those affected, preserving agency and self-determination while preventing unnecessary concentrations of power.

In industrial policy, subsidiarity suggests that market mechanisms should be the default coordination system wherever they function effectively, with state intervention limited to addressing market failures. Even when market failures justify intervention, subsidiarity indicates that the intervention should occur at the lowest effective level and through the least intrusive means possible. The concept's emphasis on context-sensitivity and pragmatic problem-solving thus aligns with the recognition that complex economic challenges require nuanced approaches rather than ideological rigidity. By focusing the debate on the appropriate level and form of intervention rather than simplistic more-versus-less government framing, subsidiarity facilitates more productive policy dialogue.

Policy Recommendations

As outlined earlier, the EU presents a distinctive backdrop for implementing a balanced industrial policy approach. As a result, three concrete policy recommendations emerge.

1. Establish an Experimentalist Governance Framework for Strategic Sectors

The EU should establish an experimentalist governance framework for strategic industrial sectors, drawing on principles developed by Charles Sabel and colleagues (Sabel and Zeitlin, 2012). This approach would establish clear outcome-based objectives at the European level whilst preserving implementation flexibility for member states and regions.

At its core, this framework would transform member states into policy innovation laboratories operating within coordinated parameters, safeguarding competition principles. Central to this approach would be structured peer review mechanisms facilitating systematic knowledge exchange between regulatory authorities, industry representatives, and research institutions. Rather than prescriptive requirements that stifle innovation, the framework would emphasize performance standards that provide regulatory certainty for long-term research and development investment whilst maintaining essential consumer and environmental safeguards.

The principle of subsidiarity would serve as both a theoretical foundation and practical constraint, acting as a vital counterweight to state expansion and potential crony capitalism. This would ensure that EU institutions focus exclusively on areas where European-level action delivers demonstrable added value, primarily in creating a level playing field, establishing common standards, and coordinating cross-border initiatives. National and regional authorities would retain primary responsibility for context-specific implementation, leveraging their proximity to local industrial ecosystems and specialized knowledge.

This balanced approach would harness Europe's institutional strengths while addressing its implementation weaknesses. By recognizing the state as a catalyst rather than a director, with private entities as the primary actors, it creates an industrial policy framework that sets strategic direction and provides initial momentum whilst preserving market dynamism and preventing bureaucratic overreach.

2. Resolve the Innovation Paradox Through Integrated Development Pathways

The EU should address its innovation paradox through an integrated approach spanning

the entire development pipeline. Acting as a catalytic state, the EU should transform the European Innovation Council into a robust mission-oriented innovation agency, strategically coordinating efforts to overcome market failures in priority areas. This approach recognizes that innovation challenges transcend national boundaries while respecting that implementation often works best at local levels and is driven by private actors.

Simultaneously, the EU should implement targeted instruments to shield its innovative industries from market-distorting practices and state-subsidized competition from other countries. This could include stricter enforcement of product safety standards and provisions to prevent illicit trade. Finally, the EU should develop stronger commercialization pathways by establishing enhanced technology transfer mechanisms at the European scale.

3. Conduct a Comprehensive Regulatory Review Based on Subsidiarity and Catalytic State Principles

To enhance competitiveness and innovation, the EU should conduct a comprehensive review of existing regulations based on subsidiarity and catalytic state principles. This review aims to identify and revise excessive regulations that hinder economic growth and private sector dynamism.

The subsidiarity principle will guide the review process, delegating regulations to national or regional levels where appropriate. The goal is to create a regulatory environment that provides clear, stable, and predictable frameworks, enabling private actors to make long-term investments and take calculated risks.

CONCLUSION

This paper explores the complex interplay between state intervention and market mechanisms in the context of industrial policy, arguing that a binary choice between Smithian free market principles and mercantilist protectionism is overly simplistic. Instead, we advocate for a nuanced, evidence-based approach that leverages the strengths of both state and market to foster innovation, job creation and sustainable economic growth.

The historical evolution of industrial policy in the EU and comparative case studies highlight the need for a balanced strategy that addresses the EU's strategic vulnerabilities and dependencies. The proposed policy recommendations, i.e., establishing an experimental governance framework for strategic sectors, resolving the European innovation paradox through integrated development pathways, and conducting a comprehensive regulatory review based on subsidiarity and catalytic state principles, provide a roadmap for revitalizing European industrial policy. These recommendations emphasize the importance of strategic restraint, regulatory certainty, and the principle of subsidiarity in guiding state intervention.

Ultimately, the goal is to create a regulatory environment that enables private sector dynamism while addressing market failures and ensuring that industrial policy serves broader societal objectives. By embracing a balanced approach that combines state catalysis with subsidiarity principles and experimental governance, the EU can harness its institutional strengths to foster a more competitive, innovative, and cohesive economic landscape. This approach not only addresses the immediate challenges faced by legacy industries but also lays the foundation for sustainable growth in the long term.

REFERENCES

- Bauer, Matthias and Pandya, Dyuti (2024), "EU Autonomy, the Brussels Effect, and the Rise of Global Economic Protectionism", *European Centre for International Political Economy*
- Bruegel (2025), "Europe urgently needs a common strategy on Russian gas"
- Carnegie Endowment for International Peace (2024), "The Silicon Valley Model and Technological Trajectories in Context"
- China Power (2023), "How Severe Are China's Demographic Challenges?"
- Council on Foreign Relations (2022), "How the Inflation Reduction Act Will Help the United States to Lead in the Clean Energy Economy"
- Cradle-ALP Project (2024), "Composites – Cradle to Cradle – Industrial Transformation Roadmap", *EU Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)*
- (2014), "Beyond GPS: 5 Next-Generation Technologies for Positioning, Navigation & Timing (PNT)"
- European Commission (2010), "A strategy for smart, sustainable and inclusive growth"

- European Commission (2017), "State of the Union 2017 – Industrial Policy Strategy – Investing in a smart, innovative and sustainable industry"
- European Commission (2021), "Strategic dependencies and capacities"
- European Commission (2023), "Critical Raw Materials: ensuring secure and sustainable supply chains for EU's green and digital future"
- European Commission (2023), "The geography of EU discontent and the regional development trap"
- European Commission (2025), "European Green Deal Industrial Plan"
- European Investment Bank (2014), "Unlocking lending in Europe"
- EU (2024), "European Innovation Scoreboard 2024"
- Eurostat (2025), "Gross value added and income by main industry (NACE Rev.2)"
- EUR-Lex (2010), "An Integrated Industrial Policy for the Globalisation Era"
- Frank, Dorothee (2024), "Die Bundeswehr geht in die Google-Cloud", *Defence Network*
- Foster, Gillian et al. (2025), "Circular Economy Strategies for the EU's Renewable Electricity Supply", *European Commission*
- Friedman, Milton (1962), "Capitalism and Freedom"
- Frost & Sullivan (2022), „European Defense Cloud Computing Market Overview", *Research and Markets*
- International Monetary Fund (2024), "Regional Outlook Notes: Europe"
- Institute for Work and Technology (2021), "Analysis of the historical structural change in the German hard coal mining Ruhr area"
- Institut Montaigne (2019), "Europe and 5G: the Huawei Case"
- Janjeva, Shalal and Sullivan, James (2021), "UK Intelligence Agencies and the Commercial Cloud: What Does It All Mean?", *The Royal United Services Institute for Defence and Security Studies*
- Jigang, Wie (2020), "China's Industrial Policy: Evolution and Experience", *UNCTAD*
- Kapitsinis, N. et al. (2010), "Regional inequalities and localist movements: relational complexities beyond linear determination"
- Kearney (2022), "Europe's urgent need to invest in a leading-edge semiconductor ecosystem"
- NGEU Tracker (2025), "What is NGEU?"
- Photovoltaic Power Systems Technology Collaboration Programme (2024), "Trends in Photovoltaic Applications", *International Energy Agency*
- Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies Directorate-General for Internal Policies (2020), "Energy-intensive industries – Challenges and opportunities in energy transition", *European Parliament*
- PWC (2024), "PWC's guide to Taiwan's semiconductor industry"
- Radnik, Lea (2024), "The lack of semiconductors as a challenge for the German automotive industry: consequences, solutions and investments", *Karlobag*
- Renewable Energy World (2009), "PV Module Production Doubles in 2008", *Factor This*
- Rodrik, Dani (2008), "Industrial Policy: Don't Ask Why, Ask How", *Middle East Development Journal*
- Rodrik, Dani (2025), "What the Mercantilists Got Right"
- Sabel, Charles F. and Zeitlin, Jonathan, "Experimentalist Governance," in *David Levi-Faur, ed., The Oxford Handbook of Governance (Oxford University Press, 2012), pp. 169-83*
- Shalal, Andrea and Roulette, Joey (2025), "Exclusive: US could cut Ukraine's access to Starlink internet services over minerals, say sources", *Reuters*
- Strategy& (2021), "Electric Vehicle Transition Impact Assessment Report 2020 – 2040"
- Tagliapietra, Simone and Veugelers, Reinhilde (2023), "Industrial policy in Europe: past and future", *Spar-king Europe's new industrial revolution: A policy for net zero, growth and resilience, Bruegel*
- Temasek Holdings (2025), "Investment Approach"
- War on the Rocks (2023), "Europe at a strategic disadvantage: A fragmented defense industry"
- Warzlouzet, Laurent (2019), "The EEC/EU as an Evolving Compromise between French Dirigism and German Ordoliberalism (1957–1995)"
- United Nations (2025), "Subsidiarity", *Department of Economic and Social Affairs*
- U.S. Department of Health and U.S. Department of Defense (2021), "From the Factory to the Frontlines"
- U.S. Department of State (2024), "United States International Cyberspace & Digital Policy Strategy"

ABOUT THE AUTHOR

Mario Vanella is an economist and policy researcher. He is currently a Fellow at the Bicocca Research Centre in Health Services (BReCHS). His research combines quantitative methods with field-based insights. He has contributed to several publications on economic governance and is actively engaged in shaping evidence-based policy recommendations for governments and international partners. His academic interests include behavioral responses to taxation and policy enforcement strategies.

AMERICA INNOVATES, CHINA REPLICATES, EUROPE REGULATES: HOW TO PROTECT OUR FIRMS FROM EXTERNAL THREATS

BARBARA KOLM

Europe's economic foundations are increasingly under strain as overregulation, bureaucratic inertia, and rising external dependencies take their toll. Supply chain fragility, slow productivity growth, and weak commercialization of innovation define much of the landscape today. Despite producing world-class research, Europe struggles to translate ideas into market success, losing ground to the USA and China. Structural stagnation is no longer a distant threat but an emerging reality, fueled by policy choices that discourage investment, entrepreneurship, and competition. This deterioration is deeply troubling given the central role that innovation, industrial capacity, and capital mobility play in sustaining economic strength and sovereignty.

Europe finds itself at a decisive crossroads. The illusion of a stable, globally integrated economic order is rapidly dissolving, exposing the structural vulnerabilities that years of overregulation and complacency have masked. Supply chains, once streamlined, are now fragile and fragmented, strained by geopolitical tensions and short-sighted trade policies. In 2024 alone, 90% of global supply chain leaders reported operation-

al challenges (Alicke et al., 2024). The Red Sea blockade from late 2023 to early 2024 starkly revealed the risks of dependency, as disruptions along the Suez Canal, a corridor responsible for 15% of global trade, crippled access to energy and raw materials (UN trade & development, 2024).

TOO SLOW TO GROW, TOO FRAGILE TO COMPETE

Bureaucracy is strangling Europe and killing its economic edge

Europe's overreliance on bureaucratic crisis management rather than structural reform has left small and medium-sized enterprises – the cornerstone of our economy – vulnerable. Rising costs, excessive regulation, and weak investment incentives are eroding their competitiveness. In 2024, 37% of EU firms cited access to raw materials as a major hurdle, while 34% reported continued disruption in logistics (European Investment Bank, 2024). Contrary to what someone might want to think, these are not temporary fluctuations. They are symptoms of a system that needs rethinking.

US President Donald Trump's decision to introduce tariffs on foreign-made products has been widely criticized by European political elites (The White House, 2025; The Guardian, 2025). However, instead of simply dismissing these policies outright, Europe would do well to take a closer look at what they signal. Trump's approach, reducing bureaucracy, prioritizing domestic industry, and leveraging trade tools to protect national interests, highlights a strategic recalibration of economic sovereignty. Independently of what one might think about the tariff-led policy, the US administration is stating out loud something that is sadly only whispered in Europe: competitiveness begins at home, with a regulatory environment able to empower businesses rather than suffocate them.

Austria reflects many of Europe's broader structural challenges but also its untapped potential. Our companies with global names like Voestalpine, KTM, and Schaeffler have proven they can lead in innovation and manufacturing excellence. But they are operating in a climate that increasingly punishes performance and burdens ambition (Bruckner et al., 2024). Industries are grappling with sky-high costs, overregulation, and a political environment that favors an infinite loop of non-productive redistribution over competitiveness.

Draghi sounds the alarm on Europe's economic decline

In this challenging environment, Mario Draghi's report on European competitiveness delivered a much-needed wake-up call (Mario Draghi, 2024). His diagnosis is clear: Europe is losing ground. Productivity growth has stalled, industrial capacity is under pressure, and capital investment continues to lag behind global competitors. What we are witnessing is a long-term structural stagnation caused by a failure to act on key reforms. While the report perfectly defines the issues that the old continent is facing, it still ends up presenting the same old economic recipe as a solution. The very same recipe that has put the EU in the current conundrum.

Today, the USA is pushing ahead with investments in innovation and advanced technologies and China is building global industrial champions through aggressive state intervention and a deliberate disregard for national sovereignties. Meanwhile, Europe has been bogged down in bureaucratic processes and overregulation. Many of our most innovative firms are moving their operations to more dynamic regions with better access to capital, fewer regulatory hurdles, and greater labor market flexibility.

Europe's innovation deficit is a product of its own policy choices

Europe continues to produce world-class research, but far too little of it translates into marketable innovation. The problem is not a lack of ideas but a system that actively discourages scaling, investment, entrepreneurship, and competition. Only a fraction of patents is commercialized, and the few startups that do emerge often leave for more innovation-friendly environments. With just 5% of global venture capital flowing to EU firms, it is no surprise that many relocate to jurisdictions with better access to funding, faster regulatory processes, and a framework that awards intelligent risk-taking.

Productivity growth in Europe reflects not just economic trends, but political failure. Since 2015, labor productivity in the EU has grown by a mere 0.7% annually, far too weak to sustain prosperity, particularly as demographic pressures mount (Mario Draghi, 2024). But this is not a mystery. The legal and regulatory framework across Europe increasingly sets the wrong incentives. In many cases, both employees and employers are turning away from full-time work, not because of a lack of ambition, but because the system penalizes it. High tax burdens, rigid labor laws, and poorly structured social benefits have created a disincentive to work, invest, and grow.

Meanwhile, public R&D is too often misdirected, spread thin across pet projects and politically preferred sectors rather than enabling the emergence of genuinely com-

petitive technologies. Europe does not need more top-down funding strategies or new bureaucratic programs; it needs to get out of its own way. Innovation thrives when government steps back, when taxes and regulation are lowered, and when private capital is free to flow where it creates value. Restoring competitiveness starts with trusting the market, not hampering it.

Bring Europe's money back to Europe's economy

As a solution, the Draghi report focuses on the investments required, which by 2030 should apparently be EUR 800 bn per year to achieve the EU's self-proclaimed goals in the areas of digitization, energy security, and defense (Mario Draghi, 2024). But the real issue is not a lack of available capital. It is the lack of attractive, reliable conditions for keeping that capital in Europe. Every year, over EUR 300 bn in household savings flows into non-EU markets – partially because Europeans lack confidence in their political and structural system (thus, in their economy), regulation, tax burdens, and fragmented financial markets push investors elsewhere.

Instead of introducing new centralized instruments to “mobilize” private savings, the EU should focus on strengthening the conditions that allow capital to move efficiently and securely within Europe. A truly functioning Capital Markets Union can support this, but only if it remains market-driven, respects national autonomy, and avoids politically steered redistribution. Capital must be free to follow opportunity (and returns). It should not be directed by bureaucrats.

To rebuild investor trust, the priority must be structural: reduce red tape, harmonize rules where appropriate, accelerate approval processes, and improve legal certainty for long-term investment. At the same time, Europe must ensure its internal market remains competitive and not undermined by foreign actors who disregard the rules. The EU should consider targeted trade tools to deter artificially cheap and distortionary imports that weaken our industry.

FROM IMITATION TO INDUSTRIAL PLANNING

While Beijing heavily subsidizes domestic companies, Brussels remains frozen

Innovation is not evenly distributed, rather, it reflects how nations organize capital, talent, and policy. Over the past two decades, China and the USA have pulled ahead in different ways, while the EU stagnated. The USA leads through a dynamic private sector and robust investment ecosystem. Startups attract more than 52% of global venture capital, compared to just 5% in the EU (Mario Draghi, 2024). American firms scale rapidly, supported by deep financial markets and a flexible regulatory environment. This approach has yielded a steady pipeline of global tech champions in AI, biotech, and digital services.

China has charted a different course, rooted in industrial planning (Transatlantic Task Force, 2020). In the 1980s and 1990s, China positioned itself as the world's manufacturing hub, attracting foreign direct investment and transferring technology through joint ventures (Atkinson, 2024). By the 2000s, it moved from imitation to adaptation. The ‘2006–2020 Medium- and Long-Term Program for Science and Technology Development’ and ‘China Inc.’ marked a strategic turn toward indigenous innovation. Since then, China has become the second-largest R&D spender globally, with R&D expenditure rising to 2.4% of GDP in 2021, overtaking the EU's 2.3% (World Bank, 2024).

China's rise in innovation is evident: patent applications surged from 100,000 in 2003 to 1.7 million 20 years later, far surpassing both the USA and the EU, which filed just a combined total of 800,000 in 2023 (World Intellectual Property Organization). The quality of those patents, surely, is what makes the difference. Still, the sheer numbers show Beijing's focus on this matter. With average monthly wages of USD 800 in 2022, compared to USD 3,100 in the EU and USD 4,800 in the USA at the same time, China can still scale innovation at low-

er cost (International Labour Organization; Eurostat). Granted, other Asian countries offer lower labor costs at the same productivity level. However, they do not have the same “ready-to-go” infrastructure. Meanwhile, Europe struggles to convert research into commercial success: only one-third of patents are commercially exploited (Mario Draghi, 2024). As China expands in sectors like EVs and green tech, the EU’s share of global machinery and transport exports has fallen from over 9% in 2002 to 5% in 2022 (Eurostat). See figure 1.

The result is a growing innovation gap. The USA converts talent and capital into fast-moving companies. China turns policy direction into industrial power. The EU, despite high potential, continues to underperform. It is overregulated, under-coordinated, and unable to scale.

The chinese whole-of-nation concept

China’s current innovation system reflects a clear principle: national strength requires technological self-reliance. Through its “whole-of-nation” approach, Beijing sets clear goals and aligns public institutions, local governments, and private companies

behind them (Groenewegen-Lau, 2024). This model works best where scale and discipline matter. China now leads in global solar panel exports, controls over 98% of global LFP battery production, and produces more electric vehicles than any other country (Greitemeier et al., 2025). Flagship firms like Huawei and CATL benefit from subsidies, public procurement, and industrial policy alignment.

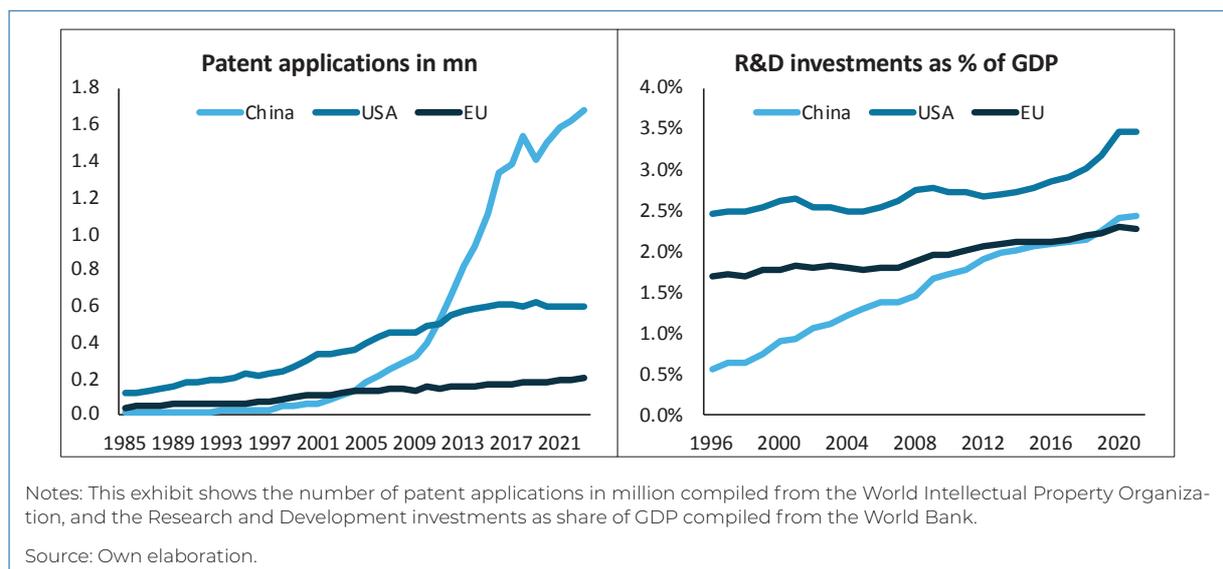
However, the model has its limitations. Basic research remains weaker. Commercialization often relies on replication over radical invention. Still, as long as speed, scale, and execution define competitiveness, China’s centralized innovation strategy is delivering visible results.

COMPETITION ON AN UNLEVEL PLAYING FIELD

Europe is creating a future of dependence on chinese technology

In recent years, China has tightened its grip on Europe’s markets. While the USA and Japan have reduced their reliance on Chinese imports since 2017, the EU has become more dependent (Kratz et al., 2024). This growing dependence is most visible in what Beijing

FIGURE 1
NUMBER OF PATENT APPLICATIONS (LEFT) AND R&D EXPENDITURE AS % OF GDP (RIGHT)



now calls the “New Three”: solar panels, electric vehicles (EVs), and batteries. These products are central not only to China’s export strategy but also to Europe’s green transition. Today, more than 90% of the EU’s solar photovoltaic modules come from China, alongside the vast majority of upstream materials like polysilicon (40% of which is produced in Xinjiang) (Lipke et al., 2024). In the battery sector, Chinese producers dominate the EU market, and EV brands such as BYD have already overtaken Tesla in global sales.

Europe’s growing reliance is reflected in its trade balance. In 2022, the EU recorded a EUR 400 bn trade deficit with China, the highest in its history (Vandermeeren, 2024). The gap is driven primarily by high-value imports of electronics, chemicals, and clean technologies, precisely the sectors the EU needs for its economic and climate transitions. Moreover, China has become the primary source for around one-third of the EU’s strategic product dependencies, including raw materials, solar cells, semiconductors, and active pharmaceutical ingredients.

Impact of China on the EU’s sovereignty

The EU’s increasing exposure to Chinese competition is triggering structural shifts that extend far beyond trade balances. In key industries such as chemicals, automotive, and electronics, firms are being forced to adjust production volumes, scale back investment, or reorient supply strategies – not by choice, but due to rising economic pressure (Tordoir et al., 2025). Austrian companies are feeling the effects acutely through their role in Germany’s automotive supply chains. China is one of Austria’s most important trading partners, ranking second for imports and eleventh for exports (Draxler, 2023). In the first five months of 2023 alone, Austrian imports from China amounted to EUR 7 bn (8% of total imports), while exports reached EUR 2 bn (2% of total exports). Yet both flows declined year-on-year: imports dropped by 3%, and exports by more than 9%. This has resulted in Austria’s largest bilateral trade deficit of EUR 5 bn with any single country.

This decline reflects not just cyclical weakness, but structural caution. Investment activity linked to China is weakening, both directly due to falling demand from China’s construction sector and indirectly, as Chinese clients delay purchases (Al-Haschimi et al., 2024). The impact of a consumption or investment shock in China would ripple through Europe, affecting not just exporters, but also European subsidiaries operating in China, now increasingly squeezed by rising local competition. Against this backdrop, Austrian industrial firms are growing more cautious, faced with the dual challenge of global market volatility and shifting demand patterns.

The core issue is strategic asymmetry. Chinese firms enjoy direct political backing, favorable financing, and shielded market access, advantages that European companies cannot replicate. European businesses, bound by democratic accountability and transparency standards, are effectively competing at a disadvantage. Recent developments, such as the Huawei scandal involving the European Parliament, underscore the challenges associated with China’s growing influence (Braun et al., 2025). Belgian authorities are currently investigating allegations of corruption against Huawei lobbyists suspected of bribing EU parliamentary staff to advance the company’s interests. Several individuals have been arrested, and the European Parliament has banned Huawei lobbyists from its premises. Given this scenario, a natural question arises: how do we compete in this game?

DEEP DIVE

Infrastructure

Since 2013, China has financed over 1,000 infrastructure-related projects in Europe worth more than USD 226 bn under its Belt and Road Initiative (EFSAS, 2024). While total Chinese FDI into the EU dropped to EUR 6.8 bn in 2023, the lowest since 2010, 78% of it was targeted at strategic greenfield sectors like EVs, batteries, and ports (Kratz et al., 2024). Hungary alone received 44% of these flows, including CATL’s EUR 7.3 bn battery plant

and BYD's EV production facility. Chinese firms now control stakes in at least 12 European ports, such as Piraeus, Valencia, and Zeebrugge (Ghiretti, 2024). Ports and other infrastructure projects are critical logistics nodes that can be leveraged in times of political tension or supply chain disruption. The case of COSCO's control over the Port of Piraeus illustrates the risk, considering what began as an economic partnership evolved into a strategic chokepoint for Chinese trade interests (Duchâtel, 2024). The dual-use potential of these investments gives Beijing influence not just over trade flows, but over Europe's long-term infrastructure sovereignty.

Electric vehicles

China accounted for EUR 11 bn in electric vehicle (EV) imports equivalent to 49% of the EU market in 2023 (Spisak, 2024). The volume of Chinese EV imports rose 1,600% between 2020 and 2023, thanks to price advantages from economies of scale, subsidies, and near-total control of the battery supply chain. China dominates 98% of global LFP battery production and controls up to 74% of refining capacity for key battery metals (Greitemeier et al., 2025). As 26% of new EVs sold in the EU are Chinese, the risk is that Europe becomes locked into a supply model it no longer controls. Tariffs of up to 35% may slow the flow, but China is already localizing production in Hungary, Spain, and Slovakia, allowing it to bypass future trade restrictions and embed itself further into Europe's industrial base (Reuters, 2025; Jenčová, 2025). This raises serious questions about Europe's ability to scale its green transition independently, set environmental standards, or prevent technology transfer.

Telecommunication

Huawei and ZTE control an estimated 59% of Europe's 5G infrastructure market, supplying components in 23 EU countries (Rühlig et al., 2023). Despite EU-level warnings, only 10 member states have implemented vendor restrictions. Huawei's deeply embedded presence, particularly in Germany and Hungary, combined with its R&D centers in over 12 member states, poses a long-term strategic risk. Telecommunications are founda-

tional to national security, critical infrastructure, and data privacy. Europe's dependence on Chinese vendors weakens its negotiating position and creates potential backdoors in digital infrastructure. In emerging fields like quantum communication, where China is far ahead with a 12,000-kilometer secure fiber network and multiple satellites, Europe is losing its ability to shape global standards (Hmaidí et al., 2024). This is not just about technology but about sovereignty in the digital age (Wisnugroho, 2025).

Energy

Chinese firms are now essential suppliers for Europe's energy infrastructure, particularly smart grid components, inverters, and transmission systems (Pèlerin et al., 2021). While affordable, these systems often contain software capable of transmitting real-time energy usage data, raising serious cybersecurity concerns. As Europe pushes for renewable integration and digital grid modernization, the growing reliance on Chinese hardware threatens not only technical autonomy but resilience (Geri, 2024). A targeted export restriction or cyber vulnerability could disrupt energy flows at national scale. Yet European alternatives struggle to compete on price, locking grid operators into long-term dependencies that are difficult to unwind.

Solar panels

China provides 96% of Europe's solar PV modules and dominates every step of the supply chain, from polysilicon to final installation (San Martín et al., 2024). With two-thirds of global polysilicon output based in China, any geopolitical rupture, such as trade restrictions or sanctions, could paralyze Europe's solar rollout. Chinese solar panels cost USD 0.15/W, half the EU average, making domestic production uncompetitive without robust policy support (McWilliams et al., 2024). The EU's goal of reaching 600 GW of solar capacity and 40% domestic production by 2030 will be unreachable unless Europe can reduce economic vulnerability.

Toys

China is the source of 83% of all toy imports into the EU, but many of these products violate EU chemical safety standards (Eurostat,

2022). In early 2024, the European Toy Association found safety risks in 95% of children's toys sold on Temu, a Chinese ultra-cheap online marketplace (Martin, 2024). 9 out of 10 toys sold online by Chinese retailers breached regulations on phthalates, heavy metals, or flame retardants (European Environmental Bureau, 2019). These products often evade customs checks by being shipped directly to consumers under the EUR 150 de minimis threshold. The result is a two-fold problem: unsafe products flooding European households and the erosion of safety-compliant domestic manufacturers. Without stricter enforcement and digital platform accountability, Europe risks losing control over consumer protection on its own market.

Throwaway apparel

In 2023, the EU imported EUR 23 bn worth of apparel from China, i.e., 1.1 bn kg of garments (Eurostat). Platforms like Temu and Shein dominate fast fashion through direct-to-consumer sales that exploit the same VAT loopholes. Their competitive edge is built not only on price but on labor conditions and environmental shortcuts. France has responded by introducing a EUR 5 ecological tax per imported garment (rising to EUR 10 by 2030), but broader EU action is still lacking. As Chinese platforms continue to undercut European brands, local textile firms are being priced out of existence (The Guardian, 2024; Henshell, 2024).

E-cigarettes

China was the source of 59% of the EU's legally imported vapes in 2023, delivering an estimated EUR 1.3 bn worth of products equivalent to 2.1 bn individual e-cigarettes (Eurostat). Yet these official figures likely capture only part of the picture, as illegal imports significantly distort the market. In the UK, for instance, authorities confiscated 504,000 illicit disposable vapes, which is an amount that exceeds the volume of legally sold products by a factor of ten (Hannett, 2024).

Many of these illegal devices breach EU regulations, particularly those concerning nicotine levels and tank size, placing consumers at risk. Poor-quality batteries have also been associated with injuries from devices that have exploded during use (European Commission, 2021). What makes these products

especially dangerous is their strong appeal: they are cheap, vividly packaged, and often flavored to resemble sweets. Those features disproportionately attract teenagers. In some countries research indicates that up to 50% of underage vapers are turning to unregulated, illegal options (Kent County Council, 2023; Fyfe, 2024).

This influx is devastating for small and medium-sized enterprises, including over 130,000 licensed tobacconists across the EU who collectively employ more than 400,000 people (Fyfe, 2024). In Austria, this sector even provides protected employment for people with disabilities, making its decline an economic concern (Austrian Economic Chambers, 2022). The use of influencers and gamified marketing by Chinese producers further skews the playing field, sidestepping EU advertising restrictions and undermining public health campaigns.

From a fiscal standpoint, the loophole allowing products valued under EUR 150 to enter duty-free means that up to 1.2 bn vapes may currently be avoiding taxation. Once this exemption ends in 2028, the EU could recover as much as EUR 248 million annually through VAT alone. But until then, the continued spread of low-quality Chinese vapes poses a triple threat: to public health, to domestic businesses, and to the fiscal sovereignty of each member state.

POLICY RECOMMENDATIONS

Smart regulation requires structural reform, not centralization

The Commission must enforce its own rules. Europe must finally draw a clear line between necessary rule enforcement and regulatory overreach. It is unacceptable that EU-based companies are held to the highest compliance standards while non-EU firms routinely violate basic product safety, tax, and customs rules with little consequence. In sectors like e-commerce, toys, and electronics, this double standard distorts competition and punishes those who play by the rules.

Respect national competence and end the centralization obsession. The EU must stop regulating for regulation's sake. Europe does not need more centralized

governance from Brussels, it needs practical reforms that allow member states to function more efficiently within the Single Market. Subsidiarity must be more than a slogan. Harmonization should serve one goal only: to enhance competitiveness. That means simplifying VAT rules, expanding mutual recognition of standards, and accelerating national permitting processes. It is economically indefensible that critical infrastructure projects in energy, transport, and industry are delayed for five to eight years due to administrative gridlock. Global competitors move faster not because they work harder, but because they operate under leaner systems. If the EU is serious about growth, it must deliver less bureaucracy and more real-world outcomes.

Make China pay for violating our sovereignty. Europe can no longer afford to be naive about the strategic and economic challenge posed by China. Chinese state-backed firms continue to enjoy the benefits of Europe's open markets while systematically violating our sovereignty, whether through forced technology transfers, intellectual property theft, or massive state subsidies. This is not just unfair, it is dangerous. Europe must adopt a firm, strategic stance and make clear that access to our markets is not unconditional. That includes targeted tariffs, stricter due diligence for Chinese imports, and serious consequences for non-compliance. Europe should create its own defensive tools and clear red lines. If Europe is to defend its sovereignty and industrial base, it must be willing to act.

Empowering domestic businesses and innovators

Less is more – let European companies breathe and compete. Regulatory policy must be grounded in economic realism. Companies facing global competition cannot deliver on Europe's ambitious 2030 targets when overburdened by constant rule changes, reporting requirements, and unclear expectations. The Commission should commit to proportionate, phased regulation, aligned with industry capacity and sector-specific needs. Transitional periods, coordination between EU and national bodies, and greater coordination with businesses must become standard practice. If regulation is to

be a tool for transformation, it must also be a partner to those who must implement it.

Stop weighing down businesses with new costs. Any new EU regulations or fiscal instruments must first account for the structural cost pressures facing European industry. Energy prices, labor taxes, and administrative overhead remain significantly higher than in competitor countries. The Commission should adopt a "competitiveness-first" principle: before adding new costs, it must reduce unnecessary burdens and address price disadvantages. SMEs, in particular, need simplified and proportional rules, as they lack the capacity to manage complex reporting tied to ESG, sustainability, or circularity. Policy should aim to reduce not add to this burden.

Innovation needs freedom not micro-management. EU regulation must safeguard the right of consumers and businesses to choose among competing technologies and solutions. Instead of restricting innovation through overly prescriptive rules, the EU should (when necessary) define desired outcomes, while leaving room for technological diversity. This approach would support market-driven innovation, particularly in fast-evolving sectors such as AI, digital infrastructure, Agri-tech, and energy. Developers need space to experiment and scale, regulation must enable, not inhibit, their participation.

Mobilizing capital and people strategically

Only qualified migration can strengthen Europe's workforce. To address labor shortages in critical sectors such as health-care, energy, and advanced manufacturing, Europe must focus on activating and upskilling its existing workforce. This, working together with the business community, will strengthen our industrial base. Priority should be given to qualified workers from EU member states, ensuring that the freedom of movement within the Union is used strategically to match labor supply with demand. This approach must be complemented by expanded and better-targeted reskilling programs to prepare EU citizens for the challenges of the digital transitions.

Investor confidence returns when capital can flow freely. Reversing the sharp

decline in FDI requires a more coherent and attractive framework for international companies looking to establish or expand operations in Europe. This means reducing regulatory fragmentation across member states and offering streamlined procedures for market entry, especially in strategic sectors like energy, infrastructure, and semi-conductors. However, foreign investments are only one part of the picture. Existing European firms must be encouraged to reinvest and take calculated risks. That calls for smarter regulation, including less administrative burden, more innovation-friendly rules, and faster permitting procedures for expansion and scale-up.

Protect private capital to secure prosperity. At the heart of Europe's economic future lies the prosperity of its people and that begins with protecting their savings, their investments, and their ability to build wealth. Ordinary citizens do not benefit from over-regulation or centrally directed capital flows. What they need is trust in a system that rewards performance, ensures legal stability, and respects the value of private capital.

Rather than trying to mobilize savings through top-down EU mechanisms, policymakers must focus on creating the right conditions for capital to thrive. That means clear and stable rules and a functioning Capital Markets Union that facilitates cross-border investment without undermining national financial autonomy. The strength of local investment ecosystems depends on legal certainty and minimal political interference, not new layers of Brussels oversight.

Europe's families, workers, and entrepreneurs deserve a framework that allows them to invest in their own future without fear of confiscatory policies, inflationary spending, or sudden regulatory shifts. A free and dynamic economy is what secures long-term prosperity for all.

CONCLUSION

Europe stands at a critical juncture. While the USA drives growth through deregulation and reduction of bureaucracy, and China strengthens its industrial dominance through subsidized overcapacity and market manipulation, the EU continues to overregulate and underdeliver. Innovation

stalls, capital leaves, and competitiveness declines, not because Europe lacks talent or ideas, but because the framework conditions punish initiative and delay progress.

European companies feel this reality daily. As part of the European Single Market, they face global competition under increasingly unequal terms. From steel to mobility, our firms are being squeezed between rising domestic costs and foreign players who ignore the rules of fair competition. Meanwhile, EU-level policymaking too often defaults to top-down control, new compliance burdens, and centralization, when what is urgently needed is flexibility, legal clarity, and trust in private initiative.

The prosperity of our citizens depends on a clear shift in direction. We must stop managing decline and start enabling performance. That requires less bureaucracy, fewer barriers to growth, and a renewed focus on the fundamentals: competitive taxes, functional infrastructure, and a regulatory environment that empowers – not restrains – entrepreneurs.

REFERENCES

- Al-Haschimi, Alexander, Lorenz Emter, Vanessa Gunnella, Iván Ordoñez Martínez, Tobias Schuler and Tajda Spital (2024), "Why competition with China is getting tougher than ever," *ECB Blog*.
- Alicke, Kunt, and Tacy Foster (2024), "Supply chains: Still vulnerable," *McKinsey & Company*.
- Atkinson, Robert (2024), "China Is Rapidly Becoming a Leading Innovator in Advanced Industries," *Information Technology & Innovation Foundation*.
- Austrian Economic Chambers (2022), "Future Scenarios Tobacco Shops In Light Of The EU Cancer Plan 2040".
- Braun, Elisa, Max Griera, Mathieu Pollet and Ben Munster (2025), "Belgian prosecutors probe whether Huawei paid for letter signed by 8 MEPs," *Politico*.
- Bruckner, Regina, and Andreas Danzer (2024), "Österreichs Industrie steckt tief in der Krise: Wer außer KTM noch schwer zu kämpfen hat," *Der Standard*.
- Will Fyfe (2024), "Illegal vapes sold to children in toy shops," *BBC*.
- Josie Hannett (2024), "Vapes 10 times over legal size seized at Kent ports," *BBC*.
- Duchâtel, Mathieu (2024), "Critical Infrastructure and Power Games in China-EU Relations," *The Diplomat*.
- EFSAS Study Paper (2024), "China's Belt-and-Road Initiative in Europe".
- European Environmental Bureau (2019), "'Flood' of toxic Chinese toys threatens children's health".
- European Investment Bank (2024), "Navigating supply chain disruptions".

- Eurostat (2022), "Game on! Extra-EU toy imports totalled €7.1 billion".
- Eurostat. Average full time adjusted salary per employee.
- Eurostat. EU trade since 1988 by HS2-4-6 and CN8.
- Eurostat. Share of European Union EU27 (from 2020) in the World Trade.
- Geri, Maurizio (2024), "Europe's Climate Backlash Is a Gift to China's Global Dominance," *Modern Diplomacy*.
- Ghiretti, Francesca (2024), "Resilience at Core of China's Geostrategic Approach to Europe," *Internationale Politik Quarterly*.
- Greitemeier, Tim, Achim Kampker, Jens Tübke, and Simon Lux (2025), "China's hold on the lithium-ion battery supply chain: Prospects for competitive growth and sovereign control," *Journal of Power Sources Advances*, 32, 100173.
- Groenewegen-Lau, Jeroen (2024), "Whole-of-nation innovation: Does China's socialist system give it an edge in science and technology?" *Mercator Institute for China Studies*.
- Henshell, Richard (2024), "Crackdown on super cheap fashion imports under review in France," *The Connexion*.
- Hmaidi, Antonia, and Jeroen Groenewegen-Lau (2024), "China's long view on quantum tech has the US and EU playing catch-up," *Mercator Institute for China Studies*.
- International Labour Organization. Average hourly earnings of employees.
- Jenčová, Irena (2025), "Planned Slovak-Chinese EV battery plant met with questions, doubts," *EURACTIV Slovakia*.
- Kent County Council (2023), "Smokefree Generation and Vaping in Young People Consultation".
- Kratz, Agatha, Max J. Zenglein, Alexander Brown, Gregor Sebastian, and Armand Meyer (2024), "Dwindling investments become more concentrated," *Mercator Institute for China Studies*.
- Kratz, Agatha, Camille Boullenois and Jeremy Smith (2024), "Why Isn't Europe Diversifying from China?" *Rhodium Group*.
- Lipke, Alexander, Janka Oertel, and Daniel O'Sullivan (2024), "Trust and trade-offs: How to manage Europe's green technology dependence on China," *European Council on Foreign Relations*.
- Mario Draghi (2024), "The future of European competitiveness," *European Commission*.
- Martin, Nicolas (2024), "Will EU finally rein in Chinese online giant Temu?" *Deutsche Welle*.
- McWilliams, Ben, Simone Tagliapietra, and Cecilia Trasi (2024), "Smarter European Union industrial policy for solar panels," *Bruegel*.
- Pèlegri, Clémence, and Hugo Marciot (2021), "China's at the Gate of the European Power Grid," *groupe d'études géopolitiques*.
- Reuters (2025), "Stellantis, Leapmotor favour Spain for production of B10 EV, source says".
- Rühlig, Tim, and Richard Turcsányi (2023), "Evaluating Public Support for Chinese Vendors in Europe's 5G Infrastructure," *German Council on Foreign Relations*.
- San Martín, Blanca, and Valeria Fappani (2024), "Sunny Side Down: Can the EU's Green Tech Probes Support Its Ailing Solar Panel Industry?" *China Observers*.
- Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks SCHEER (2021), "Opinion on electronic cigarettes," *European Commission*.
- Spisak, Anton (2024), "The Eu's Drive On China: What Ev Tariffs Mean For Europe," *Centre for European Reform*.
- The Guardian (2024), "France's lower house votes to limit 'excesses' of fast fashion with environmental surcharge".
- The Guardian (2025), "Trump's tariffs: the full list".
- The White House (2025), "Fact Sheet: President Donald J. Trump Adjusts Imports of Automobiles and Automobile Parts into the United States."
- Tordoir, Sander, and Brad Setser (2025), "How German industry can survive the second China shock," *Centre for European Reform*.
- Transatlantic Task Force (2020), "China: The Common Competitor," *GMF*.
- UN trade & development (2024), "Red Sea, Black Sea and Panama Canal: UNCTAD raises alarm on global trade disruptions".
- Vandermeeren, Frank (2024), "Understanding EU-China exposure," *European Commission*.
- Wisnugroho, Aisya Muyassara (2025), "The Influence on European Union Politics of China's Expanding Digital Presence," *Modern Diplomacy*.
- Draxler, Peter (2023), "So wirken sich Chinas Wirtschaftsprobleme auf Österreich aus," *WKO*.
- World Bank (2024), "Research and development expenditure (% of GDP)".
- World Intellectual Property Organization. Total patent applications (direct and PCT national phase entries).

ABOUT THE AUTHOR

Barbara Kolm is a Member of the Austrian National Council representing the Freedom Party (FPÖ) and former Vice President of the Austrian Central Bank (OeNB). She is the Director of the Austrian Economics Center and President of the Hayek Institute. Dr. Kolm earned her doctorate in Social and Economic Sciences from the University of Innsbruck. Her professional focus spans public policy, economic reform, and innovation in regulatory governance. She is a Professor of Austrian Economics and Finance at the University of Donja Gorica in Montenegro and serves on several supervisory boards, including the Vienna Insurance Group and previously ÖBB. Internationally, she leads Austria's national hub for the UN ITU United 4 Smart Sustainable Cities initiative and chairs several working groups on digital transformation and AI under the UN's International Telecommunication Union. She is also the founder of the Free Market Road Show, a global platform for economic policy dialogue in partnership with over 100 think tanks and universities. Her work emphasizes market liberalization, institutional reform, and the strategic role of entrepreneurship in advancing prosperity.

PRODUCTIVITY AND COMPETITIVENESS IN EUROPE

ASHOK KAUL

Europe's productivity stagnates due to weak innovation, slow technological adoption, energy shocks, overly cautious regulation, and an ageing workforce. This results in declining competitiveness, sluggish income growth, and increasing inequality. New threats, like AI disruption, global talent competition, and rising capital costs, further risk cementing Europe's long-term divergence from global peers like the US and China. To reverse course, this paper proposes the R.A.I.S.E. framework: Reskill the workforce, Allocate capital efficiently, Innovate through science and commercialisation, Scale digitalisation and market access, and Execute coordinated industrial strategies across member states.

Productivity is the ability to achieve more output with given resources. In many ways, it reflects the final goal of economics, that is, to improve the standard of living. There are two ways to increase output. One is by increasing the quantity of resources, for example, through population growth. However, in this case, living standards (measured as income per person) remain unchanged, because adding more people to the workforce does not inherently improve income per person. This leaves only one way to raise living standards, which is by increasing the output produced by each person, or in other words, improving productivity (Zymek,

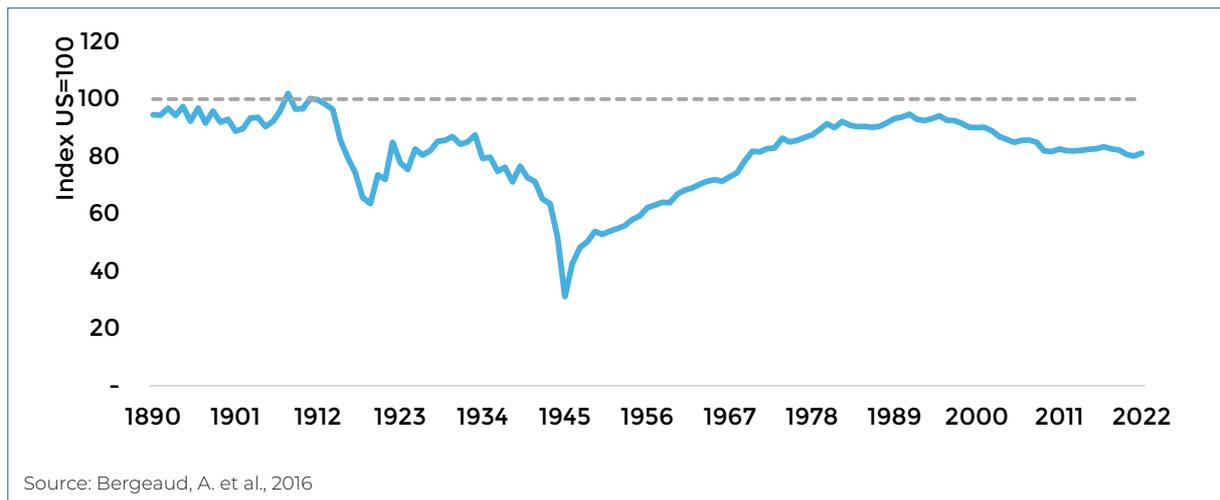
2024). Therefore, productivity growth is essential for improving standard of living.

THE EU IS LOSING COMPETITIVENESS

In recent years, the European Union has been falling behind China and the United States in productivity growth. At the end of World War II, the EU's total factor productivity (TFP), which accounts for the efficiency of all inputs used in production, was three times lower than that of the US (Figure 1). By the 1990s, EU total factor productivity had risen to almost 95% of the US level. Since then, however, the EU could not sustain productivity growth and lost ground. For instance, between 2019 (Q4) and 2024 (Q2), labour productivity in the euro area rose by only 0.9%, compared to a 6.7% increase in the US (Dias da Silva et al., 2024). As a result of slow productivity growth over the last decades, the EU's relative productivity has steadily declined, falling to around 80% of US levels. Slow productivity growth results in lower economic growth. As a result, people experience stagnant or declining real incomes. Governments find it difficult to invest in essential public services such as healthcare and education, thereby limiting improvements in citizens' well-being.

In addition, slow productivity growth undermines global competitiveness. A key measure of relative competitiveness is the

FIGURE 1
EU TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY RELATIVE TO THE US, 1890-2022, INDEX US=100



IMD World Competitiveness Ranking, published by the International Institute for Management Development. It assesses how competitive countries are relative to each other (Institute for Management Development, 2024). Between 2020 and 2024, the rankings of 15 out of 26 EU member states declined. In contrast, emerging economies have gained ground. Indonesia, for example, improved its position from 40th to 27th and now ranks ahead of two-thirds of EU member states in terms of competitiveness. These developments signal a relative decline in Europe's competitiveness and highlight the pressing need for structural reforms.

Enhancing overall economic productivity, particularly TFP, depends on strengthening its two fundamental drivers: labour and capital. Labour productivity refers to the output generated per hour worked. Improving it depends on the quality of education, access to effective tools and technology, and how work is organised. Capital productivity refers to the output generated per unit of capital, such as machinery. Improving it depends on the quality and technological efficiency of capital. These productivity drivers are influenced by both internal structural conditions and external global pressures. The following sections examine the structural forces behind productivity performance and outline a policy response to reverse the trend.

CAUSE: BOTH INTERNAL AND EXTERNAL FACTORS DRIVE THE DECLINE

This section describes the factors that challenge the EU in improving productivity. This section is structured around internal factors, which include the structural challenges the EU faces in improving productivity, and external factors, which explain why countries such as China and the US are outperforming.

Internal factors

Weak research and innovation

Innovation is central to productivity. It improves technologies, processes, and organisational methods, that enable productivity growth. This, in turn, reinforces competitiveness (European Commission, 2023a; OECD, 2023; Doğan, 2016). However, the EU is falling behind other advanced economies in terms of innovation capacity. According to the Summary Innovation Index, the EU lags behind the US by nearly seven percentage points. China has reduced its innovation gap with the EU from 50 to 5 points and is on course to surpass it in the coming years (Draghi, 2024). This trend highlights a broad and persistent weakness in Europe's

innovation capacity which risks undermining its productivity.

Insufficient financing for research and development (R&D) is a key factor behind the EU's weakening innovation capacity relative to peers. In 2022, the EU invested just 2.2% of its GDP in R&D and did not meet its 3% target (GLOBSEC, 2024). This represented a funding gap of approximately €123 billion. By contrast, the US invested 3.5% of GDP, Japan 3.3%, and China 2.4%. In absolute terms, the shortfall is even more striking: US R&D spending reached €877 billion, more than double the EU's €355 billion (Draghi, 2024). This R&D gap restricts funding for research, infrastructure, and talent needed to develop new technologies and products. These innovations are key to boosting productivity through efficiency and high-value output. Without sufficient investment, the EU is losing competitiveness relative to global peers.

Moreover, R&D investment is unevenly distributed across the EU. Advanced member states such as Sweden (3.6% of GDP), Belgium (3.3%), Austria (3.3%), and Germany (3.1%) consistently invest more than 3% of their GDP in R&D. In contrast, less economically developed regions, including Romania (0.5%), Cyprus (0.7%), and Bulgaria (0.8%), invest up to seven times less (Eurostat, 2024). This regional disparity in investment translates into uneven innovation capacity. Uneven innovation capacity, in turn, creates regional disparities in competitiveness across EU regions.

Technology adoption

The slow adoption of new technologies is one of the barriers to productivity growth in the EU. Traditional industries account for a large share of the EU economy. They tend to adopt innovations slowly, hampering technological adoption across supply chains and the economy. In 2020, only 63% of EU firms had adopted at least one advanced digital technology, compared to 73% of firms in the US (European Investment Bank, 2021). Moreover, EU firms also face challenges to use new technologies effectively. Only 30% of euro-area firms suc-

ceed in translating them into productivity gains (Anderton et al., 2023).

Low adoption and limited gain from new technologies reflect the EU's face challenges to turn innovation into scalable products. As a result, Europe is underrepresented among the world's top technology firms and start-ups. None of the top 20 global technology firms or top 20 start-ups are based in the EU (European Commission, 2024a). The seven largest US technological firms – Alphabet, Amazon, Apple, Meta, Microsoft, Nvidia, and Tesla – are twenty times the size of the seven largest firms in the EU and produce over ten times more revenue (The Conversation, 2024). These firms not only demonstrate high productivity levels but also stimulate productivity growth along their supply chains, contributing to total productivity growth in the US.

As a result, technology firms in the US contribute to national productivity growth more than their European counterparts. Since 2005, US technology firms have recorded cumulative productivity growth of approximately 40%. Over the same period, productivity among European technology firms has remained flat (Cerdeiro et al., 2024).

Regulatory barriers and precautionary principle

Europe's regulatory approach, while focused on public protection, is often overcautious. Overlapping rules and rigid standards create barriers for firms to innovate and grow.

One such major barrier is the EU's strict use of the precautionary principle. This principle states that no action should be taken if a certain decision is not fully backed by science and there is the possibility that implementing that very same decision could end up causing harm (EUR-Lex). In other words, the EU system is based on inaction when a lack of certainty arises. While this can protect against some risks, this extreme caution discourages the experimentation needed for innovation.

First, it dictates business practices ex-ante to avert potential risks ex-post, which constrains firms' ability to experiment with new products and processes.

Second, it introduces limits based on pre-defined risk levels. For example, the Artificial Intelligence Act (AI Act) categorises AI systems based on their risk levels and imposes restrictions based on the assessment (European Commission, 2024b). This limits innovation based on a potential risk assumption, imposes a high administrative burden on firms and raises barriers to entry for start-ups through high compliance costs. For instance, the implementation of the EU Green Deal, the EU's flagship environmental and climate strategy, has introduced extensive reporting requirements that create costs for firms (Rzepecka et al., 2024; Hancock, 2024). Overregulation in innovative services has constrained the expansion of Europe's technology sector and limited productivity gains. For example, Compliance with the General Data Protection Regulation (GDPR) has reduced profits for small technological firms by up to 12% (Presidente et al., 2022).

Third, the proliferation of regulatory agencies and the gold-plating of EU directives, i.e., when national governments add extra rules on top of the EU legislation, further increase administrative burdens on firms and lead to fragmentation (My Country Europe, 2018).

Finally, this framework focuses on risks and fails to balance them with potential benefits and opportunity costs. In other words, it considers only the risks of action, whilst ignoring the risks of inaction.

As a result, some global firms avoid the European market when launching new technologies. Due to overregulation, major innovations like Apple's AI tools are often not introduced in the EU (Grech Deguara, 2024). Even strategic sectors face friction. Qatar Energy, for example, cited difficulties in supplying critical inputs to Europe due to regulatory barriers (Reuters, 2024). These barriers limit Europe's technological adoption and global competitiveness.

Start-ups are also affected by regulatory barriers in the EU. Strict and fragmented regulations, coupled with high compliance costs, often prevent start-ups from scaling across borders (European Commission, 2025b). In contrast, start-ups in the US benefit from simpler and more flexible regulatory frameworks, while those in China receive support through state subsidies. This matters because start-ups are frequently the origin of new products, services, or business models with the potential to generate significant productivity gains. Europe's fragmented regulatory environment therefore undermines the capacity of start-ups to innovate. As a result, many start-ups are unable to evolve into high-growth firms capable of driving productivity improvements across the EU.

Access to private equity

In the EU, both established firms and start-ups have less access to private equity than their peers in other major economies. In 2022, EU start-ups attracted only 5% of global venture capital funding, compared to 52% in the US (European Commission, 2025b). Ecosystems like Silicon Valley in the US continue to dominate the global venture capital landscape as they give easier access to funding. Limited access to funding may incentivise high-potential EU start-ups to relocate to more favourable investment environments.

Private equity funding in established firms remains relatively limited in the EU. According to the IMF, over the past two decades, US-listed companies issued about twice as much equity relative to their size as EU firms (Cerdeiro et al., 2024). This greater access to capital enables US firms to invest more in expansion and innovation. Limited equity financing in the EU limits firms' ability to scale and modernise, contributing to weaker productivity performance.

One reason for the limited capital is relatively lower returns on investment (ROI) relative to peers. EU firms earned 14% ROI from 2015–2022, below the 18% average in the US (McKinsey, 2024). Higher capital costs and lower returns discourage invest-

ment and risk making Europe's industrial base outdated.

Recent US political uncertainty and financial volatility might shift investor sentiment toward European markets. Since the US election on November 5, 2024, the S&P 500 index, which tracks the stock performance of 500 of the largest publicly traded firms in the US, has declined by 1.4% (as of May 5, 2025). In contrast, the STOXX Europe 600 index, a similar index for Europe, has risen by 3.5%. This divergence may suggest that some investors reallocating capital toward European assets. However, historical data shows that capital flows between the two markets tend to move in the same direction rather than acting as substitutes. Our own analysis of daily price over the past ten years shows that the S&P 500 and STOXX 600 are positively correlated (0.56)¹. During periods of elevated uncertainty, investors typically reduce exposure to both and shift capital into safe-haven assets such as gold or government bonds (Lucey et al., 2013).

Fragmented and limited size of markets

Despite decades of economic integration, the EU's internal market remains fragmented. While the EU and the US are similar in economic size², European firms face higher barriers when operating (Adilbish et al., 2025). A recent IMF estimate from late 2024 indicates that intra-EU non-tariff barriers, like licensing rules or inconsistent regulations that create additional barrier to cross-border trade, are equivalent to a 44% tariff on goods and a 110% tariff on services. The impact of these barriers on growth is much greater than that of external tariffs imposed by most trade partners (Kammer, 2024).

Without broader market access, firms face limited opportunities to benefit from economies of scale (Grassi, 2024). Limited scale, in turn, constrains productivity gains (Neri et al., 2023). As a result, this fragmented internal market, reinforced by intra-EU non-tariff barriers, prevents European firms from

fully leveraging the size of the EU economy and achieving higher productivity.

Ageing population

The share of elderly people in Europe is rising. As of January 2024, people aged 65 and over accounted for 21.6% of the EU population, up from 18.7% a decade earlier (Eurostat, 2025c). Over the coming decades, these trends are expected to accelerate. By 2100, the share of people aged 65 and over is projected to reach 32.5%, while the working-age population will continue to decline. The old-age dependency ratio, i.e., the number of people aged 65 and over compared to those aged 15 to 64, is expected to nearly double from 33.9% in 2024 to 59.7% by 2100 (Eurostat, 2025d). An ageing population results from rising life expectancy and persistently low fertility rates (Tzouganatou, 2022) (Szűcs, 2024). Older people tend to adopt new technologies slower than younger people. This can explain the slowing pace of technology adoption in the EU that impacts productivity growth.

Moreover, an ageing population increases the demand for healthcare services and pension payments. Age-related spending places pressure on public finances and diverts funds from growth areas like education, infrastructure, and technology.

Compared to younger economies such as India, where the median age is almost twice lower (29 versus 45), the EU faces challenges in maintaining competitiveness (Worldometer, 2025; Eurostat, 2025c).

External factors

Intensifying global competition

Global competition is intensifying as developing countries expand their capacity. Between 2005 and 2024, China's share of global exports rose from 7.4% to 15.0% (International Trade Centre, 2025). As emerging economies like China grow, European

¹ Author's calculation using data from Investing.com

² Each accounting for roughly 15% of global GDP (PPP-adjusted)

firms face stronger competition at home and abroad.

A notable example is the electric vehicle (EV) sector, where Chinese manufacturers have significantly increased their global market share, reaching approximately 76% (Hawkins, 2024). This expansion has been driven by low-cost models with advanced digital features, underpinned by aggressive industrial policy and extensive state subsidies that distort global markets (Li et al., 2024). In many cases, Chinese firms benefit from preferential access to capital, land, and raw materials, and are supported by coordinated state-backed export strategies. These advantages strengthen their profit margins, enabling greater re-investment in innovation and productivity-enhancing upgrades, accelerating productivity growth over time. As Chinese productivity rises, even if Europe's absolute productivity remains stable, its productivity relative to China declines, leaving the European economy less competitive in global markets.

In response, the EU has introduced countervailing tariffs of up to 45% on Chinese EV imports, citing market distortion through state subsidies. Despite these measures, Chinese firms such as BYD and Zeekr continue to increase their investment footprint in Europe and elsewhere (Li et al., 2024).

Subsidies are not only unfair from a trade perspective but also contribute to illicit or hidden practices. These include transshipment, where goods are routed through third countries to hide their true origin and avoid trade rules, underreporting production costs, and exploiting weak regulations in partner countries. Imports of counterfeit and pirated goods now make up 5.8% of all products entering the EU (OECD/EUIPO, 2021). All these practices create market distortions that favour foreign producers and harm European companies making them less competitive.

Geopolitical challenges

Geopolitical shocks have highlighted vulnerabilities in the EU's competitiveness. The EU is highly dependent on imported

energy. For decades, affordable and abundant energy imports, particularly from Russia, underpinned European industrial competitiveness. The EU's energy import dependency rate stands at over 60%, higher than China's 25%, while the US is a net energy exporter (Eurostat, 2025e; McKinsey, 2024). Before the war, Russia supplied over 40% of EU gas. The US, by contrast, is energy self-sufficient, benefitting from abundant domestic production of shale oil and gas. China has long pursued a strategy of diversified supply contracts and state-controlled energy pricing (Council of the European Union, 2025).

The war in Ukraine marked a turning point for Europe's energy security, leading to increases in the prices of key resources. Following the onset of the conflict, natural gas prices in the EU rose by approximately 180%, while coal and oil prices increased by 130% and 40%, respectively (Adolfson, et al., 2022). By January 2025, electricity bills in the EU capitals were 36% higher than four years earlier (Yanatma, et al., 2025). These cost increases have reduced energy-intensive sectors' margins, weakening the competitiveness of EU exports.

Combined, these internal structural weaknesses and external global pressures are holding back the EU's productivity growth. The next section explores how slow productivity growth translates into slower income growth and rising disparities across the EU.

CONSEQUENCES: THE RESULT IS THE EROSION OF EUROPE'S ECONOMIC STRENGTH

This section describes how the EU's weakening productivity performance is translating into economic and social consequences.

Slow income growth

Improvements in living standards must come from growth in productivity because living standards are measured as income per person. In other words, a country cannot improve living standards simply by in-

creasing its population. When productivity stagnates, firms are unable to increase labour productivity. This limits their ability to raise wages and reduces profit margins for investors and owners. A key indicator of weak productivity is slow growth in GDP per capita, a key measure of average income levels. Since the 2008 global financial crisis, GDP per capita in the EU has grown by only 11%, compared to a 70% increase in the US over the same period (see Figure 2). In 2010, the average US citizen enjoyed a GDP per capita (PPP-adjusted) roughly 32% higher than their EU counterparts. By 2023, this gap had widened to 38% (World Bank, 2025b).

Poverty and regional disparity

Everything else being equal, declining competitiveness reduces the share of income accruing to workers and widens the gap between high- and low-income groups (Furman et al., 2018). Meanwhile, constrained fiscal space limits governments' ability to support vulnerable groups.

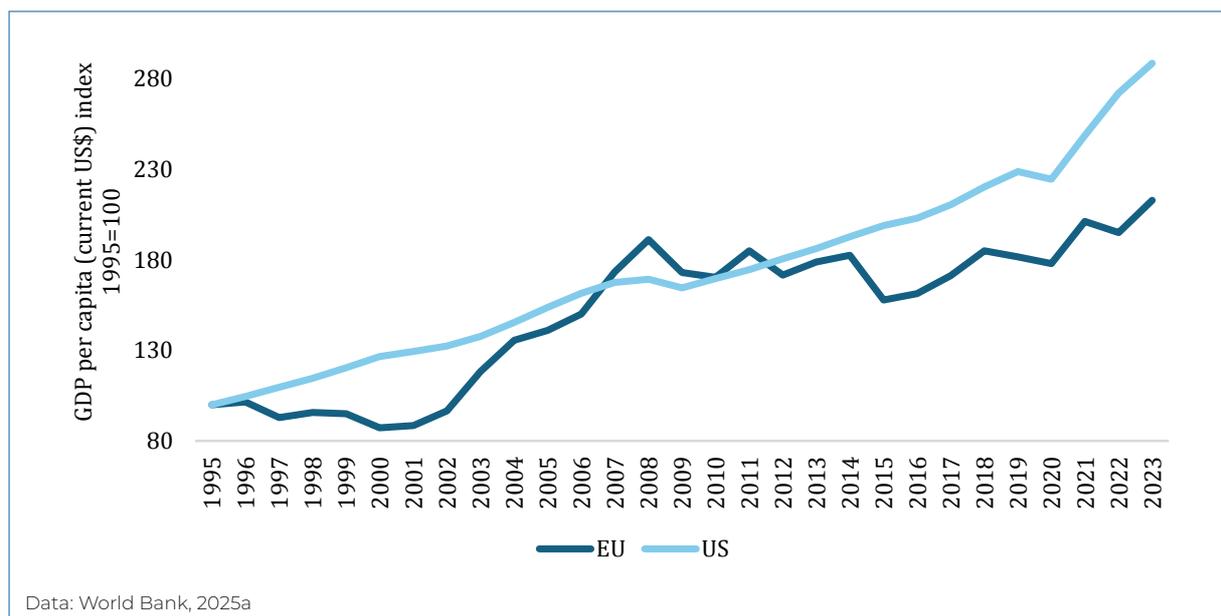
IMF research shows that stagnation periods lasting four years or more can raise

income inequality by nearly 20%, a larger effect than many recessions. Prolonged low growth weakens labour markets, slowing job creation, depressing wages, and increasing structural unemployment (Georgieva, 2024). This trend is visible in the EU. The share of social protection in government expenditure declined from 41.4% to 39.3% (Eurostat, 2025f). According to the 2024 Eurobarometer survey, 56% of lower-income households reported difficulty covering basic expenses, up from 40% in 2023 (Ahrendt et al., 2025). These data reflect a deterioration in economic well-being among vulnerable groups.

Regional disparities are prevalent as well. In 2024, over 40% of people in Greece (55%), Croatia (45%), Latvia (41%), Estonia (41%), Hungary (40%), and Cyprus (40%) reported difficulty making ends meet, well above the EU average of 30% (Ahrendt et al., 2025).

Poverty indicators further confirm this stagnation in social progress. The EU's 2020 strategy aimed to lift over 20 million people out of poverty or social exclusion, yet only half that goal was achieved (Eurostat, 2025g; European Parliament, 2024). Since then, progress has stalled. In 2024, the share of the population at risk of poverty stood at 21%, unchanged from 2019 (Eurostat,

FIGURE 2
GDP PER CAPITA (CURRENT US\$) IN THE EU AND US, 1995-2023, INDEX 1995=100



2025h). This persistence signals a broader failure to improve resilience among vulnerable groups.

The next section discusses emerging pressures that threaten to deepen EU competitiveness challenges.

COMPLICATION: NEW PRESSURES THREATENING FUTURE COMPETITIVENESS

This section describes the emerging challenges that could further widen the EU's productivity gap with other major economies in the foreseeable future.

Accelerating technological disruption

Europe's weak position in emerging technologies may cement its subordinate position in global standard-setting.

Technologies such as Artificial Intelligence (AI), quantum computing, and cloud infrastructure are becoming general-purpose tools for innovation across multiple sectors (Raskovich, 2025; Fleming, 2021). Among these general-purpose technologies, AI is the most transformative. According to McKinsey, generative AI, a type of AI that creates text, images, or code, could add \$575.1 billion to the European economy by 2030. The largest gains are expected in consumer goods and retail (\$101.9 billion) and healthcare (\$55.7 billion) (Sukharevsky et al., 2024).

Reflecting this potential of AI, in 2025, the EU announced plans to mobilise €200 billion in AI-related investments mostly from private funds. That includes a €20-billion fund to develop five AI facilities with capacities four times greater than the world's most advanced facilities (Orru, 2025).

However, despite these ambitions, Europe has not succeeded in establishing a leading role in AI. Since 2017, 70% of foundational AI models have been developed in the US. Three US hyperscalers control over 65% of both the global and European cloud mar-

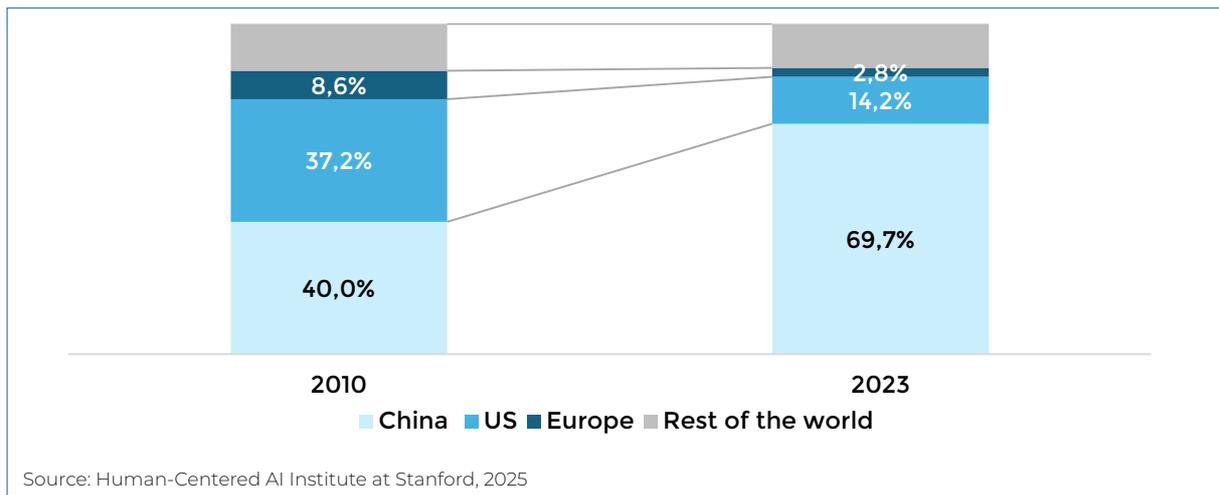
ket, while the largest European provider holds just 2% (Draghi, 2024). Also, AI adoption remains low, with only 11% of the EU firms reporting usage (Orru, 2025). These gaps suggest Europe may fail to embed AI into its industrial ecosystem in the foreseeable future, limiting its ability to scale innovation and increase productivity.

Research base in AI is also weak compared to peers. The EU's share of global granted AI patents fell from 8.6% in 2010 to just 2.8% in 2023. Meanwhile, China's share surged from 13.4% to 69.7% (see Figure 3). The growing research gap with China could limit the EU's ability to harness AI's economic potential and realize its productivity gains.

The EU is also falling behind in other general-purpose technologies such as quantum computing, which is advancing quickly. It has major implications for sectors like materials science and pharmaceuticals (Singh, 2025; Patel et al., 2024). Among the world's ten largest investors in quantum technologies, five are US-based and four are Chinese. None of the top ten quantum investors are European (Draghi, 2024). Similarly, cloud technologies – digital platforms that provide on-demand access to computing power, storage, and software over the internet – are consolidating globally. This trend favours firms with deep capital reserves and vertically integrated services, where European providers lack the scale to compete effectively (Draghi, 2024).

AI, quantum computing, cloud technologies and other general-purpose technologies are driving faster productivity gains than past innovation cycles. Countries that lead in these areas are now setting the direction and defining how technologies are used and how markets develop. Leading countries will use this position to establish international standards and shape persistent market norms. These secure a lasting competitive advantage. Europe's weak presence in new technologies will constrain its ability to compete. Europe will have to follow technological directions and norms defined by other countries. This position will entrench Europe's disadvantage and make it less competitive.

FIGURE 3
GRANTED AI PATENTS AS SHARE OF WORLD TOTAL BY REGION, 2010-2023



Intensifying competition for highly skilled workers

As Europe ages and global competition for talent intensifies, the EU is on track to face a rapidly widening workforce gap.

Against a backdrop of a record-high employment rate of 75.3% in 2023 and historically low unemployment at 6.1%, skilled labour shortages remain a major challenge in the EU (European Commission, 2025b). Nearly four in five of SMEs report difficulties finding workers with the right skills (European Commission, 2023b). The shortfall is most acute in critical sectors like science, technology, engineering, and mathematics, where the EU produces 20% fewer graduates per capita than the US and 45% fewer than South Korea (McKinsey, 2024).

However, as the importance of high-skilled workers grows, their global competition is set to intensify. Peer economies are already implementing new measures to attract or keep highly skilled workers. Through its Global Skills Strategy (GSS), Canada offers expedited work permit processing, often within two weeks, for highly skilled professionals and their families (Government of Canada, 2025). Australia introduced the National Innovation Visa, which allows highly skilled workers to benefit from faster visa

processing (Australian Government, 2025). Emerging economies like China are improving local opportunities, making it more appealing for skilled workers to stay or return (Haipeng et al., 2024; Fedasiuk et al., 2020).

Accelerating technological disruptions and intensifying competition for highly skilled workers are likely to amplify the impact of existing structural weaknesses on EU productivity. The next section presents a policy framework to help the EU rebuild its productivity by addressing both long-standing pressures and emerging challenges.

SOLUTION: R.A.I.S.E. CAN INCREASE THE EU'S LONG-TERM PRODUCTIVITY AND COMPETITIVENESS

To address the structural weaknesses holding back the EU's productivity, this section proposes a five-part framework, **R.A.I.S.E.**, focused on **R**eskilling, **A**llocating resources effectively, **I**nnovating, **S**caling digital, and **E**xecuting strategies across member states. This framework provides a set of instruments for member states to implement effective reforms that reinforce competitiveness.

Reskill the workforce and reform labour markets

Update education systems and equip workers with future-ready skills

Europe's education systems must adapt to prepare workers for a rapidly evolving economy. Education systems need to train people to not only work with new technologies but also stay flexible as technologies evolve. Digital skills, such as coding, data literacy, and AI awareness, should be integrated into primary, vocational, and higher education. Embedding these skills early on ensures that graduates are ready to meet the demands of technological changes. Such a future-ready workforce will mitigate the risk of structural unemployment by equipping the workforce with the skills required for tomorrow's jobs or the agility to learn new skills.

Reform labour market policies to lengthen working age

Older workers bring an expertise that can improve efficiency, reduce errors, and support knowledge transfer. Early retirement results in the underutilisation of this potential. Labour market reforms should prioritise retaining experienced workers and supporting their adaptability to leverage this experience. This requires two main levers. First, incentivise work at older ages, through flexible pension rules, upskilling opportunities, and age-friendly workplace design. Second, discourage early retirement by phasing out incentives that encourage premature exits from the workforce, particularly among healthy and capable individuals. These measures will increase the effective labour supply, reduce pension burdens, and support economic resilience in the face of demographic challenges.

Allocate resources more efficiently toward dynamic, high-growth sectors

Redirect industrial policies from low-growth legacy sectors toward innovative sectors

Governments use public interventions such as subsidies, export support, and invest-

ment incentives, commonly referred to as industrial policies, to strengthen domestic industries and enhance competitiveness. IMF research shows that industrial policies improve firm performance only when applied to sectors that are already innovative and competitive. When directed at industries with low productivity, these tools often prove ineffective and can delay economic transformation (Baquie et al., 2025). Accordingly, the EU should prioritise industrial policy based on innovation potential rather than politically motivated allocations.

We analysed EU patent data from 2015 to 2024 to identify areas with such potential. These are sectors where EU firms hold a high share of globally granted patents³. The results show that EU firms hold a strong patent position in renewable energy, gas and liquid storage, plastic processing, heat exchangers, and aviation and space and many other areas (see Figure 4). Prioritising these sectors for industrial policy support would amplify the impact of private-sector innovation, generating productivity spillovers across supply chains.

Innovate through science, commercialisation, and regulatory reform

Strengthen commercialisation pipelines to turn research into products

To improve the process of converting research into market-ready products, the EU should expand support for technology transfer offices (TTOs), which help universities and research institutions patent, license, and spin-off innovations. Networks like the TTO Circle already support over 35,000 patents and 4,000 start-ups, but many national ecosystems remain under-resourced (European Commission, 2024c).

The EU should also promote intrapreneurship, where employees innovate from within firms. Governments should provide tax incentives for innovation activities within firms and support collaboration between firms and research institutions to embed entrepreneurial thinking into organisational cultures. This can help firms

³ Sectors contributing less than 0.3% of total EU's granted patents were excluded from the analysis to ensure relevance.

invest in research and convert innovations into products.

Modernise regulation to enable responsible experimentation

The EU must reform its regulatory environment to support innovation. While the precautionary principle plays an important role in risk management, rigid and overcautious applications can hamper innovation. Instead, the EU should move toward a risk-proportionate regulation. Regulatory sandboxes, i.e., controlled environments where new technologies can be tested under close supervision, are one proven tool. The EU should expand their scope, standardise best practices, and integrate them into broader regulatory strategy. This would allow innovation and regulation to co-evolve, supporting experimentation while ensuring public safety.

Traditional industries such as consumer goods, construction, and healthcare, which employ millions and account for a large

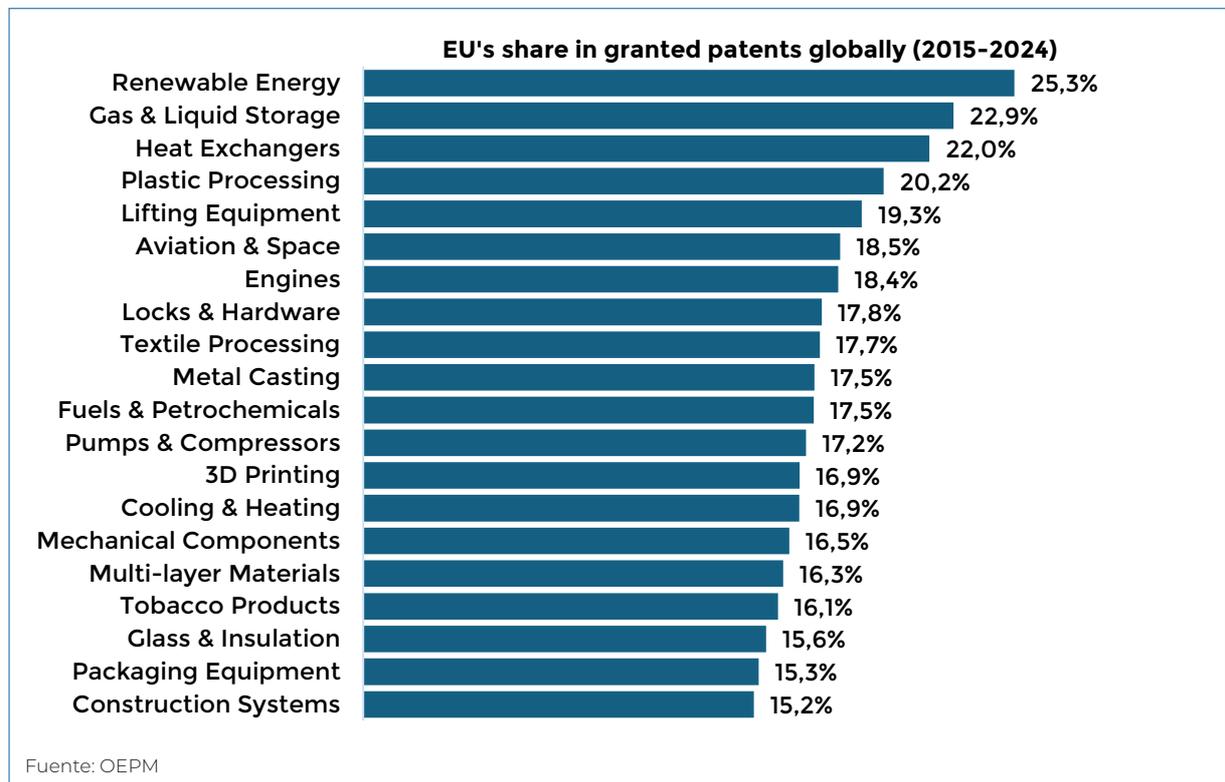
share of household consumption, must also undergo technological transformation to remain competitive.

Execute coordinated industrial strategies across member states

Build joint industrial initiatives around key strategic sectors

Fragmented national strategies prevent European firms from scaling innovation or competing globally. Joint industrial initiatives to support innovation in scale-dependent industries like quantum computing and cloud technologies are essential to unlock efficiencies and accelerate innovation. The focus should also extend to traditional industries that already operate at scale and shape everyday life, including agriculture and consumer goods manufacturing. These industries are central to economic resilience and social wellbeing. Driving innovation in these industries will not

FIGURE 4
TOP 20 AREAS WHERE THE EU HOLDS HIGHER SHARE IN WORLD TOTAL GRANTED PATENTS (2015-2024), EXCLUDING AREAS THAT REPRESENT LESS THAN 0.3% OF TOTAL EU'S GRANTED PATENTS



only strengthen Europe's competitiveness but also deliver visible benefits for citizens.

Pool expertise at the EU level to compete with global players

Unlike the US and China, which rely on integrated national capabilities, Europe's fragmented knowledge base undermines its capacity to anticipate economic trends and respond effectively. The EU should create a permanent Industrial Expert Network bringing together national experts, EU officials, and independent researchers into a single coordinated body to compete.

This network would monitor technological trends, market signals, and supply chain risks. It would play a dual role: first, identifying emerging vulnerabilities that require early policy action; second, spotting high-potential opportunities where Europe can lead. Its core value lies in enabling foresight and coordinated response and gaining early access to new markets or technologies. It functions as an early-warning and early-readiness system that shifts industrial strategy from reactive to forward-looking.

The EU should integrate the Industrial Expert Network directly into its policymaking process. Its insights must inform key decisions, such as funding allocations, program design, and regulatory frameworks.

CONCLUSION

Europe's productivity and competitiveness are declining, threatening incomes, social cohesion, and prosperity. Lagging innovation, regulatory barriers, market fragmentation, and limited access to private equity are some of the main reasons. In the global race for AI, the potential consequences for Europe's economic position are considerable. Lagging in a highly concentrated global competition for technological leadership with the US and China threatens Europe's long-term prosperity. An ageing workforce and intensifying competition for skilled workers exacerbate Europe's vulnerabilities.

Unless the EU changes its overly cautious approach to innovation and burdensome regulation, it will remain dependent on the

US and China. This dependency is already growing and risks becoming permanent. A shift to a risk-proportionate regulation would allow innovation and regulation to co-evolve, enabling experimentation and helping restore Europe's capacity to lead.

To reverse course, we suggest implementing the R.A.I.S.E. framework. It includes the following pillars: Reskilling the workforce to equip people with future-ready skills to enhance labour productivity; Allocating capital to sectors where Europe already holds a competitive edge to raise total factor productivity; Innovating through risk-based regulation and improved commercialisation pipelines to accelerate the translation of science into products and services; Scaling digital infrastructure and harmonising digital rules to increase firm-level efficiency, reduce costs; Executing joint industrial initiatives across borders to pool expertise.

REFERENCES

- Adilbish, Oyun Erdene, Diego Cerdeiro, Romain Duval, Gee Hee Hong, Luca Mazzone, Lorenzo Rotunno, Hasan Toprak, and Maryam Vaziri (2025), "Europe's Productivity Weakness: Firm-Level Roots and Remedies", *IMF Working Paper*.
- Adolfson, Jakob Feveile, Kuik Friderike, Lis Magdalena, Schuler Tobias (2022), "The impact of the war in Ukraine on euro area energy markets", *European Central Bank Economic Bulletin*.
- Ahrendt, Daphne, Sándor, Eszter, Chédorge-Farnier, Daphné, and Schulte-Brochterbeck Larissa (2025), "Quality of life in the EU in 2024: Results from the Living and Working in the EU e-survey", *European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions*.
- Anderton, Robert, Vasco Botelho, and Paul Reimers (2023), "Digitalisation and Productivity: Game-changer or Sideshow?", *ECB Working Paper*.
- Australian Government – Department of Home Affairs (2025), "National Innovation visa".
- Baque, Sandra, Yueling Huang, Florence Jaumotte, Jaden Kim, Rafael Machado Parente, and Samuel Pienknagura (2025), Industrial Policies: Handle with Care, *IMF Staff Discussion Note*.
- Bergeaud, Antonin, Gilbert Cette, and Rémy Lecat (2016), "Productivity Trends in Advanced Countries between 1890 and 2012", *Review of Income and Wealth*.
- Cerdeiro, Diego, Gee Hee Hong, and Alfred Kammer (2024), "How to Awaken Europe's Private Sector and Boost Economic Growth", *IMF Blog*.
- Council of the European Union (2025), "Where does the European Union's gas come from?".

- Dias da Silva, António, Paola Di Casola, Ramon Gomez-Salvador, and Matthias Mohr (2024), "Labour productivity growth in the euro area and the United States: short and long-term developments", *European Central Bank*.
- Doğan, Ebru (2016), "The Effect of Innovation on Competitiveness", *Ekonometri ve İstatistik Sayı*.
- Draghi, Mario (2024), "The future of European competitiveness".
- EUR-Lex. "Precautionary Principle", Accessed on 20.04.2025.
- European Commission (2023a), "Enterprise and Innovation for Competitiveness".
- European Commission (2023b), "European Year of Skills – Skills Shortages, Recruitment and Retention Strategies in Small and Medium-Sized Enterprises", *Eurobarometer FL529*.
- European Commission (2024a), "Why Europe is losing the race for innovation".
- European Commission (2024b), "AI Act".
- European Commission (2024c), "Competence Centre on Technology Transfer".
- European Commission (2025a), "Single market and standards".
- European Commission (2025b), "Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Competitiveness Compass for the EU".
- European Investment Bank (2021), "Digitalisation in Europe 2020-2021: Evidence from the EIB Investment Survey".
- European Parliament (2024), "The fight against poverty, social exclusion and discrimination".
- European Economic Community (1957), "Treaty of Rome".
- Eurostat (2024), "R&D expenditure".
- Eurostat (2025a), "Labour productivity and unit labour costs by industry (NACE Rev.2)".
- Eurostat (2025b), "Cloud computing services".
- Eurostat (2025c), "Population structure and ageing".
- Eurostat (2025d), "Population on 1st January by age, sex and type of projection".
- Eurostat (2025e), "Energy statistics".
- Eurostat (2025f), "General government expenditure by function".
- Eurostat (2025g), "Persons at risk of poverty or social exclusion by age and sex - EU 2020 strategy".
- Eurostat (2025h), "Persons at risk of poverty or social exclusion by age and sex".
- Fedasiuk, Ryan and Feldgoise Jacob (2020), "The Youth Thousand Talents Plan and China's Military", *Center for Security and Emerging Technology*.
- Fleming, Sean (2021), "Top 10 technology trends that will shape the coming decade, according to McKinsey", WEF.
- Foroohar, Rana (2025), "Europe's perfect storm", *Financial Times*.
- Furman, Jason, and Peter Orszag. "Slower Productivity and Higher Inequality: Are They Related?" *Harvard Kennedy School*.
- Government of Canada (2025), "Global Skills Strategy: Find out if you're eligible for faster processing. *Immigration, Refugees and Citizenship Canada*.
- Georgieva, Kristalina (2024), "A low-growth world is an unequal, unstable world", *IMF Blog*.
- GLOBSEC (2024), "Shaping the Next EU Commission's Priorities: Forging a more competitive EU".
- Google Patents (2025). "Google Patents Public Data" (via BigQuery), patents with kind codes B1/B2 and priority dates from 2015 to 2024. Data retrieved and analysed using SQL.
- Grassi, Basile (2024), "The EU Miracle: When 75 Million Reach High Income", *IGIER Working Paper*.
- Grech Deguara, Susanna (2024), "The Absence of Apple Intelligence in the EU", *Chetcuti Cauchi Advocates*.
- Haipeng, Zhang and Yu Wang (2024), "Migrant workers returning to villages provide momentum for nation's rural revitalization", *Global Times*.
- Hancock, Alice (2024), "Is Red Tape Strangling Europe's Growth?" *Financial Times*.
- Hawkins, Amy (2024), "China's share of global electric car market rises to 76%", *The Guardian*.
- Human-Centered AI Institute at Stanford (2025), "Artificial Intelligence Index Report 2025".
- International Trade Centre (2025), "Trademap".
- Institute for Management Development (2024), "IMD World Competitiveness Booklet 2024".
- Investing.com, "S&P 500 Historical Data and STOXX Europe 600 Historical Data", Accessed on 02.05.2025.
- Kammer, Alfred (2024), "Europe's Choice: Policies for Growth and Resilience", *IMF working paper*.
- Li, Gloria, Inagaki, Kana, and Hale, Thomas (2024), "Chinese carmakers reset European ambitions as EU tariffs bite", *Financial Times*.
- Lucey, Brian, Li Sile (2013), "What Precious Metals Act as Safe Havens, and When? Some US Evidence", *Applied Economics Letters*.
- Mačiulytė-Šniukienė, Alma, Dargenytė-Kacilevičienė, Laura Matuzevičiūtė, Kristina (2023), "Convergence in transport and ICT infrastructure: Evidence of EU member states", *Journal of International Studies*.
- McKinsey Global Institute (2024), "Accelerating Europe: Competitiveness for a New Era".
- Mura, Petru Ovidiu, Donath Liliana Eva (2023), "Digitalisation and Economic Growth in the European Union", *Electronics*.
- My Country Europe (2018), "Gold-plating: how EU States over-regulate themselves and then blame Brussels".
- Neri, Matteo, Gianluca Orefice Laine, and Michele Ruta (2023), "Deep Trade Agreements and Heterogeneous Firm Exports".
- OECD/EUIPO (2021), "Global Trade in Fakes: A Worrying Threat", *OECD Publishing*.
- OECD (2023), "Competition and Innovation: A Theoretical Perspective", *OECD Competition Policy Roundtable Background Note*.
- Orru, Mauro (2025), "European Union Bets on Gigafactories to Catch Up With United States, China in Artificial Intelligence Race", *The Wall Street Journal*.

- Patel, Hiral, Sejal Mishra, Rahul Jain, and Nirali Kansara (2024), "The Future of Quantum Computing and its Potential Applications", *Journal for Basic Sciences*.
- Presidente, Giorgio and Frey, Carl Benedikt (2022), "The GDPR effect: How data privacy regulation shaped firm performance globally", *VoxEU*.
- Raskovich, Kelly, (2025), "In Tech Trends 2025", *Deloitte*.
- Reuters (2024), "Qatar threatens to stop EU gas sales if fined under due diligence law".
- Rzepecka, Julia, Aleksander Fuksiewicz, Francesca Squillante, Lukas Alijošius, Ilsa Godlovitch, Peter Stamm, Julia Wielgosch, and Martin Lundborg (2024), "The Impact of EU Legislation in the Area of Digital and Green Transition, Particularly on SMEs", *Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, Directorate-General for Internal Policies, European Parliament*.
- Singh, Ajit (2025), "Prospect of Future Computing Era Using Quantum Computing", *Patna University*.
- Sukharevsky, Alexander, Eric Hazan, Sven Smit, Marc-Antoine de la Chevasserie, Marc de Jong, Solveigh Hieronimus, Jan Mischke, and Guillaume Dagorret (2024), "Time to Place Our Bets: Europe's AI Opportunity", *McKinsey & Company*.
- Szűcs, Péter (2024), "Demographic shifts and economic challenges in the European Union", *Európai Tükör*.
- The Conversation (2024), "Europe's tech industry is lagging behind the US – but it gives the continent a chance to write the rules of the game".
- Tzouganatou, Simoni Gerasimina (2022), "The Ageing Population of the European Union: Challenges and Prospects", *HAPSc Policy Briefs Series*.
- World Bank (2025a), GDP per capita (current US\$)".
- World Bank (2025b), "GDP per capita, PPP (constant 2021 international \$)".
- Worldometer (2025), "India Population (1950-2025)".
- Yanatma, Servet, (2025), "Three years on: How Russia's invasion reshaped energy prices across Europe", *Euronews Business*.
- Zymek, Robert (2024), "Total Factor Productivity: How Can Economies Do More with Less?", *Finance & Development, International Monetary Fund*.

ABOUT THE AUTHOR

Ashok Kaul is a German economist specialising in quantitative methods in strategy consulting, including statistics, machine learning, and computational economics. He currently serves as a Senior Partner at Roland Berger N3XT, where he focuses on enhancing the firm's impact through data science, big data, regulatory impact assessments, and microsimulation models. He began his academic journey in Germany, earning a master's degree in economics from the University of Constance and a Ph.D. in economics from the University of Bonn. Ashok Kaul has held faculty positions at several prestigious European institutions, including Universitat Pompeu Fabra in Spain, Gutenberg University Mainz in Germany, the University of Oslo in Norway, and the University of Zurich in Switzerland. Since 2009, he has been a Full Professor of Economics at Saarland University in Germany. Dr. Kaul's research interests encompass public policy, labour economics, health economics, and applied econometrics. His work often involves the application of synthetic control methods and the analysis of smoking behaviour in Germany. He has published extensively in these areas, contributing to both academic and policy-oriented discussions.

LOS INCENTIVOS A LA INVERSIÓN PARA LA DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL EN LA UE Y LOS EE. UU. ¿EXISTE MARGEN DE MEJORA?

MACARENA LARREA BASTERRA
STEPHANÍA MOSQUERA LÓPEZ

El cambio climático y sus implicaciones medioambientales, sociales y económicas sitúan a la sociedad ante un gran desafío. La descarbonización debe llevarse a cabo lo más rápido posible, “para limitar el incremento de la temperatura media del planeta y asegurar que los impactos son gestionables y los costes asumibles”. Este proceso de transición supone, además, la necesidad de lograr un uso razonable y responsable de los recursos naturales, de manera que se garantice a las generaciones futuras su capacidad de conseguir el mayor bienestar posible (Orkestra, 2023).

Abordar la transformación de la economía hacia otra medioambientalmente sostenible requiere, entre otros, el empleo de tecnologías limpias (e.g., energías renovables y otras relacionadas con el ecodiseño, la gestión del agua o la agricultura sostenible). Esto a su vez plantea la necesidad de elevados volúmenes de inversión en un contexto de incertidumbre y tensión (tecnológica, geopolítica, logística y regulatoria)

junto con un déficit de financiación, lo que requiere la optimización de la asignación y empleo de los recursos disponibles (Larrea Basterra & Mosquera López, 2024).

La Unión Europea (UE) se enfrenta a esta situación en una posición de debilidad frente a los Estados Unidos (EE. UU.) y China, debido a la brecha en innovación, los elevados y variables precios de la energía y la necesidad de reducir las dependencias exteriores y aumentar la seguridad energética (European Commission, 2024).

Para avanzar en la mejora de la deteriorada competitividad europea la European Commission (2025) plantea como elementos clave: (i) la simplificación de la carga normativa y administrativa, (ii) la reducción de los obstáculos al mercado único, (iii) la creación de un mercado de capitales para convertir el ahorro en inversión, (iv) la promoción de capacidades profesionales y empleo de calidad y (v) la mejora de la coordinación de las políticas nacionales y comunitarias.

Los desarrollos tecnológicos necesarios para abordar la descarbonización de la economía y mantener la competitividad pueden promoverse mediante el empleo de incentivos a la inversión, que, en general, se entienden como aquellos estímulos o ventajas que se conceden a una persona, empresa, grupo o sector económico con el objetivo de promover o influir en determinados comportamientos o acciones. Los incentivos buscan compensar fallos de mercado que empujan a los agentes a no invertir en un determinado proyecto o entorno geográfico y son creados, concedidos y gestionados por organismos o instituciones públicas.

Existe una gran variedad de incentivos para promover diferentes tipos de proyectos, así como diferentes maneras de diseñarlos y de administrarlos, dependiendo de los objetivos de las instituciones que los conceden. Además, existen diferentes maneras de categorizarlos. Para este artículo se ha seguido la clasificación de Larrea Basterra & Mosquera López (2024) según la cual, los diferentes incentivos se catalogan en: (i) incentivos económicos (subsidios o subvenciones), (ii) incentivos financieros (de deuda o capital), (iii) incentivos fiscales (impuestos o beneficios fiscales), (iv) incentivos de mercado, (v) incentivos de conocimiento y colaboración e (vi) incentivos regulatorios.

Los incentivos económicos (que incluyen incentivos laborales como subvenciones para la contratación o formación de empleados) y los financieros (donde se pueden incluir préstamos o esquemas de garantías) son empleados por los Gobiernos para abordar barreras a la inversión relacionadas con el acceso a fondos.

En los económicos, se reduce el volumen de fondos necesarios para abordar los costes de un proyecto. Los financieros, por su parte, facilitan el acceso a la financiación ajena o reducen la necesidad de búsqueda de socios, ya que las instituciones apoyan el proyecto con una participación en el capital de este. En ambos casos, el importe total disponible suele tener un límite máximo.

Los instrumentos fiscales pueden centrarse en los beneficios obtenidos, en los gastos incurridos o en los daños ocasionados,

entre otros. Pueden tomar la forma de impuestos o de beneficios fiscales. Son incentivos muy populares y constituyen uno de los principales instrumentos empleados a nivel mundial, en muchas ocasiones para atraer inversión extranjera y hacer más atractivo un territorio.

Los incentivos de mercado (relacionados con precios o cantidades comercializadas) tienen en común su relación con las señales de mercado que promueven la inversión (e.g., subastas competitivas, cuotas o Carteras de renovables). Los incentivos agrupados bajo la categoría de conocimiento y colaboración tienen diferente naturaleza entre sí y están relacionados, entre otros, con la formación, los servicios de apoyo técnico, la colaboración público-privada, la contratación pública verde o la taxonomía verde.

Por último, los incentivos regulatorios son políticas cuyo objetivo es atraer a las empresas a través de normas. Muchos de los incentivos anteriores tienen un componente regulatorio, dado que su creación parte de una norma previamente desarrollada.

Teniendo en cuenta esta clasificación y el contexto actual, el presente artículo presenta en las secciones 2 y 3 los principales incentivos desarrollados y su naturaleza en la UE y en los EE. UU. en los últimos años. La sección 4 recoge los principales cambios que, en 2024, se han producido y que pueden tener importantes repercusiones en el ámbito de los incentivos a la inversión debido a las elecciones europeas y estadounidenses, para terminar el artículo con una reflexión final en la sección 5.

LA UNIÓN EUROPEA Y SU PESADA CARGA NORMATIVA

Desde inicios del presente siglo, la UE ha desarrollado todo un acervo legislativo relacionado con la energía y el medioambiente, que ha ido evolucionando y completándose. Diciembre de 2019 marcó un hito con la publicación de la Comunicación del Pacto Verde Europeo (PVE), que pretendía posicionar a la UE como líder mundial en la descarbonización.

El PVE, la Ley Europea del Clima y el paquete *Fit for 55*

El PVE es una estrategia, a largo plazo, de crecimiento y competitividad, amplia y transversal, que se convirtió en la base del plan de recuperación económica de la UE para hacer frente a la crisis generada por la pandemia del coronavirus. El PVE incluye los principios rectores y una hoja de ruta, con las principales actuaciones (bajo la forma de planes, estrategias, reglamentos y directivas) y un calendario aproximado, que fue desarrollándose de manera gradual entre 2020 y 2021.

En paralelo, y por medio de la Ley Europea del Clima, la UE se comprometió públicamente a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 55 % en 2030 con respecto a 1990 y a alcanzar la neutralidad climática en 2050, con una estrategia holística e intersectorial, basada en iniciativas en los ámbitos de la energía, clima, medioambiente, industria, transporte, agricultura y alimentación y finanzas sostenibles (ver FIGURA 1).

El PVE vino acompañado del Plan de recuperación NextGenerationEU, un incentivo

económico, con una dotación de 750.000 millones de euros (M€) para apoyar a los Estados miembros a abordar la transformación planteada por el PVE (impulsando la transición energética y medioambiental y otras áreas ligadas a las grandes transiciones, como la innovación y la digitalización, la cohesión y la resiliencia o la inmigración) y reparar los daños generados por la pandemia.

De acuerdo con Larrea Basterra & Mosquera López (2024), el Plan NextGenerationEU está compuesto por: (i) el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR) con 723.800 M€ para proveer subvenciones y préstamos que apoyen las inversiones, (ii) la Ayuda a la Recuperación para la Cohesión y los Territorios de Europa (REACT-EU) con 50.600 M€, (iii) Horizon Europe con 5.400 M€ para el apoyo a la I+D+i, (iv) InvestEU y sus 6.100 M€ para impulsar las inversiones, (v) el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) con 8.100 M€, (vi) el Fondo de Transición Justa con 10.900 M€, y (vii) RescEU de 2.000 M€ para responder ante grandes emergencias.

Asimismo, se aprobó el Marco Financiero Plurianual 2021-2027, en el contexto del

FIGURA 1
PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA HOJA DE RUTA DEL PVE

Energía	Clima	Medioambiente	Industria	Transporte	Agricultura y alimentación	Finanzas
<ul style="list-style-type: none"> • Oleada de renovación • Estrategia de hidrógeno • Estrategia de metano • Estrategia de energía renovable marina • Revisión de la regulación TEN-E 	<ul style="list-style-type: none"> • Pacto europeo del clima • Estrategia de adaptación al cambio climático • Ley europea del clima: neutralidad climática en 2050 • Nueva contribución nacional: reducción de las emisiones un 55 % para 2030 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia de biodiversidad • Reglamento de baterías sostenibles • Estrategia de químicos sostenibles • Estrategia de economía azul • Plan de acción de contaminación cero • Estrategia forestal de la UE • Iniciativa de política de productos sostenibles • 8º Plan de acción medioambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia industrial • Plan de acción de economía circular • Mecanismo de ajuste del carbono en frontera • Nueva Bahaus europea • Siderurgia cero carbono 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia de movilidad inteligente y sostenible • Fondos para los puntos de recarga y repostaje • Aumento de capacidad para los ferrocarriles y las vías fluviales • Revisión de la red TEN-T y de la infraestructura de combustibles alternativos • Límites más estrictos de los estándares de contaminación del aire a los motores de combustión 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de acción de agricultura ecológica • Estrategia de la granja a la mesa • Marco del carbono • Regulación de pesticidas biológicos • Recomendaciones de política agrícola comunitaria en los planes nacionales estratégicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismo de transición justa • Estrategia de finanzas sostenibles • Revisión de la Directiva de fiscalidad energética • Taxonomía • Plan de inversión <i>Green Deal</i>

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 2
PRINCIPALES ELEMENTOS DEL PAQUETE FIT FOR 55



presupuesto a largo plazo de la UE con más de 1,2 billones de euros (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, n.d.).

El 14 de julio de 2021 se publicó el paquete *Fit for 55*, el principal conjunto de políticas energéticas y climáticas para cumplir el PVE. Consta de un conjunto de propuestas interconectadas y complementarias que actualizan la legislación climática y energética con el fin de alcanzar el compromiso de reducir las emisiones un 55 % a 2030. Los elementos clave se recogen en la FIGURA 2.

Por su origen, todos los elementos mencionados se pueden clasificar bajo la categoría de incentivos regulatorios, que incluyen, en gran medida, objetivos (e.g., reducir la intensidad de las emisiones de la energía utilizada en buques un 80 % para 2050) y normas (e.g., regulación de la infraestructura de recarga o reabastecimiento de vehículos de transporte por carretera y barcos con combustibles alternativos), pudiendo, en ocasiones, incluir sanciones por incumplimiento (e.g., en el caso del régimen de comercio de derechos de emisión-RCDE-UE).

Algunos tienen un carácter fiscal como el Mecanismo de Ajuste del Carbono en Fron-

tera o la revisión de la Directiva de Fiscalidad Energética. Otros son incentivos de mercado como la revisión del Reglamento de Esfuerzo Compartido. Por su parte, el Fondo Climático Social, incentivo económico, supone la creación de un fondo para prestar ayuda a las personas y empresas más afectadas por la introducción de los sectores difusos (es decir, edificación y transporte por carretera) en el RCDE-UE.

Un nuevo impulso a la descarbonización tras la invasión de Ucrania

En mayo de 2022, tras la invasión rusa de Ucrania y con el fin de reducir la dependencia europea de los combustibles fósiles rusos y continuar con la descarbonización, la UE aprobó el Plan REPowerEU. Este plan contiene una serie de medidas (ver FIGURA 3) relacionadas con el ahorro energético, la diversificación de los suministros energéticos y la aceleración del despliegue de las energías renovables, que buscan garantizar el suministro de energía a precios asequibles (Comisión Europea, n.d.-b).

Las medidas contenidas en el plan REPowerEU incluyen diferentes tipos de in-

FIGURA 3
PRINCIPALES MEDIDAS DEL PLAN REPOWEREU

Medidas de corto plazo	Medidas de medio plazo (hasta 2027)
<ul style="list-style-type: none"> · Compras comunes de gas, gas natural licuado (GNL) e hidrógeno. · Nuevas asociaciones energéticas con proveedores fiables. · Puesta en marcha de proyectos de energía solar y eólica combinados con el despliegue de hidrógeno renovable. · Aumento de la producción de biometano. · Aprobación de los primeros proyectos de hidrógeno a escala de la UE. · Comunicación de la UE sobre el ahorro de energía con recomendaciones. · Llenar el almacenamiento de gas al 80 % de su capacidad para el 1 de noviembre de 2022. · Planes de reducción de la demanda coordinados por la UE. 	<ul style="list-style-type: none"> · Inversiones y reformas por 300.000 M€ en el marco del Fondo de Recuperación y Resiliencia. · Impulso a la descarbonización industrial con fondos en el marco del Fondo de Innovación. · Nueva legislación y recomendaciones para la concesión de permisos para las renovables. · Inversiones en redes de gas y electricidad integradas y adaptadas. · Aumento del objetivo de eficiencia energética y de energías renovables a 2030. · Garantía de acceso a materias primas fundamentales. · Medidas para aumentar la eficiencia energética en el transporte. · Marco regulador para el hidrógeno y 17,5 GW para 2025.

Fuente: elaboración propia a partir de European Commission (2022a).

centivos a la inversión en tecnologías limpias y en descarbonización. Los incentivos que prevalecen son los regulatorios como es habitual en la UE, mediante un acervo legislativo y estrategias que plantean metas a cumplir (e.g., aumento de los objetivos de eficiencia energética y de renovables), el desarrollo de directrices (e.g., en materia de reducción de la demanda, regulación de bombas de calor, marco normativo moderno del hidrógeno o una estrategia europea de energía solar), o la facilitación de los procesos de concesión de permisos.

Se ofrecen incentivos, económicos como la movilización de fondos en el contexto del MRR, bajo la forma de ayudas y subvenciones, por ejemplo, del Fondo de Innovación. Debido a la naturaleza de los compromisos adoptados y a la necesidad de un desplie-

gue de tecnologías renovables, también se planteó apoyo financiero a las inversiones mediante la canalización de fondos procedentes del RCDE-UE o del programa Invest EU que ofrece préstamos y financiación combinada.

También incluye incentivos fiscales, aunque en menor medida debido a las escasas competencias que, en esta materia, tiene la UE como la implementación de ayudas bajo la forma de reducciones o exenciones fiscales (e.g., reducción del IVA para la adquisición de sistemas de calefacción y refrigeración); e incentivos de mercado, también en menor medida, como los contratos de carbono por diferencias. Finalmente, también recoge incentivos de conocimiento y colaboración como el desarrollo de una plataforma de compra conjunta, un meca-

nismo de asesoramiento y apoyo técnico a la inversión, así como de formación y capacitación.

Con posterioridad a los tres grandes paquetes de medidas (PVE, *Fit for 55* y REPowerEU) y de carácter regulatorio, se encuentra el Plan Industrial del PVE de febrero de 2023, que busca potenciar la competitividad de la industria cero neta europea y promover la transición hacia la neutralidad climática. El Plan está basado en cuatro pilares: (i) un marco regulatorio estable y simplificado, (ii) un acceso más rápido a la financiación, (iii) una mejora de las capacidades y (iv) un comercio abierto para tener cadenas de suministro resilientes (Comisión Europea, n.d.-a). El plan plantea ampliar la producción de tecnologías limpias en la UE, entre ellas: la solar fotovoltaica y térmica, los electrolizadores y pilas de combustible, la eólica terrestre y las renovables marinas, el biometano sostenible y los combustibles renovables no biológicos, las baterías y almacenamiento, la captura y almacenamiento de carbono, las bombas de calor y la geotermia, y las tecnologías de redes.

En septiembre de 2023, entró en vigor el Reglamento de la Ley Europea de Chips, que busca fortalecer el ecosistema de semiconductores de la UE para lograr el 20 % de cuota del mercado global (el doble de su cuota actual). También en otoño de 2023, se aprobó la propuesta de la Comisión para la regulación de los bonos verdes europeos y adoptar un estándar de bono verde (EUGB) alineado con la Taxonomía Europea de actividades sostenibles, para demostrar actividades sostenibles y reducir el riesgo de invertir en proyectos no sostenibles (European Commission, n.d.-a).

En noviembre de 2023, entró en vigor la Directiva de Energías Renovables (RED III) basada en las Directivas de 2009 (RED I) y 2018 (RED II), que introduce un nuevo objetivo vinculante de, al menos, un 42,5 % de renovables en el consumo final bruto de energía en 2030, aspirando al 45 %; así como medidas más estrictas para garantizar el aprovechamiento de las renovables (European Commission, n.d.-b). La Directiva también incluye las garantías de origen (GO), cuya función es informar o demostrar al consumidor el origen renovable de

la energía, como instrumento de transparencia y fiabilidad de la información, y que pueden ser objeto de transacción durante doce meses desde su emisión (Unión Europea, 2023).

LA IRA Y EL POSICIONAMIENTO PROACTIVO DE LOS EE. UU.

Estados Unidos adoptó en 2021, durante el gobierno de Biden, objetivos climáticos ambiciosos que buscan reducir las emisiones de GEI en un 50-52 % para 2030 respecto a 2005, generar electricidad 100 % limpia para 2035 y alcanzar la neutralidad climática en 2050. Para cumplir con estas metas, el Gobierno impulsó una serie de reformas legislativas que incluyen la Ley Bipartidista de Infraestructura (2021), la Ley CHIPS & Science (2022) y, especialmente, la Ley de Reducción de la Inflación (*Inflation Reduction Act-IRA*) (2022).

La Ley Bipartidista de Infraestructura cuenta con un presupuesto de 550.000 millones de dólares (MUS\$) entre 2022 y 2026 para modernizar la infraestructura del país, con un enfoque en sostenibilidad y competitividad (The White House, 2021). La Ley CHIPS & Science cuenta con 280.000 MUS\$ para 2022-2031 y busca promover el liderazgo de EE. UU. en la investigación y desarrollo (I+D) de semiconductores, así como en su producción, e impulsar otras tecnologías como la nanotecnología, la inteligencia artificial (IA), la informática cuántica y las energías limpias (The White House, 2022).

La Ley IRA debe su nombre a su esencia, ya que consiste en una política fiscal contractiva, específicamente una reforma tributaria y una reforma de los precios de los medicamentos, que buscan reducir el déficit fiscal y, por ende, la inflación. La Ley tiene como objetivo destinar casi 400.000 MUS\$ a la inversión en tecnologías limpias para promover la seguridad energética y la mitigación y adaptación al cambio climático (Kleimann et al., 2023).

La Ley tiene como objetivo disminuir en un 40 % las emisiones de GEI en 2030 con respecto a los niveles de 2020. Para ello, busca promover una transición sostenible y justa

para la ciudadanía, reconociendo a grupos vulnerables como comunidades rurales y de nativos, mediante la disminución de los costes de la energía y la creación de empleos, además de mejoras en la competitividad de los EE. UU., con miras a posicionarse como líder en el desarrollo, innovación y producción de las tecnologías necesarias para esta transición (The White House, 2023a).

La Ley incluye más de 20 incentivos fiscales en forma de *tax credits* o deducciones en cuota, programas de subvenciones y ayudas y programas de préstamos. Los *tax credits* constituyen el eje central de la Ley, con un presupuesto de al menos 259.000 MUS\$, donde su valor efectivo dependerá de la adopción de estos por parte de empresas y consumidores, pues su otorgamiento no tiene límites (McKinsey & Company, 2022; WSJ, 2023).

Siguiendo la discusión presentada en Larrea Basterra & Mosquera López (2024), los *tax credits* corporativos representan más del 80 % de este presupuesto y se dividen en *Investment Tax Credits* (ITC), o deducciones fiscales a la inversión, y en *Production Tax Credits* (PTC), o deducciones fiscales a la producción (ver FIGURA 4).

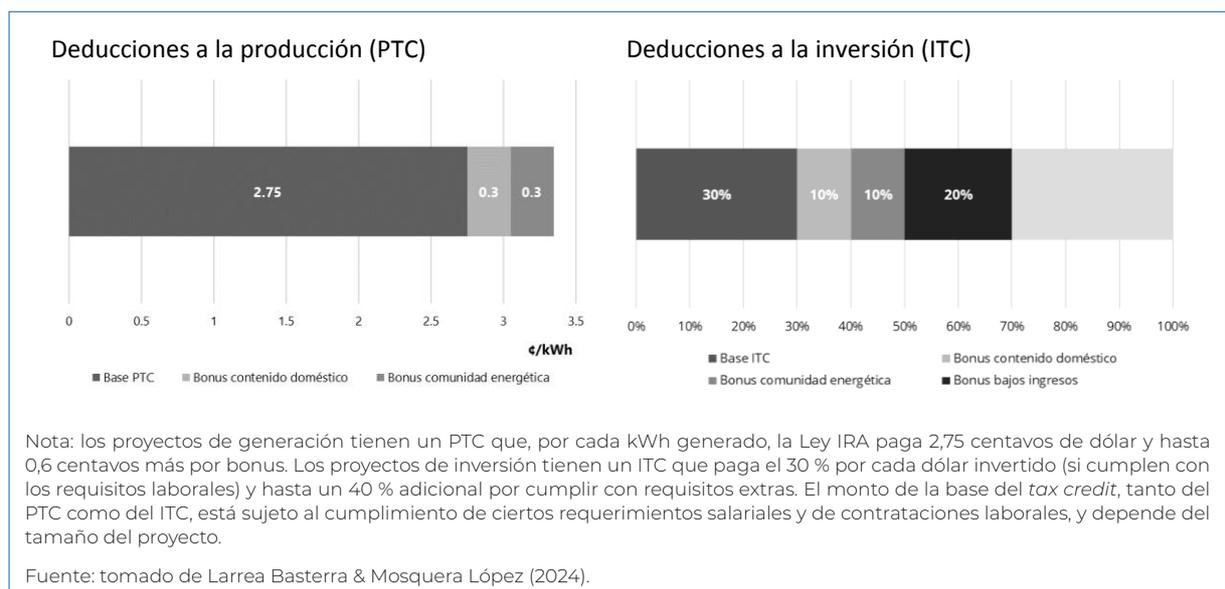
Las tecnologías que pueden aplicar a los ITC son los sistemas de almacenamiento

de energías, las celdas de combustible, la geotermia, los controladores de microrredes, biogás, microturbinas, cogeneración, manufactura de equipos para energías limpias, de reducción de emisiones y materiales críticos. Las tecnologías que pueden aplicar a los PTC son las de generación de electricidad mediante energía marina, nuclear con cero emisiones, biomasa, vertederos e hidroeléctricas. Los proyectos con tecnologías de generación solar, eólica y geotérmica pueden acceder a los ITC o PTC, pero no a ambos. También hay *tax credits* destinados a la producción de hidrógeno, combustibles limpios, y captura y utilización de carbono, entre otros (The White House, 2023a).

Los ITC y los PTC son incentivos fiscales convencionales, sin embargo, la IRA introduce ciertos elementos novedosos para lograr una mayor adopción. En este sentido, están vinculados a las metas medioambientales que ha trazado la Ley, es decir, los incentivos solo se terminan si se alcanzan las metas de reducción de emisiones planteadas.

Para obtener la totalidad del *tax credit*, los proyectos de más de 1 MW deben cumplir ciertos requisitos laborales relacionados con los salarios y la contratación de aprendices cualificados. Existen bonos que incrementan el importe del *tax credit* si se

FIGURA 4
DESGLOSE DE LA COBERTURA DE LOS PTC E ITC



cumplen requisitos de contenido doméstico (*Made in USA*) y si se llevan a cabo en comunidades vulnerables. En otras palabras, los incentivos fiscales de la Ley a la inversión en tecnologías limpias se incrementan si los proyectos contribuyen a la formación de fuerza de trabajo, a la creación de empleo verde, a la protección de la industria estadounidense y si tienen en cuenta a las comunidades vulnerables.

Además, algunos de los *tax credits* permiten pagos directos, que pueden recibir directamente entidades no sujetas a impuestos. También, aquellas entidades que no pueden optar a pagos directos podrían transferir, con ciertas limitaciones, los *tax credits*, y venderlos a otras a un precio acordado a cambio de efectivo.

Los *tax credits* a consumidores están enfocados principalmente en la adquisición de vehículos eléctricos, electrodomésticos eficientes, paneles solares, baterías, sistemas de calefacción/refrigeración geotérmicos y mejoras en la eficiencia energética de hogares.

Además de los incentivos fiscales, la Ley cuenta con una serie de incentivos económicos y financieros, con un presupuesto de 82.000 MUS\$ en programas de subvenciones y 40.000 MUS\$ en programas de préstamos (McKinsey & Company, 2022). Estos programas también buscan que las comunidades y vecindarios vulnerables jueguen un papel relevante en la transición sostenible, y puedan acceder a financiación para proyectos de energía limpia, que sean diseñados y liderados a nivel local.

El Fondo de Reducción de Gases de Efecto Invernadero es el mayor programa de subvenciones de la Ley, con un presupuesto de 27.000 MUS\$, dividido en tres iniciativas: (i) el Fondo Nacional de Inversión Limpia (14.000 MUS\$), que financia proyectos de energía limpia diseñados por comunidades y empresas; (ii) el Acelerador de Inversión en Comunidades Limpias (6.000 MUS\$), que ofrece financiación para proyectos verdes a través de bancos y cooperativas de crédito; y (iii) la Competencia Solar para Todos (7.000 MUS\$), que otorga subvenciones para proyectos solares y de almacenamiento energético en comunidades vulnerables (Larrea Basterra & Mosquera López, 2024).

Otros programas destacados incluyen: (i) subvenciones para la reducción de la contaminación (5.000 MUS\$), que apoya a gobiernos locales en la reducción de emisiones y energía limpia; (ii) subvenciones para la justicia ambiental y climática (3.000 MUS\$), que financia proyectos comunitarios para disminuir la contaminación y mitigar el cambio climático; (iii) ayudas para potenciar la América Rural (9.700 MUS\$), que apoyan a cooperativas de generación de electricidad rurales a descarbonizar su producción; y (iv) energía limpia y asequible (1.000 MUS\$), que ofrece préstamos para la generación renovable (eólica, solar, hídrica, biomasa y geotérmica) y sistemas de almacenamiento (Larrea Basterra & Mosquera López, 2024).

2024: ¿PUNTO DE INFLEXIÓN?

¿Una nueva política industrial comunitaria?

A nivel internacional, la Ley IRA fue bien recibida por el claro posicionamiento del país por la descarbonización, aunque generó cierta controversia al incluir requisitos de contenido local, que favorecen la producción en EE. UU. y afectan el libre comercio. Inicialmente, la UE mostró resistencia, pero adoptó medidas para fortalecer su producción, en especial, en sectores estratégicos.

De esta manera, y tras los incentivos desarrollados entre 2020 y 2023, en el primer semestre de 2024 se adoptaron las tres iniciativas del Plan Industrial del Pacto Verde (todas ellas de carácter regulatorio): (i) la Ley sobre la Industria de Cero Emisiones Netas (NZIA por sus siglas en inglés), (ii) la Ley de Materias Primas Fundamentales y (iii) la Reforma del Diseño del Mercado Eléctrico (Comisión Europea, n.d.-a).

La NZIA tiene como objetivo establecer un marco regulatorio para impulsar el crecimiento de la industria cero neta e incrementar la competitividad de la industria europea. La Ley tiene como meta aumentar la producción de tecnologías clave para la descarbonización y sus componentes principales en la UE. Para lograrlo, sugiere simplificar las condiciones para la inversión,

basándose en una lista de tecnologías clave, simplificando los procesos de otorgamiento de permisos y dando prioridad a proyectos estratégicos.

Con el fin de proporcionar estabilidad e incentivos a largo plazo para inversores y fabricantes, la NZIA fija como objetivo que la fabricación cero neta proporcione al menos el 40 % de las necesidades anuales de la UE para 2030. También establece como objetivo crear un mercado de almacenamiento de CO₂, con una capacidad mínima de almacenamiento anual de 50 millones de toneladas para 2030.

La Ley de Materias Primas Fundamentales tiene como objetivo asegurar el abastecimiento sostenible de estas materias primas para la industria y las tecnologías clave para la descarbonización. Además, busca disminuir la dependencia de la UE de importaciones, en especial, del exceso de concentración en un suministrador. La Ley pretende fortalecer las cadenas de suministro nacionales, desarrollar asociaciones internacionales con terceros, promover la investigación, la innovación y las capacidades, así como el reciclaje de las materias primas.

La Reforma del Diseño del Mercado Eléctrico busca proteger a los consumidores de electricidad, proporcionar estabilidad y predictibilidad en el coste de la energía y fomentar las inversiones en energías renovables. La reforma busca disminuir la dependencia de los precios de la electricidad de los combustibles fósiles, y así reducir la volatilidad de los precios que afectan negativamente la competitividad y el bienestar de la población.

En línea con la NZIA y como respuesta a la IRA, a finales de 2022, la presidenta de la Comisión Europea anunció la creación de un Fondo Europeo de Soberanía (incentivo económico/financiero) para asegurar el cumplimiento de las normas del mercado único y evaluar la financiación a medio plazo. El objetivo de este fondo era establecer una industria cero neta *Made in Europe*, que brindara financiación a proyectos estratégicos a escala supranacional (European Commission, 2022b). Dado que el fondo estaba previsto ser financiado con deuda conjunta de los Estados miembros, al igual que el NextGenerationEU, su creación no recibió el soporte esperado (Simon, 2024).

En 2024, se alcanzó un acuerdo sobre una versión simplificada del Fondo de Soberanía propuesto originalmente: la Plataforma de Tecnologías Estratégicas para Europa (STEP). La STEP busca reforzar y redirigir los fondos de 11 programas de la UE para incentivar la inversión e implementación en tecnologías limpias, digitales y biológicas. Además, cuenta con el sello STEP para ayudar a los proyectos a obtener financiación adicional o alternativa y, por ejemplo, recibir subvenciones de dos programas diferentes (European Commission, n.d.-c).

En paralelo, y como respuesta a la IRA, se observó un aumento en el número de voces en el seno de la UE que abogaban por un cambio en los instrumentos que emplea la Unión para incentivar la descarbonización. El presidente de la República Francesa, Emmanuel Macron, en su discurso en la Sorbona en abril de 2024, abogó por la simplificación de las normas comunitarias y por una desregulación. También en abril de 2024, Enrico Letta, en su informe sobre el mercado único, identificó como reto la necesidad de simplificar el marco regulatorio, que lo veía como un obstáculo para el futuro del mercado único (Letta, 2024).

Letta (2024) destacó que la UE carece de los instrumentos políticos adecuados para desarrollar herramientas de estrategia industrial rápidas y ágiles como los *tax credits* de la IRA. Como consecuencia, admitía que, en el corto plazo, el objetivo principal debía ser perfeccionar y mejorar el marco regulatorio existente, pero que era necesario formular nuevas estrategias industriales y resolver las divisiones políticas en torno a las competencias fiscales de la UE.

Alineado con lo anterior, en septiembre de 2024, y tras las elecciones europeas, se publicó el Informe Draghi, encargado por la presidenta de la Comisión Europea, que realiza una evaluación de la competitividad europea y propone tres áreas de acción para fomentar el crecimiento sostenible: (i) reorientar los esfuerzos para cerrar la brecha de la innovación, (ii) desarrollar un plan conjunto de descarbonización y competitividad, y (iii) aumentar la seguridad y reducir las dependencias (European Commission, 2024).

El informe señala tres grandes obstáculos: (i) la falta de concentración de la acción de la UE, (ii) el uso ineficiente de los recursos a través de múltiples instrumentos nacionales y europeos, y (iii) la coordinación lenta o inadecuada en áreas clave.

Superar estos retos exige una nueva estrategia industrial global centrada en la aplicación del mercado único, la coordinación de las políticas, una financiación suficiente y reformas de la gobernanza que mejoren la coordinación y reduzcan al mismo tiempo las cargas reglamentarias (European Commission, 2024). Como se ha mencionado, la mayor parte de los incentivos a la inversión para la descarbonización desarrollados a nivel comunitario son regulatorios, seguidos de los incentivos económicos (gran parte procedente del endeudamiento de los Estados miembros), y cuya consecución supone un gran esfuerzo por parte de los agentes solicitantes (Legasa, 2022).

A finales de enero de 2025, la Comisión presentó la Comunicación La Brújula de la Competitividad, que tiene como fin enfocar y seleccionar medidas que permitan desarrollar las tres áreas de actuación plan-

teadas en el Informe Draghi, así como cinco facilitadores horizontales para la competitividad (Comisión Europea, 2025). A continuación, se presentan las acciones insignia para cada uno de los tres pilares y los facilitadores (ver FIGURA 5). Suponen un total de 47 acciones, de las cuales 12 son leyes, además de 11 estrategias, siete planes, tres iniciativas y dos pactos. Como puede observarse, de nuevo se plantean incentivos regulatorios (un exhaustivo acervo regulatorio que se desarrollará en los meses venideros) y algunos paquetes de incentivos económicos que tendrán que definirse.

¿Qué cambios introdujo la IRA y qué cabría esperar con el nuevo mandato de Trump?

Se esperaba que la IRA permitiera para 2030 que las emisiones de GEI se redujeran en 1.000 millones de toneladas, lo que generaría unos beneficios económicos estimados en 5 billones de US\$, más las mejoras en la calidad del aire, que podrían aportar entre 20.000 y 49.000 MUS\$ adicionales en 2030 (Levinson et al., 2024).



Durante el primer año de su implementación, The White House (2023b) anunció más de 100.000 MUS\$ en inversión privada, especialmente en vehículos eléctricos (70.000 MUS\$) y energía solar (10.000 MUS\$). Se crearon 170.000 empleos de los 1,5 millones previstos, y se esperaban ahorros en las familias de hasta 30.000 MUS\$ en electricidad.

La inversión en producción de baterías vivió el auge esperado, así como la producción de combustibles sostenibles para aviación y la captura y almacenamiento de carbono. Se aceleraron las tendencias previas en inversión en energía solar y sistemas de almacenamiento. Sin embargo, la Ley no logró lo mismo con la generación de electricidad renovable eólica ni con la generación nuclear. De hecho, la inversión en energías renovables enfrentaba retrasos por problemas en las cadenas de suministro, permisos y oposición local (Kommenda et al., 2024). Levasseur (2025) estimó que las disposiciones de la IRA apenas contribuyeron, durante los dos primeros años, a aumentar la adopción de vehículos eléctricos por parte de los hogares.

Graham & Knittel (2024) concluyeron que la IRA, a pesar de sus esfuerzos, no tenía en cuenta casi la mitad de las comunidades estadounidenses más intensivas en carbono, por lo que las inversiones podrían no promover la transición hacia un menor uso o producción de combustibles fósiles de estas comunidades con elevada vulnerabilidad.

Antes de las elecciones estadounidenses, Evans & Viisainen (2024) estimaron que una victoria de Trump resultaría en un aumento de las emisiones de GEI en 4.000 millones de toneladas adicionales respecto a los planes del presidente Biden para 2030. Además, su triunfo se veía como un riesgo a la continuidad de la IRA. No obstante, no se esperaba una derogación total, ya que no se planteaba un escenario donde Trump tuviera la presidencia y el control de las dos Cámaras del Congreso (Fahy, 2024).

Aunque ningún congresista republicano votó a favor de la IRA, los distritos republicanos recibieron desde su implementación tres veces más inversión que los demócratas (Kommenda et al., 2024), por lo que únicamente se planteaban como posibles derogaciones de disposiciones de la IRA aquellas que los republicanos habían intentado infructuosamente implementar.

Fuji-Rajani & Patnaik (2025) incluyeron entre las normas que podrían correr el riesgo de ser revocadas (i) el Programa de Reducción de Emisiones de Metano, (ii) el *tax credit* a la producción de fabricación avanzada, (iii) los *tax credits* por las instalaciones de repostaje de combustibles alternativos en comunidades de bajos ingresos o en tramos censales no urbanos, (iv) los *tax credits* para inversores en electricidad limpia en comunidades de bajos ingresos, y (v) los *tax credits* para la producción de hidrógeno limpio.

El 20 de enero de 2020 se inauguró el segundo mandato de Donald Trump como presidente de los EE. UU. Rápidamente publicó una Orden que paralizaba los pagos federales de subvenciones y préstamos comprometidos por la Administración Biden, entre ellos aquellos de la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) relacionados con la IRA y la Ley Bipartidista de Infraestructura. En menos de 24 horas, un juez federal prohibió la Orden y exigió a la Administración levantar la paralización del gasto federal, debido a que las subvenciones eran definitivas y el Gobierno tenía la obligación de pagarlas. A pesar de esta rápida reacción, se generó un entorno de preocupación, en especial, entre los receptores de dichos pagos (Bikales & Colman, 2025; Skibell, 2025).

Por el momento, las órdenes ejecutivas emitidas por el presidente no afectan a los 270.000 MUS\$ en *tax credits* que constituyen la mayor parte de la financiación disponible a través de la IRA (Kemplay, 2025). No obstante, no está claro si Trump tiene la intención de realizar más cambios en su implementación. En todo caso, no puede reformar los *tax credits* ni derogar la Ley sin la aprobación del Congreso. En este sentido, no se espera un desmantelamiento completo de la IRA debido a que muchos republicanos del Congreso aprueban los *tax credits* (Adeleye, 2025; Fuji-Rajani & Patnaik, 2025; Kemplay, 2025; Zagame, 2025).

UNA REFLEXIÓN SOBRE LOS INCENTIVOS A LA INVERSIÓN

La UE lleva más de dos décadas en una situación de desaceleración económica, debido a una caída continuada de la productividad europea, que no ha podido revertirse con las estrategias implementadas, y que ha

conducido a una brecha en el PIB entre la UE y los EE. UU. Durante este período, los exportadores europeos compensaban esta situación gracias a su capacidad de conseguir cuota de mercado en aquellas partes del mundo con mayor crecimiento como Asia. Además, el contexto geopolítico de estabilidad promovía el desarrollo de cadenas de suministro globales, con una sensación de seguridad, que llevó a no intuir los riesgos de una elevada dependencia de terceros.

Como consecuencia, la UE pudo posicionarse como líder en bienestar social y, desde la entrada en el nuevo siglo, también en sostenibilidad medioambiental, con un mayor énfasis desde la firma del Acuerdo de París. Sin embargo, el delicado equilibrio que se había conseguido en el ámbito económico y que permitía avanzar en los otros dos ámbitos, podría decirse que se ha roto, principalmente, debido a la pandemia, la crisis energética y la guerra en Ucrania, tres acontecimientos que han puesto de manifiesto la vulnerabilidad europea. Esta vulnerabilidad induce a considerar la necesidad de un elemento, que ha sido uno de los tres pilares de las políticas energéticas, la seguridad, para favorecer el equilibrio de los tres pilares de la sostenibilidad.

En este contexto y ante un aparente intento de cambio de rumbo de la política comunitaria hacia la industria europea, en junio de 2024, se celebraron las elecciones europeas al Parlamento. Como resultado, en julio de 2024 se eligió, por segunda vez, a Ursula von der Leyen como presidenta de la Comisión. Su discurso difirió del de 2019, cuando las metas climáticas a 2050 y el PVE fueron el punto central de las políticas que proponía. En 2024, las prioridades se situaron en la prosperidad y la competitividad, con el desarrollo de un Acuerdo Industrial Limpio para descarbonizar y reducir los precios de la energía como eje central de su mandato (Nicolai, 2024).

El informe Draghi sigue con esta línea, al poner el énfasis en la importancia de la innovación, la descarbonización y la seguridad para incrementar la competitividad de la UE, dejando clara la necesidad de tener una reforma regulatoria que elimine barreras y cargas para acceder a los incentivos. De hecho, la Brújula de la Competitividad presenta la simplificación como un eje facilitador de la política industrial europea,

abogando por la reducción de la carga regulatoria para fomentar una inversión que estimule el crecimiento y la productividad.

Sin embargo, dicha Brújula, como se ha presentado, sigue apuntando a la misma dirección: un exceso de regulación como incentivo principal para inducir inversiones para la descarbonización, con más deuda; no quedando claro cómo va a impulsar la innovación de manera “innovadora”. Se sigue buscando un modelo único para todos los Estados miembros, sin tener en cuenta que son economías diversas, con capacidades diferentes y que están sufriendo cambios profundos en sus estructuras políticas, que han supuesto crisis incluso a un Gobierno tan sólido en el proyecto europeo como el de Alemania.

Respecto a EE. UU., Trump en su discurso inaugural, en enero de 2025, no hizo referencias ni a la descarbonización, ni al cambio climático, ni al medioambiente. Por el contrario, puso el énfasis en volver a hacer del país una nación industrial, señaló el fin del Green New Deal y la revocación de los objetivos de los vehículos eléctricos para salvar la industria automotriz y planteó el inicio de la revisión del sistema comercial para aplicar aranceles e impuestos a los países extranjeros (Trump, 2025). Si bien los *tax credits* todavía no han sido todavía objeto de ninguna medida, existe una alta incertidumbre sobre su futuro, así como del resto de incentivos de la IRA.

Como consecuencia de todo lo anterior, puede decirse que 2024 no ha sido un punto de inflexión para la UE en cuanto a su *mix* de incentivos a la inversión en tecnologías limpias. La Brújula de enero de 2025 es la mejor muestra de ello y de la necesidad de reorientar los esfuerzos para inducir innovaciones y simplificaciones en la manera de promover la transición hacia la sostenibilidad en Europa. Tres décadas de sobrerregulación no han logrado impulsar la sostenibilidad económica necesaria para apoyar y garantizar la sostenibilidad social y medioambiental. Por su parte, para EE. UU. la llegada de Trump ha abierto un período de incertidumbre sobre los incentivos a la inversión en tecnologías limpias, así como sobre el propio proceso de transición. En los próximos meses se verá si 2024 constituyó un punto de inflexión.

Ante este panorama de la UE y los EE. UU., siguiendo a Larrea Basterra & Mosquera López (2024), a la hora de reflexionar sobre cómo incentivar la transición, las Instituciones deben tener en cuenta la importancia de diseñar, implementar y evaluar adecuadamente los incentivos a la inversión en tecnologías limpias. Deben diseñarse buscando solucionar distorsiones de mercado, que permitan la toma de decisiones de inversión estratégicas, y considerando el coste de oportunidad de asignar recursos a un área o tecnología quitándoselos a otra. Es crucial que los diferentes niveles gubernamentales se coordinen para optimizar los recursos disponibles. Es fundamental que los incentivos lleguen a los agentes que los necesitan, en el momento adecuado y con una duración suficiente para garantizar inversiones sostenibles a largo plazo, sin incurrir en guerras de incentivos entre países que puedan generar más tensiones.

La concesión de incentivos no debe estar sujeta a requisitos que se conviertan en barreras para sus beneficiarios. Una vez entregados, es esencial un seguimiento efectivo para asegurar su correcta implementación y, finalmente, su evaluación debe ser rigurosa, considerando no solo los objetivos económicos, sino también su impacto ambiental y social.

REFERENCIAS

- Adeleye, D. (2025, January 15). *The Prospects of the Inflation Reduction Act in Trump's Second Term*. Croke Fairchild Duarte & Beres. <https://crokefairchild.com/2025/01/the-prospects-of-the-inflation-reduction-act-in-trumps-second-term/>
- Bikales, J., & Colman, Z. (2025, February 5). *EPALift spending freeze on some environmental funding*. Politico Energy. https://www.politico.com/news/2025/02/05/epa-spending-freeze-climate-funds-00202518?template_id=OTJIR2CRKUD6&variant_id=OTVIGDUJ5B1ZS&is_login_link=true
- Comisión Europea. (n.d.-a). *Plan Industrial del Pacto Verde: Liderazgo de la industria europea con cero emisiones netas*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_es
- Comisión Europea. (n.d.-b). *REPowerEU*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_es
- Comisión Europea. (2025, January 29). *Una brújula de la UE destinada a recuperar la competitividad y procurar una prosperidad sostenible*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_25_339
- European Commission. (n.d.-a). *EU Taxonomy Navigator*. <https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/>
- European Commission. (n.d.-b). *Renewable Energy Directive*. Energy. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
- European Commission. (n.d.-c). *Strategic Technologies for Europe Platform (STEP)*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/strategic-technologies-europe-platform_en
- European Commission. (2022a). *REPowerEU Actions*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/873247/FS%20RePower%20EU%20Actions_EN.pdf
- European Commission. (2022b, September 15). *A European Sovereignty Fund for an industry "Made in Europe" | Blog of Commissioner Thierry Breton*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/cs/STATEMENT_22_5543
- European Commission. (2024). *The future of European competitiveness. Part A | A competitiveness strategy for Europe*. https://commission.europa.eu/topics/strengthening-european-competitiveness/eu-competitiveness-looking-ahead_en
- European Commission. (2025). *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Competitiveness Compass for the EU (COM(2025) 30 final)*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_25_339
- European Council. (n.d.). *Fit for 55*. <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- Evans, S., & Viisainen, V. (2024). *Analysis: Trump election win could add 4bn tonnes to US emissions by 2030*. Carbon Brief. <https://www.carbonbrief.org/analysis-trump-election-win-could-add-4bn-tonnes-to-us-emissions-by-2030/>
- Fahy, N. (2024, October 14). *Potential risks to the Inflation Reduction Act under a second Trump administration*. Rabobank Research. <https://www.rabobank.com/knowledge/d011444530-potential-risks-to-the-inflation-reduction-act-under-a-second-trump-administration>
- Fuji-Rajani, R., & Patnaik, S. (2025, January 6). *What will happen to the Inflation reduction Act under a Republican trifecta?* Brookings. <https://www.brookings.edu/articles/what-will-happen-to-the-inflation-reduction-act-under-a-republican-trifecta/#the-ira-under-the-incoming-republican-white-house-and-congress>
- Graham, K., & Knittel, C. R. (2024). *Assessing the distribution of employment vulnerability to the energy transition using employment carbon footprints. Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(7), e2314773121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2314773121>
- Kemplay, M. (2025, January 23). *Critical tax credits survive Trump's IRA funding pause*. Sustainable Views. <https://www.sustainableviews.com/critical-tax-credits-survive-trumps-ira-funding-pause-b68c2c8a/>
- Kleimann, D., Poitiers, N., Sapir, A., Véron, N., Veugelers, R., & Zettelmeyer, J. (2023). *How Europe should answer the US Inflation Reduction Act (04/23; Policy Contribution)*. Bruegel.

- Kommenda, N., Osaka, S., & Muyskens, J. (2024, October 25). *See how the Inflation Reduction Act is affecting your community*. The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/climate-environment/interactive/2024/climate-bill-biden-clean-energy/>
- Larrea Basterra, M., & Mosquera López, S. (2024). *Incentivos a la inversión en tecnologías limpias* (Cuadernos Orkestra). Instituto Vasco de Competitividad- Fundación Deusto, Universidad de Deusto. <https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/2782-240034-incentivos-inversion-tecnologias-limpias>
- Legasa, A. (2022, May 6). *Instituciones y expertos avisan de que las pymes siguen de espaldas a los fondos europeos*. *Crónica Vasca*. https://cronica-vasca.elespanol.com/empresas/20220506/instituciones-expertos-avisan-de-siguen-espaldas-europeos/670432955_0.html
- Letta, E. (2024). *Much more than a market. Speed, security, solidarity. Empowering the Single Market to deliver a sustainable future and prosperity for all EU Citizens*. <https://www.consilium.europa.eu/media/ny3j24sm/much-more-than-a-market-report-by-enrico-letta.pdf>
- Levasseur, S. (2025). *A two-year assessment of the IRA's subsidies to the electric vehicles in the US: Uptake and assembly plants for batteries and EVs*. *Asia and the Global Economy*, 5(1), 100102. <https://doi.org/10.1016/j.aglobe.2024.100102>
- Levinson, A., Werner, K. D., Ashenfarb, M., & Britten, A. (2024). *The Inflation Reduction Act's Benefits and Costs*. U.S. Department of the Treasury. <https://home.treasury.gov/news/featured-stories/the-inflation-reduction-acts-benefits-and-costs>
- McKinsey & Company. (2022). *The Inflation Reduction Act: Here's what's in it*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (n.d.). *La Unión Europea en la lucha contra el cambio climático*. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/la-union-europea.html#:~:text=La%20Ley%20Europea%20del%20Clima%2C%20aprobada%20en%20junio%20de%202021,marcha%20estrategias%20y%20planes%20de>
- Nicolai, S. (2024, July 24). *Priorities of the next European Commission: A new Deal for EU competitiveness in achieving net zero*. Florence School of Regulation. <https://fsr.eui.eu/priorities-of-the-next-european-commission-a-new-deal-for-eu-competitiveness-in-achieving-net-zero/>
- Orkestra. (2023). *Informe de Competitividad del País Vasco 2023. Transición hacia una competitividad medioambientalmente sostenible*. Instituto Vasco de Competitividad- Fundación Deusto, Universidad de Deusto. <https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/informe-de-competitividad-del-pais-vasco>
- Simon, F. (2024, February 7). *EU closes deal on scaled-back clean tech 'sovereignty fund'*. Euractiv. <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/eu-closes-deal-on-scaled-back-clean-tech-sovereignty-fund/>
- Skibell, A. (2025, February 5). *Pockets still empty for these Trump freeze targets*. Politico Power Switch. <https://www.politico.com/newsletters/power-switch/2025/02/04/pockets-still-empty-for-these-trump-freeze-targets-00202397>
- The White House. (2021). *Fact Sheet: The Bipartisan Infrastructure Deal*. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/11/06/fact-sheet-the-bipartisan-infrastructure-deal/>
- The White House. (2022). *Fact Sheet: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China*. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/fact-sheet-chips-and-science-act-will-lower-costs-create-jobs-strengthen-supply-chains-and-counter-china/>
- The White House. (2023a). *Building a Clean Energy Economy: A Guidebook to the Inflation Reduction Act's Investments in Clean Energy and Climate Action*.
- The White House. (2023b). *Fact Sheet: One Year In, President Biden's Inflation Reduction Act is Driving Historic Climate Action and Investing in America to Create Good Paying Jobs and Reduce Costs*. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/08/16/fact-sheet-one-year-in-president-bidens-inflation-reduction-act-is-driving-historic-climate-action-and-investing-in-america-to-create-good-paying-jobs-and-reduce-costs/>
- Trump, D. (2025, January 20). *The Inaugural Address*. Administration. <https://www.whitehouse.gov/remarks/2025/01/the-inaugural-address/>
- Unión Europea. (2023). *Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413&qid=1699364355105>
- WSJ. (2023). *The Real Cost of the Inflation Reduction Act Subsidies: \$1.2 Trillion*. Wall Street Journal. <https://www.wsj.com/articles/inflation-reduction-act-subsidies-cost-goldman-sachs-report-5623cd29>
- Zagame, K. (2025, February 7). *Trump initially ordered a pause on IRA funding—What does it mean for solar? The future of clean energy incentives is unclear*. Energysage. <https://www.energysage.com/blog/ira-funding-pause-2025/>

SOBRE LAS AUTORAS

Macarena Larrea Basterra es Investigadora del Lab de Energía y Medioambiente de Orkestra. Licenciada en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad Comercial de Deusto. Doctora en Promoción y Desarrollo de Empresas por la Universidad del País Vasco. Su investigación se centra en los procesos de transición energética y sostenible desde diferentes ámbitos.

Stephanía Mosquera López es Investigadora del Lab de Energía y Medioambiente de Orkestra. Economista, magister en Economía Aplicada y Doctora en Ingeniería por la Universidad del Valle, Colombia. Su investigación se centra en la modelación de los precios de la electricidad, medición y gestión de riesgos en los mercados y el impacto de variables climáticas.

MOBILIZING EUROPE'S ECONOMY: STRATEGIC INVESTMENT SCHEMES TO CLOSE THE INNOVATION GAP IN TIMES OF CRISIS

JÖRG MAHLICH

As Europe faces renewed recessionary risks and rising global trade tensions, mobilizing public and private investment has become urgent. This paper examines how fiscal stimulus, and regulatory reform can help close the EU's investment gap with the United States and China. Through case studies of ARRA (US), EFSI (EU), and China's RMB 4 trillion plan, it shows how scale, speed, and design shape outcomes. Europe's responses have been institutionally innovative but lacked sufficient efficacy. The paper argues for combining strategic public investment with risk-sharing tools and innovation-friendly regulation – such as the more proportionate and flexible application of the precautionary principle – to unlock capital and strengthen Europe's resilience in times of crisis.

The ability to respond to economic crises is one of the defining tests of resilient societies. Each downturn uncovers underlying economic weaknesses. Be it gaps in investment, sluggish innovation, or institutional inertia. Also, every recession demands bold but strategic action by the affected authorities. The Great Recession in 2008 and following, the Eurozone crisis some five years later, and more recent disruptions such as the Covid pandemic or the global tariff

disputes have made it clear: without effective intervention, recessions can leave deep, lasting scars on an economy's innovative capacity. Yet history also shows that recessions can be transformed into opportunities for renewal, if governments are willing to mobilize capital at scale and adapt the regulatory environment to reward innovation rather than restrain it.

ECONOMIES IN DISTRESS

Today, Europe faces another critical moment. The continent is slipping into a recessionary environment marked by stagnant growth, tightening credit conditions, and weakening private investment. At the same time, intensifying global tariff disputes, particularly between the three leading power blocs, the United States, China, and the European Union threaten to fragment international trade flows and disrupt investment decisions further. Strategic sectors such as independent clean energy, semiconductors, defense, and digital infrastructure are becoming increasingly tied up in protectionist measures, raising the stakes for Europe's competitiveness. In this context, ensuring that investment does not collapse, but instead pivots towards inno-

vation and future growth, is more urgent than ever. Simply relying on market forces will not be sufficient; public policy must intervene actively and intelligently to mobilize resources at the necessary scale.

This paper examines how fiscal stimulus packages can mobilize private capital for investment and how regulation can be redesigned to sustain and accelerate innovation in Europe and beyond. Drawing on empirical insights into firm behavior, the role of public support, and the impact of regulation, as well as comparative case studies from the United States, China, and the European Union, it traces the conditions under which investment drives not just recovery but long-term competitiveness.

The findings suggest that Europe's success will depend not only on injecting financial resources but also on ensuring that regulation enables technological progress rather than inadvertently constraining it. In doing so, the paper outlines a roadmap for closing the innovation gap in times of crisis. It provides a roadmap that builds on past lessons but requires sharper, more deliberate action for the future.

The paper proceeds as follows. Chapter 2 provides an in-depth examination of policy impact on economic growth in times of crises, focusing on governmental action in terms of fiscal stimuli and the role of regulation for innovation. Chapter 3 consists of three comparative case studies that discuss fiscal stimulus packages in the US, the EU, and China. Chapter 4 provides comprehensive policy recommendations to sustain growth, Chapter 5 concludes.

BACKGROUND: POLICY IMPACT ON ECONOMIC GROWTH IN TIMES OF CRISES

Understanding how firms respond to economic downturns, public policy interventions, and regulatory environments is crucial for designing effective strategies that support investment and innovation during economically uncertain times. The following sections explore key factors shaping firm behavior: the impact of recessions on

private investment and innovation activities; the role of government interventions, particularly direct support for corporate research and development (R&D) activities; and the influence of regulatory frameworks on innovation dynamics.

Drawing on recent empirical research, this literature review highlights the complex interplay between financial conditions, public support measures, and regulatory constraints, illustrating how these factors can both hinder and stimulate private sector innovation depending on their design and implementation. Overall, the insights offered provide important lessons for policymakers aiming to foster resilient and innovation-driven economies in the face of economic disruptions yet to come.

Firm behavior, innovation, and public policy responses during recessions

The global financial crisis began with the collapse of the U.S. housing market. Many homeowners defaulted on their monthly mortgage payments, triggering a wave of real estate sales that caused the housing price bubble to burst. As many mortgages had been securitized and sold around the globe, the fire spread rapidly. But not only the housing market contracted. The sharp decrease in private nonresidential investment during the Great Recession has been partly attributed to a severe tightening of credit conditions and supply following the financial crisis. In addition, rising uncertainty surrounding future economic policy, driven by heightened partisan conflict, has been identified as a significant factor contributing to the observed decline in investment over the past decade (Gomes, 2018). Limited or no access to financial resources due to exogenous factors, such as banks hoarding liquidity, is a major impediment to investment, innovation, and growth of firms.

Industries that are more dependent on external funding resources have been particularly hard hit during recessions, especially in countries where financial contracts are less enforceable. These industries not

only experience deeper contractions during downturns but also tend to grow more slowly during recoveries from financial crises, underscoring the role of financial frictions in shaping investment behavior (Kannan, 2012; Braun & Larrain, 2005). With respect to the structure of firms, conglomerates have shown greater investment efficiency during recessions compared to stand-alone firms, indicating a heightened reliance on internal capital to finance investment decisions during downturns (Wang, 2023).

Investment behavior during the Great Recession also became increasingly diverse across firms. As highlighted by Arrighetti and Landini (2023), plenty of firms significantly cut back investments, while a small group of firms scaled it up – mostly fast-growing new entrants and those already highly innovative before the crisis (Archibugi et al., 2013). This polarization of firm behavior resulted in an aggregate flattening of investment activity, as opposing trends largely offset one another. According to Arrighetti and Landini (2023), this asymmetry in firms' responses can be attributed to two key factors: first, the heterogeneity of corporate strategies developed prior to the crisis; and second, the role of managerial discretion, which critically shapes firms' investment or divestment paths when navigating recessions.

In parallel, evidence from several countries points to a common countercyclical pattern in R&D investment, with firms often increasing their innovation efforts during prolonged economic downturns. This trend highlights the potential of private investment, particularly in research and development, to support long-term growth even amidst recessionary pressures (Censolo & Colombo, 2019) and opens a window of opportunity for targeted and precise policy actions. Notably, Barajas and coauthors (2021) find that selective loans aimed at financing firms' R&D projects during downturns bolster the resources devoted to innovation, illustrating the positive impact of targeted governmental aid during periods of economic contraction.

The effectiveness of direct public support for business investment in R&D and in-

novation varies across the business cycle. Evidence shows that public support tends to have positive effects on firms' allocation of resources to R&D activities, particularly during recessions (Busom & Vélez-Ospina, 2021). More broadly, the impact of public support on monetary investment in innovation appears to be pro-cyclical, i.e., rising during economic boom phases but counter-cyclical when it comes to the allocation of employee time to innovation activities. This suggests that firms adapt their innovation strategies depending on the phase of the economic cycle (Busom & Vélez-Ospina, 2021).

Even more striking, there appears to be an endogenous component to R&D spending during recessions: firms that maintain or expand innovation activities during downturns build a resilience that improves their ability to innovate during subsequent crises. Amore (2015) finds that innovation during recessions enhances firms' future innovation capabilities, indicating the value of accumulated learning and strategic agility in navigating financial constraints.

Furthermore, cooperation in innovation has proven to be particularly valuable during recessions. Collaborative innovation activities show a stronger relationship with radical innovation outcomes during downturns compared to periods of economic stability, highlighting the importance of partnerships in fostering breakthrough innovations during times of economic stress (D'Agostino et al., 2018). Public support measures, such as selective R&D loans, not only increase firms' commitment of resources to innovation but also raise the likelihood of achieving product innovations during recessions (Barajas et al., 2021). This underscores the potential of well-targeted public interventions to mitigate the erosion of firms' knowledge capital during downturns.

Taken together, these findings suggest that private investment during recessions is shaped by a complex interplay of credit conditions, government policy, industry-specific characteristics, and firm-level heterogeneity. Public policies that support R&D and investment activities thus play a crucial role in influencing private sector

behavior during and after economic downturns. Furthermore, differences across industries, particularly regarding exposure to financial frictions and commitment to R&D, underscore the highly nuanced nature of private investment dynamics during recessions.

The effect of regulation on R&D and investment

The relationship between regulation and innovation is multidimensional, with both positive and negative effects depending largely on the type and implementation of regulation. On the positive side, regulation can create predictability and stability, enabling markets to function more effectively and thus supporting innovation. For instance, digital regulations that safeguard market operations can foster an environment conducive to investment and technological development, as argued by Litina and co-authors (2021).

However, the major downside of regulation lies in its potential to stifle innovation when regulatory frameworks become overly restrictive. Compliance with regulatory requirements often increases operational costs, which can divert resources away from R&D and other innovative activities. Additionally, restrictive regulations may limit the range of available technological components, thereby dampening firms' incentives to invest in innovation (Park et al., 2025; Litina et al., 2021). The compliance burden is particularly evident in the context of stringent environmental regulations, which, in certain cases, have been found to negatively impact innovation by reallocating firm resources toward regulatory compliance rather than technological advancement (Yu & Zhang, 2022).

Given that a world entirely devoid of regulation is neither realistic nor desirable, the extent of regulatory burden becomes crucial. Wang and Dai (2020) have identified an inverted U-shaped relationship between regulation and innovation: moderate levels of regulation appear to encourage innovation, while excessive regulation acts as a barrier. This finding suggests the existence of an

optimal regulatory threshold that maximizes innovative activity. Furthermore, regulation itself is not a monolithic concept. Different types of regulation, economic, social, or institutional, impact innovation in varied ways, and even within a single regulatory category, effects may differ depending on the specifics of implementation (Blind, 2012).

One particularly influential example of restrictive regulation is the precautionary principle. It is a regulatory approach applied in situations of scientific uncertainty, in which potential risks to health, safety, or the environment cannot be conclusively ruled out. Even though not necessary, it may come with a reversal of the burden of proof (Bourguignon, 2016; Grandjean et al., 2004): Rather than requiring regulators to demonstrate harm, such a reversal obliges innovators, producers, or investors to prove the absence of risk before a new product, technology, or activity is permitted. This high evidentiary threshold makes the principle particularly restrictive, as it can delay or block innovation even in the absence of concrete evidence of harm.

From an epistemological standpoint, this is much more challenging and often impossible, even though many consumers, e.g., patients suffering from rare diseases, would potentially benefit a lot from the chance to get a novel treatment that has proven reliable and safe in clinical studies but not for the total entirety of theoretically conceivable cases. As a result, widespread application of the precautionary principle can significantly alter firm behavior, particularly in relation to research, development, and investment activities.

Hence, the precautionary principle tends to increase regulatory scrutiny and compliance demands, which may deter firms from pursuing certain R&D projects due to heightened perceived risks and uncertainties. Consequently, firms might avoid investing in new technologies or products that could be subjected to stringent regulatory reviews. In this way, the precautionary principle can shift firms' investment strategies, encouraging a preference for areas perceived as carrying lower regulatory risk (De Smedt & Vos, 2022; Dark & Burgin, 2017).

CASE STUDIES: RECESSION RESPONSES AROUND THE GLOBE

Understanding how different economies mobilized investment during past crises offers critical lessons for Europe's current challenges. This section examines three major responses: The United States' American Recovery and Reinvestment Act (ARRA), the European Union's European Fund for Strategic Investments (EFSI), and China's RMB 4 trillion stimulus packages. While the American and the Chinese recession stimulus packages were a response to the global financial crisis in 2008/2009, the European EFSI project was a response to the European currency crisis five years later. Each case highlights distinct strategies for channeling public and private resources, the role of regulatory environments, and the broader political and economic trade-offs involved. Taken together, they provide valuable insights into how investment frameworks can be structured to foster innovation, accelerate recovery, and strengthen long-term economic resilience.

United States: American Recovery and Reinvestment Act (ARRA)

In response to the severe economic contraction triggered by the 2008/2009 global financial crisis, the United States enacted the American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) in February 2009. With an initial budget of \$288 billion for tax cuts and \$499 billion in direct spending (Conley & Dupor, 2013), and an estimated sum of \$832 billion spent in the end until 2019 (Council of Economic Advisors, 2014), ARRA remains one of the most substantial counter-cyclical fiscal stimulus programs in U.S. history. There is wide consensus that ARRA contributed 2-3% of additional growth in 2009 (Council of Economic Advisors, 2009), a time in which an economic boost was desperately needed by the U.S. economy. Its twin aims were to stabilize aggregate demand and lay the foundation for long-term growth, particularly through innovation, infrastructure, and human capital development.

The composition of ARRA reflected a balance between short-term recovery and

strategic investment. Roughly 37% of the package went towards public investment outlays, 29% in tax cuts, 19% to fiscal relief of the U.S. states, and 15% went to individuals directly affected by the financial crisis (Council of Economic Advisors, 2014). Importantly, the direct spending component included massive investment in transportation infrastructure, renewable energy, public health, broadband expansion, and education modernization. Federal agencies were pivotal in allocating funds to high-impact innovation-related sectors.

ARRA mobilized private capital through a variety of market-based instruments with a particular focus on green technology investments. Here, the stimulus package took a specific stand to foster investments in future key technologies. Tax incentives like the Investment Tax Credit (ITC) and Production Tax Credit (PTC) for wind and solar energy substantially reduced project costs, catalyzing a wave of private investment in U.S. clean energy infrastructure (Congressional Research Service, 2021; U.S. DOE SETO, 2022). Private companies, such as Tesla, responded with venture capital and project finance to co-invest alongside public funds, especially in emerging technology sectors.

ARRA also included investment in human capital and digital infrastructure through grants to educational institutions and job training programs. While not all components were equally effective or timely, an evaluation by the Congressional Budget Office (2015) found that ARRA significantly boosted employment and accelerated the cleantech transition. By 2012, wind and solar capacity had expanded rapidly, and the startup ecosystem, especially in energy and mobility, benefited from public-private synergy. ARRA demonstrated how a federally organized, innovation-friendly stimulus can quickly deploy capital, crowd in private finance, and build strategic capabilities during a downturn.

European Union: European Fund for Strategic Investments (EFSI)

Confronted with persistently low investment and sluggish recovery following the eurozone sovereign debt crisis, the Euro-

pean Union launched the European Fund for Strategic Investments (EFSI) in 2015 as the flagship component of the Investment Plan for Europe, widely referred to as the "Juncker Plan" as it was proposed by Jean-Claude Juncker, back in 2014 President-elect of the European Parliament (Gaitskell, 2019). Rather than relying on new public spending, politically and legally constrained by the EU's fiscal rules, EFSI adopted a guarantee-based investment model, leveraging limited EU resources to mobilize much larger flows of public and private investment. The scheme did not reach the objective of mobilizing half a trillion Euros, because of design issues and excessive bureaucracy. However, the intention of the EU was a positive one. In an evaluation report commissioned by the Committee on Budget of the European Parliament, Rinaldi and Núñez Ferrer (2017) summarize the EFSI funding scheme as follows.

With an initial guarantee of €21 billion – €16 billion from the EU budget and €5 billion from the European Investment Bank's capital –, EFSI was designed to catalyze €315 billion in investments over three years. The initiative was later extended to 2020, with a revised target of €500 billion. This leverage model relied on the European Investment Bank Group (including the European Investment Fund for SMEs) to identify and co-finance projects in infrastructure, innovation, renewable energy, education, and SME support.

EFSI's unique strength was in de-risking investments that the private sector would otherwise avoid. The fund provided partial guarantees or took junior positions in financing deals, allowing commercial lenders or institutional investors to step in behind a public buffer. This mechanism was particularly useful in financing early-stage or cross-border innovation projects that faced barriers in fragmented European capital markets. For example, water management systems in Southern Europe and mobility infrastructure in Eastern Europe were made bankable under EFSI's backing. The program also provided venture capital guarantees via the EIF to bolster start-ups and innovative SMEs (EIB, 2022).

By 2020, EFSI had mobilized €372 billion, missing the goal of fostering investment activity worth half a trillion euros across all member states, as a study by the European Court of Auditors (2025) recently demonstrated. Still, the report finds that EFSI substantially contributed to closing the investment gap from the European side. The main line of critique is centered around opaque measuring and data collection as well as methodical issues on how to capture the investment multiplier. Another line of critique was the question to which extent the EFSI funding incorporated other lines of funding, which implies a relabeling of existing programs in favor of communicating a larger impact of EFSI (Gaitskell, 2019).

As an evaluation report of the European Investment Bank (2021) demonstrates, EFSI proved to be a relevant policy instrument in addressing both cyclical and structural investment gaps across the EU member countries, particularly in the period from 2018 to 2020. Its counter-cyclical function became especially visible during the COVID-19 pandemic, when investment activity slowed, and credit conditions tightened. Notably, those member states facing the largest cyclical investment shortfalls relative to GDP tended to receive a greater share of EFSI financing, underscoring its responsiveness to macroeconomic asymmetries.

Beyond its role in smoothing cyclical fluctuations, EFSI also contributed to closing longer-term structural investment gaps. Its risk-sharing mandate became even more relevant in the face of heightened uncertainty and increased private sector risk aversion during the pandemic. In this context, while it did not fully fulfill its initial aims, EFSI adapted quickly by accelerating the deployment of operations and reallocating resources toward the urgent needs of SMEs and mid-cap firms, which were particularly exposed to the economic shock.

China: RMB 4T Stimulus Package in response to the global financial crisis

Amid the global economic collapse of 2008, China launched a RMB 4 trillion stim-

ulus package, which amounted to a size of 14% of China's overall GDP in 2008 and corresponded to \$586 billion. This massive relative size made it one of the most ambitious and fast-acting recovery programs of its time (Yu, 2009). Unlike the United States or the EU, which rely heavily on fiscal rules, market mechanisms, or consensus-based governance, China utilized a state-directed model, channeled through state-owned enterprises, SOEs (Wen & Wu, 2019).

The bulk of China's stimulus went to infrastructure projects, such as highways, railways, airports, public housing, education facilities, and disaster reconstruction. Approximately 75% of the funds were deployed by local governments, often in cooperation with SOEs, and executed through off-budget investment vehicles known as "Local Government Financing Vehicles." These vehicles enabled rapid deployment but also obscured fiscal transparency (Xue et al., 2020).

Crucially, China's approach to mobilizing private capital was rooted in indirect credit creation. The People's Bank of China maintained a loose monetary policy, expanding bank credit by RMB 14.6 trillion in the years 2008 to 2009 (Xue et al., 2020). This started a wave of construction, manufacturing, and real estate activity, some of it led by the private sector benefiting from spillovers and newly available financing.

Although private capital was not mobilized in a structured way through incentives or co-financing schemes, it followed the public lead, responding to increased demand and easier access to credit. Private firms in upstream industries like steel, cement, or construction materials benefitted from the infrastructure expansion. However, the absence of conditionality, limited transparency, and top-down allocation also led to wasteful duplication, environmental degradation, and the accumulation of local government debt.

While the natural critiques about the efficiency of this state intervention remain, China's stimulus succeeded in maintaining GDP growth above 8% in both 2009 and 2010, mainly due to its rapid and robust fiscal response to the global financial

and economic downturn (Li et al., 2012). The plan showcased China's ability to mobilize capital and labor at scale under central coordination while illustrating the trade-offs between speed, efficiency, and sustainability. It stands as a distinct example of command-led counter-cyclical investment, where state dominance rather than market incentives drives resource allocation.

Suggestions for closing the investment gap

The attached comparison table (see Figure 1) highlights not only the different institutional approaches taken by the United States, the European Union, and China in mobilizing investment during crises but also underscores the broader policy trade-offs that accompany different models of economic intervention. Each case illustrates how the design of public investment strategies, whether through direct fiscal spending, risk-sharing guarantees, or state-led mobilization, affects the speed, flexibility, and inclusiveness of recovery efforts. However, the table also points to a deeper insight: mobilizing capital effectively is not solely a question of funding mechanisms. It critically depends on the regulatory environment in which investments are deployed.

The U.S. model demonstrates how regulatory flexibility and targeted tax incentives can accelerate private sector responses; the EU's EFSI shows how structured, criteria-bound guarantees can mobilize finance even within strict fiscal constraints; and China's approach illustrates both the strengths and risks of top-down mobilization without sufficient regulatory checks. Taken together, the experiences suggest that public investment frameworks must be complemented by regulatory reforms that enable innovation, lower compliance burdens where appropriate, and maintain sufficient flexibility to adapt to technological and economic shifts. Without such reforms, even large-scale investment efforts risk falling short of their transformational potential.

FIGURE 1
DIFFERENT INVESTMENT SCHEMES IN THE USA, EU AND CHINA

	USA	EU	China
	ARRA - American Recovery and Reinvestment Act	EFSD – “Juncker Plan” European Fund for Strategic Investments	RMB 4T Stimulus package
Type	Fiscal stimulus & grants	Guarantee-based leveraging	State-driven investment
Public Capital Source	Direct federal spending	EU budget guarantee & EIB	Central/local budgets + SOEs
Private Capital Mobilization	Tax incentives, procurement	Risk-sharing guarantees	Bank credit + procurement
Execution Speed	Fast	Medium (EIB channels)	Very fast
Flexibility	High	Medium-high (criteria-bound)	Low (broad sectoral push)
Political Trade-offs	Centralized, partisan	Decentralized, consensus-based	Centralized, top-down

Source: Own elaboration. This table shows a comparison of national investment programs.

The comparative experiences of the United States, the European Union, and China during the global economic downturns offer important lessons for Europe's current investment challenge. While each model reflects different institutional contexts, one message stands out: scale and speed of response are decisive when seeking to counteract recessionary pressures and position economies for long-term innovation leadership.

The United States' ARRA program, despite its partisan origins, demonstrated how large, direct fiscal injections, combined with targeted tax incentives and innovation-focused spending, could rapidly stimulate private investment, particularly in emerging technology sectors. In contrast, the European Union's EFSI initiative, though creative and institutionally necessary, relied heavily on leveraging private finance through guarantees. This model proved effective in mobilizing investment where financial markets were functional, but its overall scale remained modest relative to the needs of a fragmented European economy. By the end of its mandate, EFSI had mobilized approximately €372 billion. It is quite a substantial amount, but below the ambitions originally set, and modest

when compared to ARRA's broader economic impact.

China's RMB 4 trillion stimulus stands out in its sheer speed and volume. By deploying capital rapidly through state-owned enterprises and local financing vehicles, China succeeded in maintaining growth above 8% even during the depths of the global downturn. However, the costs in terms of financial stability, efficiency losses, and environmental degradation also became apparent in the following decade. For Europe, China's experience underscores the risks of unchecked, top-down investment strategies without sufficient market discipline or transparency.

Taken together, these cases reveal that closing the investment gap vis-à-vis the United States and China will require the European Union to mobilize resources on a much larger scale and at a much faster pace than in the past while preserving the institutional strengths of transparency, accountability, and market orientation. Public-private investment schemes need to be designed for speed, risk tolerance, and a clear innovation focus. Without a more ambitious mobilization effort, Europe risks falling further behind in strategic sectors that will define future competitiveness.

POLICY RECOMMENDATIONS: A COMBINATION OF FISCAL AND REGULATORY RESPONSES EFFECTIVELY COMBATS RECESSIONS

The analysis presented so far underscores that fostering resilient, innovation-driven economies during and after recessions requires a two-pronged policy strategy: targeted public funding to mobilize private investment, and regulatory reforms that strike a balance between necessary risk management and innovation encouragement.

First, state support for business R&D and innovation must be actively counter-cyclical. Evidence from both the Great Recession and more recent downturns shows that public funding has the greatest positive impact when deployed during periods of heightened uncertainty and constrained private financing. Building on the experiences of successful programs like the American Recovery and Reinvestment Act in the United States and the European Fund for Strategic Investments in the European Union, future investment strategies should emphasize selective, high-leverage instruments. These include targeted loans, innovation guarantees, and co-investment platforms that not only provide immediate liquidity but also incentivize private capital to flow into critical sectors such as digital infrastructure, green technologies, and healthcare innovation.

However, expanding funding alone is not enough. The design of these programs must emphasize smart conditionality: public funds should be tied to clearly defined innovation and productivity objectives. This ensures that fiscal interventions not only stimulate short-term demand but also lay the groundwork for sustained technological progress and competitiveness. Attention must be given to ensuring that small and medium-sized enterprises (SMEs) and start-ups, which often drive radical and disruptive instead of process innovation, have equivalent access to funding instruments, counteracting the concentration effects observed during past crises.

Second, regulatory frameworks must be modernized to better support innovation dynamics without abandoning essential protections. The relationship between regulation and innovation is not linear but follows an inverted U-shape. Moderate, well-calibrated regulation can foster innovation by providing stability and market confidence, whereas excessive regulatory burdens can stifle investment and new developments. Policymakers should thus seek to identify and maintain this optimal regulatory zone.

Another essential step toward enabling innovation is advancing the European Capital Markets Union. While public investment and guarantees are indispensable, Europe also needs deeper, more integrated private capital markets to channel funding into productive, high-risk ventures, particularly in early-stage innovation. Fragmented national regulations, inconsistent insolvency laws, and limited cross-border investment tools currently prevent the emergence of a genuine single capital market.

This structural weakness disproportionately affects start-ups and scale-ups in innovation-intensive sectors that depend on venture capital or equity financing. A functioning Capital Markets Union would complement public funding by unlocking private investment at scale, allowing innovative firms across the EU to access financing under conditions comparable to their counterparts in the United States. Developing the EU towards a working capital markets union would match the existing supply of financial resources with the demand of firms that need funding for their innovation paths. A unified capital market would not only increase access to finance but also enhance Europe's overall financial resilience in times of crisis.

A critical area for reform is the application of the precautionary principle. While precaution is essential in managing genuine societal risks, its blanket application, requiring innovators to prove the complete absence of risk, can disproportionately deter R&D activities, particularly in emerging technologies where scientific uncertainty is inherent. Going forward, the precautionary principle should be applied more propor-

tionally and flexibly, distinguishing between high-risk and manageable-risk innovations, and allowing experimental projects under controlled conditions. Mechanisms such as regulatory sandboxes can facilitate this approach, enabling firms to develop and test novel technologies in a supervised environment before full market deployment.

Moreover, regulatory impact assessments should routinely include innovation considerations, ensuring that new regulations do not unintentionally close off technological pathways. In fields such as digital technologies, renewable energy, and biotech, adaptive regulatory frameworks capable of evolving with technological advances, will be critical to maintaining Europe's innovation competitiveness. Finally, mobilizing capital and regulatory reform must go hand in hand. Public investment platforms can only be fully effective if firms operate in an environment that rewards, rather than penalizes, innovation risks. Vice versa, a lighter, smarter regulatory burden needs the backing of strategic public funding to ensure that innovation ecosystems are inclusive and resilient, particularly during economic downturns.

In conclusion, Europe's ability to turn future recessions into opportunities for renewal hinges on combining targeted, scalable investment programs with forward-looking regulatory reforms. Only by aligning these two levers can the EU mobilize its full economic potential and close the innovation gap with global competitors.

CONCLUSION: TOWARDS A GROWING EUROPE

The evidence assembled in this paper points to a clear lesson: recessions expose vulnerabilities, but they also create opportunities to reshape the foundations of economic growth. The experiences of the United States, the European Union, and China show that timely, well-structured public interventions can not only stabilize demand but also channel investment into future-oriented sectors. However, the effectiveness of such stimulus packages hinges on two critical factors.

First, mobilizing capital at scale requires more than just plain public spending. It demands carefully targeted instruments that leverage private investment, prioritize innovation, and support a broad base of firms, including those that have the capacity to drive disruptive growth. Selective public loans, risk-sharing guarantees, and co-investment platforms can amplify the reach of public funds and unlock private sector dynamism, especially in times of heightened uncertainty.

Second, regulatory frameworks must evolve alongside investment efforts. Overly restrictive or rigid regulations risk stifling exactly the kind of innovation needed for renewal. As the analysis has shown, there is a fine line between protecting societal interests and inadvertently closing promising technological pathways. Regulation must be proportionate, adaptive, and innovation-sensitive, applying principles like precaution thoughtfully rather than mechanically. The comparative case studies reinforce these lessons. Where regulatory flexibility and targeted investment worked hand in hand, recovery was faster and more resilient. Europe, facing an innovation gap combined with the competitive pressure of global peers, must now act decisively on these insights.

To turn future recessions into moments of renewal, Europe must deploy public capital smartly, mobilize private investment, and reform its regulatory environment to foster rather than inhibit innovation. The challenge is significant but so is the opportunity to build a more dynamic, resilient, and future-proof European economy.

REFERENCES

- Arrighetti, Alessandro and Fabio Landini (2023), "Sluggish investment, crisis and firm heterogeneity," *Cambridge Journal of Economics* 47(4), pp 793-820.
- Archibugi, Daniele, Andrea Filippetti and Marion Frenz (2013), "Economic crisis and innovation: Is destruction prevailing over accumulation?" *Research Policy*, 42 (2), pp. 303 – 314.
- Amore, Mario Daniele (2015), "Companies learning to innovate in recessions," *Research Policy*, 44 (8), pp. 1574 – 1583.

- Barajas, Ascensión, Elena Huergo and Lourdes Moreno (2021), "The role of public loans in financing business R&D through the economic cycle," *Economía Política*, 38 (2), pp. 505 – 538.
- Blind, Knut (2012), "The influence of regulations on innovation: A quantitative assessment for OECD countries," *Research Policy*, 41 (2), pp. 391 – 400.
- Bourguignon, Didier (2015), "The Precautionary principle: Definitions, applications and governance. In-Depth Analysis," *EPRS | European Parliamentary Research Service*, PE573.876. ISBN 978-92-823-8480-0.
- Braun, Matias and Borja Larrain (2005), "Finance and the business cycle: International, inter-industry evidence," *Journal of Finance*, 60 (3), pp. 1097 – 1128.
- Busom, Isabel and Jorge-Andrés Vélez-Ospina (2021), "Subsidising innovation over the business cycle," *Industry and Innovation*, 28 (6), pp. 773 – 803.
- Censolo, Roberto and Caterina Colombo (2019), "R&D intensity of investment across Europe before and after the crisis," *Australian Economic Papers*, 58 (2), pp. 150 – 167.
- Congressional Budget Office (2015), "Estimated impact of the American Recovery and Reinvestment Act on employment and economic output in 2014," Available as PDF: <https://www.cbo.gov/sites/default/files/114th-congress-2015-2016/reports/49958-ARRA.pdf>
- Congressional Research Service (2021), "The Energy Credit or Energy Investment Tax Credit (ITC)," Updated April 223, 2021, Available as PDF: <https://www.congress.gov/crs-product/IF10479> p
- Conley, Timothy and Bill Dupor (2013), "The American Recovery and Reinvestment Act: solely a government jobs program?" *Journal of Monetary Economics*, 60(5), 535-549.
- Council of Economic Advisors (2009), "The economic impact of the American recovery and reinvestment act of 2009," *First Quarterly Report*, September 10, 2009.
- Council of Economic Advisors (2014), "The economic impact of the American recovery and reinvestment act five years later," *Annual report of the council of economic advisors*, chapter 3. United States Government Printing Office, Washington, D.C.
- D'Agostino, Lorena M. and Rosina Moreno (2018), "Exploration during turbulent times: An analysis of the relation between cooperation in innovation activities and radical innovation performance during the economic crisis," *Industrial and Corporate Change*, 27 (2), pp. 387 – 412.
- Dark, Stephen Michael and Shelley Burgin (2017), "An examination of the efficacy of the precautionary principle as a robust environmental planning and management protocol," *Journal of Environmental Planning and Management*, 60 (12), pp. 2122 – 2132.
- De Smedt, Kristel and Ellen Vos (2022), "The Application of the Precautionary Principle in the EU," *Studies in History and Philosophy of Science*, 57, pp. 163 – 186.
- European Court of Auditors (2025), "Special report 07/2025: "The European Fund for Strategic Investments: Contributed substantially to addressing the investment gap but had not fully reached the €500 billion target in the real economy by the end of 2022"," *Publications Office of the European Union*.
- European Investment Bank (2022), "2022 EFSI REPORT From the European Investment Bank to the European Parliament and the Council on 2022 EIB Group Financing and Investment Operations under EFSI," Available as PDF: <https://www.eib.org/files/publications/strategies/2022-efsi-report-to-the-ep-and-council.pdf>
- European Investment Bank (2021), "Evaluation of the European fund for strategic investments," ISBN: 978-92-861-5046-3, Available as PDF: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/987fb0d1-315c-11ec-bd8e-01aa75ed71a1/language-en>
- Gaitskell, Jessica (2019), "A fairy tale: How robust are the EFSI success numbers?" *ZEI Insights* No. 62 (April 2019).
- Gomes, Joao F. (2018), "Comment on partisan conflict and private investment," *Journal of Monetary Economics*, 93, pp. 132 – 134.
- Grandjean, Philippe, John C. Bailar, David Gee, Herbert L. Needleman, David M. Ozonoff, Elihu Richter, Morando Sofritti and Colin L. Soskolne (2004), "Implications of the Precautionary Principle for research and policy making," *European Journal of Oncology*, 9 (1), pp. 9 – 12.
- Kannan, Prakash (2012), "Credit Conditions and recoveries from financial crises," *Journal of International Money and Finance*, 31(5), pp. 930-947.
- Li, Linyue, Thomas D. Willett and Nan Zhang (2012), "The Effects of the Global Financial Crisis on China's Financial Market and Macroeconomy," *Economics Research International*, No. 961694.
- Litina, Anastasia, Christos Makridis and Georgios Tsiachtsiras (2021), "Do product market reforms raise innovation? Evidence from Micro-data across 12 countries," *Technological Forecasting and Social Change*, 169, art. no. 120841.
- Park, Michael, Shuping Wu and Russel J. Funk (2025), "Regulation and Innovation Revisited: How Restrictive Environments Can Promote Destabilizing New Technologies," *Organization Science*, 36(1), pp. 240 – 260.
- Rinaldi, David and Jorge Núñez Ferrer (2017), "The European Fund for Strategic Investments as a New Type of Budgetary Instrument," *CEPS Research Report* No. 2017/07.
- U.S. Department of Energy (DOE) Solar Energy Technologies Office (SETO) (2022), "Federal Tax Credits for Solar Manufacturer," Available as PDF: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-10/Federal-Tax-Credits-for-Solar-Manufacturers.pdf>
- Wang, Fang and Xiaoyong Dai (2020), "Regulation and product innovation: the intermediate role of resource reallocation," *Journal of Evolutionary Economics*, 30 (4), pp. 1035 – 1061.
- Wang, Yolanda Yulong (2023), "Corporate diversification, investment efficiency and the business cycle," *Journal of Corporate Finance* 78, No. 102353.

Wen, Yin and Jing Wu (2019), "Withstanding the great recession like China," *The Manchester School* 87(2), pp. 138 – 182.

Xue, Wenjun, Hakan Yilmazkuday and Jason E. Taylor (2020), "The impact of China's fiscal and monetary policy responses to the great recession: An analysis of firm-level Chinese data", *Journal of International Money and Finance* 101, No. 102113.

Yu, Yantuan (2009), "China's Policy Responses to the Global Financial Crisis, Richard Snape Lecture, 25 November", *Productivity Commission*, Melbourne (AUS).

Yu, Yantuan and Ning Zhang (2022), "Environmental regulation and innovation: Evidence from China," *Global Environmental Change*, 76, No. 102587.

SOBRE LOS AUTORES

Jörg Mahlich is a German economist specializing in health economics, pharmaceutical policy, and market access. He currently serves as the Market Access and Government Affairs Lead at Miltenyi Biomedicine in Düsseldorf and is a Research Affiliate at the Düsseldorf Institute for Competition Economics (DICE) at Heinrich Heine University. Jörg Mahlich holds a doctorate in economics from the University of Vienna and previously earned his degree in economics from the University of Kiel. His professional career spans leadership roles in the pharmaceutical industry, including heading the health economics department at Janssen Japan in Tokyo, where he contributed to health technology assessments and market access strategies. Jörg Mahlich's academic focus includes cost-effectiveness analysis, real-world evidence, and healthcare resource utilization, with particular emphasis on chronic diseases such as rheumatoid arthritis, schizophrenia, and various cancers. He teaches Health and Pharmaceutical Economics at the University of Vienna and has published extensively in peer-reviewed journals, co-editing volumes on innovation and technology policy in East Asia.

EMERGENCE AND EVOLUTION OF RESEARCH, TECHNOLOGY ORGANIZATIONS (RTOS) IN THE BASQUE COUNTRY. A SYSTEMIC AND EVOLUTIONARY PERSPECTIVE

MIRIAM RUIZ YÁNIZ
JUAN CARLOS SALAZAR ELENA

The valorisation of knowledge remains one of the central challenges for modern economies and is particularly pressing in the European Union (EU). As Mario Draghi recently stated, “the problem is not that Europe lacks ideas or ambitions, but rather translating innovation into commercialisation.” Closing this innovation gap remains a priority for the EU and many of its Member States.

One of the main barriers lies in the limited absorptive capacity of much of the business sector. As defined by Cohen and Levinthal (1990), absorptive capacity is a firm’s ability to recognise, assimilate, and apply external knowledge. While policies increasingly promote interaction between firms and knowledge producers, many companies—especially SMEs—struggle to under-

stand and incorporate scientific and technological advances, limiting the impact of such incentives.

In many regions, this gap is being addressed through knowledge intermediaries that connect science and industry. Research and Technology Organisations (RTOS) are a key example. Positioned between academic research and industrial application, RTOs facilitate knowledge transfer, co-develop technology, and help firms build innovation capacity (EARTO, 2024).

Definitions of RTOs vary widely, but this paper adopts the one proposed by EARTO, which describes them as non-profit organisations dedicated to producing, combining, and bridging diverse forms of knowledge to support public and industrial partners. Examples include Fraunhofer In-

stitutes (Germany), TNO (Netherlands), VTT (Finland), Kosetsushi (Japan), and Tecnalia (Spain), where they are commonly referred to as Technology Centres.

Because innovation systems are embedded in historical trajectories, they are highly context-specific. Transferring successful models across regions often fails (Fagerberg, 2017). Inspired by the success of RTOs, several EU countries created new ones in the 1990s and 2000s, hoping to replicate their effects. Yet, uneven innovation performance across regions suggests that outcomes depend on more than institutional design.

The Basque Country provides a compelling case. Sustained public policy, dense institutional networks, and strong industry linkages have enabled the region to strengthen firm-level innovation. At the heart of this strategy is the Basque Network of Science, Technology and Innovation (BNSTI), which includes over 21 research-performing organisations and Technology Centres.

This paper analyses the origins and evolution of Basque RTOs and their contributions to the regional innovation system across successive STI policy phases. It offers a context-sensitive and longitudinal perspective that complements existing studies, which often overlook the specific institutional dynamics behind the effectiveness of RTOs. The Basque case suggests that such effectiveness depends not on replication, but on alignment with local industrial structures and policy frameworks.

LITERATURE REVIEW

The transition from linear to systemic models of innovation has profoundly shaped how knowledge creation and diffusion are conceptualised. The linear model envisions innovation as a unidirectional sequence from research to market. In contrast, the systems of innovation perspective highlights interactive learning, tacit knowledge, and institutional coordination as central elements of technological progress (Fagerberg, 1989; Lundvall, 2010; Edquist, Eriksson & Sjögren, 2002). Within this framework, in-

novation systems consist of organisations (e.g., firms, universities) and institutions (norms, rules) that co-evolve and interact (Edquist, 2011; Cooke, 2008). Regional Innovation Systems (RIS) extend this view by stressing proximity, historical paths, and multilevel governance in shaping innovation dynamics (Olazaran, Albizu & Otero, 2009; Cooke, Uranga & Etzebarria, 1998; Otero et al., 2014).

In response, regional innovation policies are increasingly tailored to territorial conditions rather than following uniform models (Tödtling & Trippel, 2005). Scholars have stressed the need for empirical insights into how these policies evolve over time and are shaped by political, institutional, and socio-economic contexts (Flanagan & Uyarra, 2016; Borrás & Jordana, 2016).

Traditional models emphasised the triple helix –government, universities, and industry– as the drivers of innovation (Etzkowitz & Klofsten, 2005). However, building meaningful collaborations between these actors often requires support from intermediary organisations. These intermediaries –variously termed interface institutions (Lundvall, 2010), hybrid organisations (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000), or fourth pillar actors (Simon & Marquès, 2012)– are essential for facilitating connectivity and knowledge exchange (Nelson & Rosenberg, 1993).

Among them, Research and Technology Organisations (RTOs) stand out for their capacity to co-create knowledge, provide technological services, and support firm-level innovation, particularly among SMEs (EARTO, 2024; Kilpatrick & Wilson, 2013). Their roles vary significantly by region, sector, and policy context (Charles & Ciampi Stancova, 2015; Larrue & Strauka, 2022). While increasingly recognised for their importance, RTOs are still often treated generically, limiting understanding of their specific contributions (Landry et al., 2013; Arnold, Clark & Javorcka, 2010).

Some studies highlight RTOs as knowledge producers (Barge-Gil & Modrego, 2011; Baviera-Puig et al., 2012), while others underscore their intermediary role in enabling innovation among firms with limited internal capacity (Steen & Nauta, 2020; Taverdet-

Popiolek, 2021). However, most literature focuses on isolated case studies or theoretical reflections, with little systemic or historical analysis (Del Campo et al., 2023; Stezano, 2018).

Technology Centres, as a prevalent type of RTO, have received particular attention due to their role in fostering innovation in regions with a dense SME base (Mas-Verdú, 2007; Baviera-Puig et al., 2013). Their ability to bridge the gap between scientific research and industrial application is especially valuable for smaller firms, helping to overcome collaboration barriers and build absorptive capacity (Barge-Gil, Santamaría & Modrego, 2011; Albors-Garrigós, Rincon-Díaz & Igartua-Lopez, 2014; Hervás-Oliver et al., 2012).

Understanding the relevance of these intermediaries also requires placing them within the broader framework of science, technology, and innovation (STI) policy. Over the past decades, STI policy has evolved around two contrasting rationales: market failure and system failure. The former justified public funding for basic research due to firms' limited incentives to invest in non-appropriable knowledge (Elg & Leijten, 2010). The latter, grounded in systemic models, recognises the importance of institutional coordination, absorptive capacity, and learning-by-doing (Freeman, 1995; Lundvall, 1992).

This shift has reframed the role of intermediaries such as RTOs—not merely as service providers, but as systemic actors who support coordination, knowledge transfer, and firm-level capability building. Their contribution spans all stages of the innovation process and has become essential in contexts where institutional fragmentation or capability gaps inhibit innovation diffusion (Fagerberg, 2017; Jensen et al., 2007; Comin et al., 2019).

The Basque Country is often cited as a successful case of transformation from a declining industrial region to a competitive innovation system. It pioneered cluster policies (Navarro, 2010; Parrilli et al., 2010), led smart specialization strategy (S3) design (Valdaliso et al., 2014; Aranguren, Morgan & Wilson, 2023), and developed a stable mul-

tilevel STI governance structure (Magro & Wilson, 2013; Navarro et al., 2014). Political continuity and fiscal autonomy have supported a long-term, consensus-based innovation strategy (Holl & Rama, 2016; Aranguren et al., 2023).

Within this system, the Basque Network of Science, Technology and Innovation (BN-STI) plays a central role. Technology Centres, as part of this network, are crucial in translating research into industrial competitiveness (OECD, 2011). While several studies acknowledge their role (Olazaran et al., 2009; Morgan, 2016; Iturrioz-Landart et al., 2021), few offer a systematic analysis of their evolving contributions. Existing research tends to group RTOs within broad categories or focus on static case studies (Barge-Gil & Modrego, 2011; Alcalde-Heras et al., 2023).

This study contributes to filling that gap by examining the historical evolution of Basque RTOs and their intermediary functions. It adopts a systemic and evolutionary lens to explore how these organisations have adapted to successive policy phases, enhancing both regional and firm-level competitiveness.

METHODOLOGY

This paper adopts a case study methodology (Yin, 2006) to examine the evolving role of Research and Technology Organisations (RTOs) within the Basque regional innovation system. This approach is well suited to studying complex, context-dependent phenomena, enabling both empirical insight and theoretical development.

Drawing on a cognitive-distance perspective, the study conceptualises RTOs as systemic intermediaries that help bridge the gap between basic science and industrial application. This theoretical lens guides a historical-institutional analysis of successive STI policy phases and the changing role of RTOs within them.

The analysis combines qualitative and quantitative evidence. On the qualitative side, we examine strategic STI plans, poli-

cy evaluations, and other grey literature to identify milestones in the design and implementation of Basque innovation policy. On the quantitative side, we use descriptive indicators—drawn from Eurostat, the Spanish Statistical Office (INE), the Basque Statistical Office (Eustat), the Regional Innovation Scoreboard (RIS), and the Science and Technology Information System (SIC-TI)—to track R&D investment, innovation outcomes, and firm-level performance over time. This allows for comparison between the Basque Country and other Spanish and European regions.

The study follows a narrative approach (Garud et al., 2010), tracing how RTOs have contributed to knowledge generation, diffusion, and capability building, and how they have responded to shifting policy rationales and industrial demands. This integrated methodological design enables a comprehensive understanding of how RTOs have become structural components of the Basque innovation ecosystem.

RESULTS

This section examines the emergence and institutional consolidation of the Basque innovation system through a historical and systemic lens, with particular emphasis on the evolving role of Research and Technology Organisations (RTOs) in enabling regional transformation. The analysis begins by outlining the economic and industrial foundations of the Basque Country, followed by a periodisation of STI policy into six distinct phases. It then explores the contribution of RTOs to knowledge valorisation, firm-level innovation, internationalisation, and capability development, drawing on both qualitative evidence and comparative quantitative indicators.

With a population of 2.2 million and a territory of just over 7,200 km², the Basque Country is a medium-sized European region with consistently high levels of socio-economic development. It ranks among the top Spanish regions in GDP per capita, productivity, and innovation intensity, supported by a robust industrial base and growing specialisation in advanced sectors.

This resilience is the result of a long-term policy strategy in which innovation has played a central role. Within this trajectory, RTOs have become key institutional actors, bridging science and industry and supporting the diffusion of innovation across the regional economy.

Historical evolution of the Basque STI system

The development of the Basque innovation system can be understood as a relatively recent co-evolution of policy frameworks, institutional infrastructures, and the strong industrial component of its economy (Barrutia and Echebarria, 2011). A first phase, prior to the 1980s, was characterised by the absence of a formal STI policy and the existence of informal initiatives rooted in industrial associations and cooperative structures. Despite scarce central government funding for R&D, the Basque Government, empowered by its fiscal autonomy, launched its own policy initiatives to support industrial technological upgrading. This marked the beginning of a regional strategy that would gain traction over the following decades (Moso & Olazarán, 2002).

In the 1980s, the first formal phase of Basque STI policy saw the creation of Technology Centres, often starting as small applied research units and gradually professionalising with public co-funding. These centres, such as Ikerlan, Labein, Inasmet, Tekniker and Ceit, were instrumental in providing technological services, assisting SMEs with quality certifications, and developing applied knowledge (Moso & Olazarán, 2002). During this phase, a balance between generic and contracted research was promoted (Olazarán & Lavía, 2000). The foundation of the Society for Industrial Reconversion (SPRI), a public agency to support business development and innovation, consolidated this phase of policy, anchored in a strong public-private cooperation logic.

During the 1990s, policy evolved towards a cluster-based approach. STI instruments were increasingly shaped by the needs of industrial clusters, and RTOs became key enablers of collective innovation projects.

This period also saw the formal establishment of the Basque Technology Network, in 1997, which brought together different actors under a common framework to facilitate knowledge transfer and coordination. RTOs extended their missions and capabilities during this phase, moving beyond technical services to engage in strategic cooperation with firms and policymakers.

A third phase, beginning in the early 2000s, introduced new institutional actors with a stronger scientific profile, such as the Basque Excellence Research Centres (BERCs) and the Cooperative Research Centres (CICs). These institutions aimed to bridge the gap between the scientific system and the productive sector, with RTOs playing a central role as intermediaries. STI policy was structured around strategic plans with five-year horizons (Aghion, David, & Foray, 2009), and RTOs increasingly functioned as brokers of innovation, mediators in collaborative projects, and leaders of strategic foresight exercises.

Between 2011 and 2020, STI policy was shaped by the Smart Specialisation Strategy (S3), which identified key technological priorities for the region. The consolidation of the system led to the merging of eight Technology Centres into Tecnalia, which became the largest RTO in Spain. The Basque Research and Technology Alliance (BRTA) was created in 2019 to further coordinate RTO activity and reinforce their strategic alignment with regional goals. This period also saw the institutionalisation of the Elkartek and Hazitek programmes, which supported collaborative R&D projects between firms, RTOs and universities, reinforcing the central role of RTOs in the innovation ecosystem.

The most recent phase, corresponding to the 2021–2030 horizon, builds on the STIP 2030 strategy. RTOs are positioned as key agents for the region's green, digital, and inclusive transitions, with responsibilities in areas such as applied research, sustainability, industrial decarbonisation, and talent development. Their contribution is now understood not only in terms of knowledge transfer but as central actors in building the region's capacity to respond to technological and societal challenges.

The evolving role of RTOs

Throughout these phases, the role of RTOs has evolved substantially. Initially created to provide basic technological services, they have progressively become enablers of firm-level innovation, internationalisation, and systemic learning. They have contributed to strengthening the regional knowledge base through the development of applied research capabilities, testing infrastructure, and support for firms in adopting new technologies. Their proximity to SMEs has allowed them to act as key partners in innovation processes, especially for firms with limited internal R&D capacities.

RTOs have also supported firms in aligning their technological trajectories with market demands, helping to move innovations from concept to application. In parallel, RTOs have facilitated the Basque Country's integration into European innovation frameworks. Their leadership in EU R&D programmes is well documented. In successive Framework Programmes, they have consistently accounted for the majority of Basque participation and funding returns. For instance, in Horizon 2020, they secured 46% of the regional funding received. This international engagement has been reinforced by their support to firms in meeting EU standards and certification processes, contributing to increased competitiveness and access to global value chains.

Their contribution to capacity building has also been significant. RTOs support the development of absorptive capacities within firms by tailoring their interventions to different modes of innovation—whether science-based (STI) or practice-based (DUI). They also play a key role in training human capital, generating high-quality employment, and retaining talent. The presence of RTOs has fostered cross-sectoral collaboration and helped develop innovation capabilities in strategic areas such as advanced manufacturing, energy transition, and biosciences.

Empirical indicators of RTO impact

Understanding the role of Research and Technology Organisations (RTOs) in Spain requires situating them within the broader architecture of the national knowledge

transfer system. In this system, different types of R&D&I-performing institutions contribute to the transfer of knowledge and technology through a variety of mechanisms—such as collaborative projects, contract research, and licensing—each with distinct institutional orientations, client bases, and degrees of market proximity.

Figure 1 displays income generated through knowledge transfer activities by organisation between 2019 and 2022. The data reveal a clear functional differentiation across institution types. RTOs stand out as the leading actors in total transfer income, surpassing public universities and other research institutions. They dominate in R&D&I projects and services, but also maintain a strong presence in collaborative projects and, to a lesser extent, in commercialisation agreements. This underscores their role as organisations geared toward applied research and technological development in close connection with firms and industry needs.

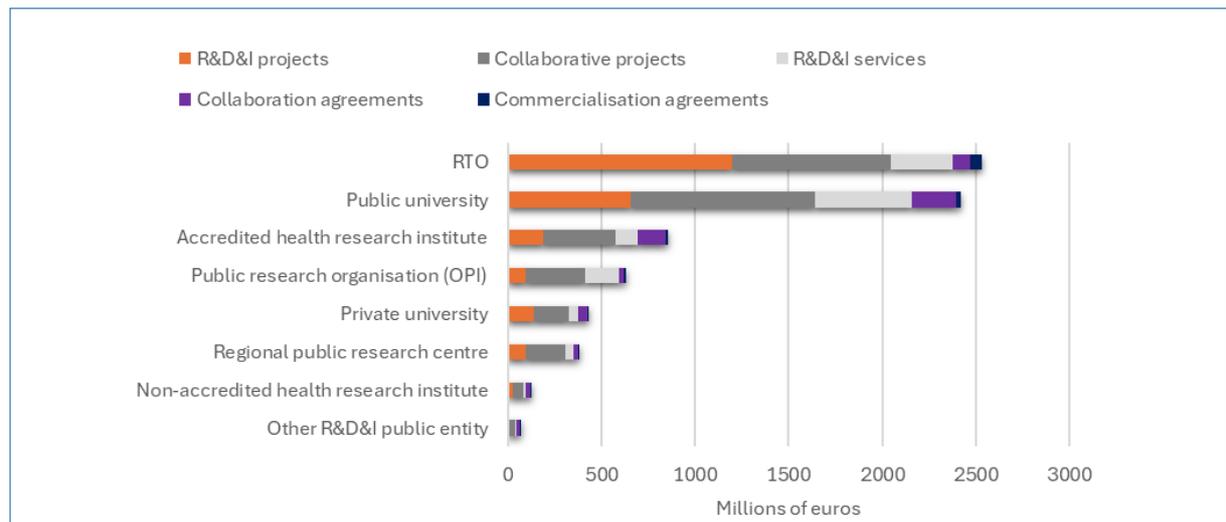
Unlike universities—which tend to collaborate with firms that already have internal R&D capabilities—RTOs work extensively with firms that would otherwise struggle to access or absorb scientific and techno-

logical knowledge. Their ability to act as institutional intermediaries enables them to reduce the distance between innovation supply (from research) and demand (from firms), especially in sectors with lower innovation intensity. In this sense, RTOs contribute not only to the sophistication of advanced industrial actors, but also to the broadening of innovation participation, helping to mobilise a more diverse segment of the productive fabric.

This pattern is particularly visible in the case of Technology Centres, which are a major component of the Spanish RTO landscape. Their activities range from contract research and technical services to collaborative R&D, making them essential vehicles for both technology co-development and knowledge valorisation. Their position at the intersection of scientific production and industrial application allows them to operate across multiple Technology Readiness Levels (TRLs), a capability not always present in other research organisations.

This national-level evidence provides a valuable reference point for analysing regional dynamics. In particular, it highlights why the role of RTOs cannot be understood

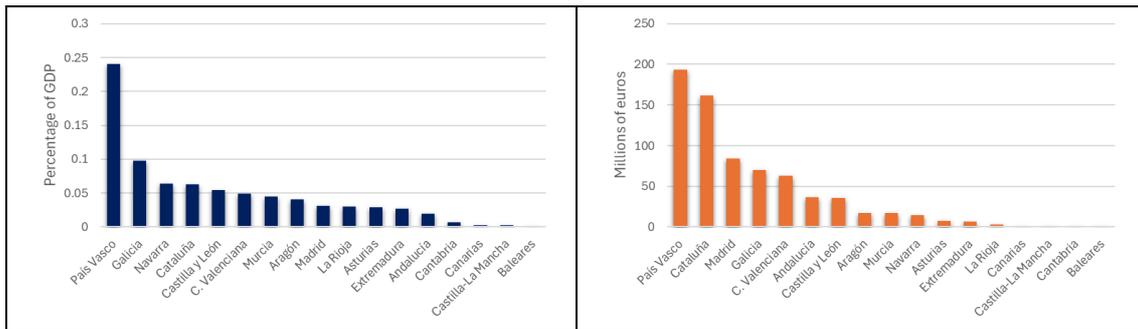
FIGURE 1
TECHNOLOGY AND KNOWLEDGE TRANSFER INCOME IN SPAIN (2019–2022)



Source: Own elaboration based on data from the Ministry of Science, Innovation and Universities of Spain.

Note: Note: R&D&I projects refer to direct contracts with public or private entities. Collaborative projects are funded through competitive calls involving multiple partners. R&D&I services include technical or scientific support provided to third parties. Collaboration agreements cover sponsored chairs, industrial PhDs, patronage, and other formal partnerships. Commercialisation agreements refer to licensing or exploitation of intellectual property rights.

FIGURE 2
THE BASQUE COUNTRY'S LEADERSHIP IN R&D&I CONTRACTS



Source: Own elaboration based on data from the Ministry of Science, Innovation and Universities of Spain.

in isolation from their institutional context and from the types of firms and territories with which they interact. These insights lay the groundwork for examining specific regional trajectories—most notably that of the Basque Country, where a dense and mature network of RTOs has become a cornerstone of its innovation policy.

While national-level data highlights the division of labour across different types of research institutions, a more granular, regional analysis focusing on a specific transfer mechanism—R&D&I contracts—reveals critical differences in how innovation ecosystems operate in practice. These contracts, which directly link public research institutions with firms, represent one of the most tangible instruments of knowledge valorisation. They are particularly important for firms that may lack the in-house resources to independently engage in R&D, as they provide access to external expertise, infrastructure, and tailored innovation services.

In this context, the Basque Country emerges as a clear outlier (see Figure 2). It leads all Spanish regions in total income from R&D&I contracts, surpassing €200 million—well ahead of regions such as Catalonia and Madrid, despite their significantly larger economies. When this income is measured as a share of GDP, the Basque Country's intensity more than doubles the national average, confirming the systemic nature of these collaborative arrangements. This performance is not merely the result of an active industrial base, but rather reflects a deliberate and long-standing policy effort

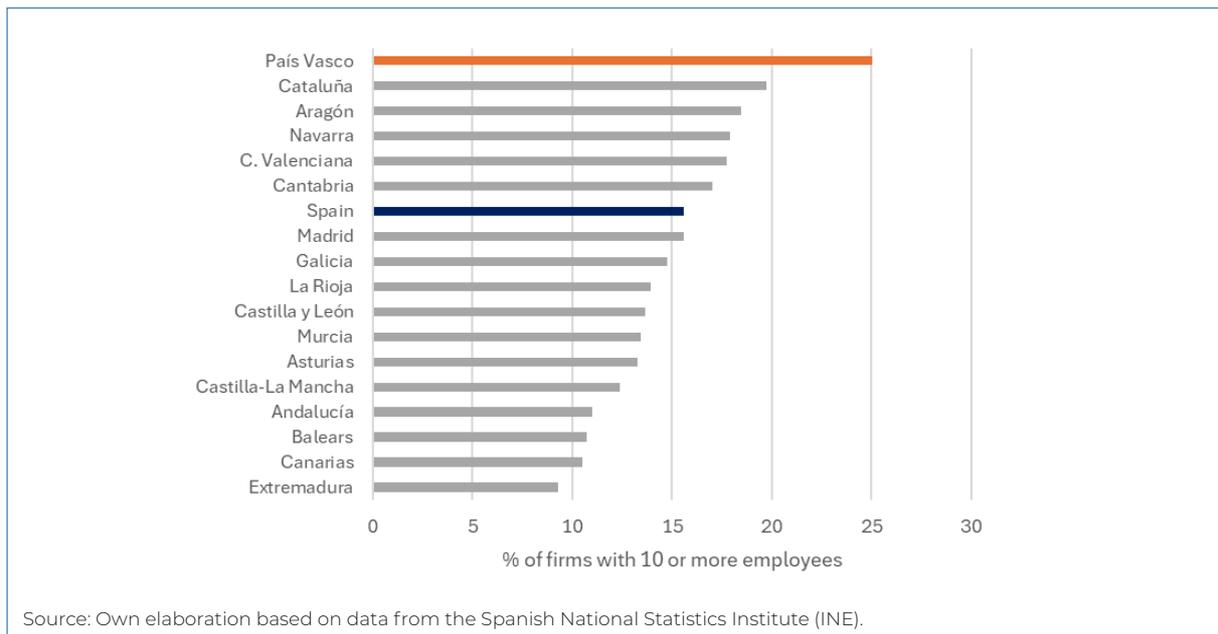
to build an integrated innovation system in which knowledge producers and firms are closely aligned.

A key driver of this outcome has been the sustained support for Technology Centres and other RTOs acting as intermediaries. These organisations have structured innovation demand through accessible, applied research services that reduce the risks and costs of innovation for a wide array of firms. As a result, R&D&I contracts in the Basque Country have become not only a funding channel, but a core pillar of innovation inclusiveness—enabling more firms to participate in the knowledge economy.

The effects of this institutional architecture are also evident in firm-level innovation data. As shown in Figure 3, the Basque Country leads all Spanish regions in the percentage of firms (with 10 or more employees) engaged in innovation activities, with approximately 25% reporting such engagement. This is well above the national average of 15% and significantly higher than the levels observed in other advanced regions.

This pattern reinforces the idea that innovation in the Basque Country is not concentrated in a handful of elite firms or sectors, but rather embedded across the productive fabric. The institutional density and continuity of its innovation system—underpinned by targeted instruments like R&D&I contracts and supported by a mature network of intermediaries—have lowered the entry barriers for firms and institutionalised collaborative innovation practices.

FIGURE 3
INNOVATION ENGAGEMENT AMONG FIRMS IN THE BASQUE COUNTRY



The Basque experience illustrates how a regional innovation system can evolve to become not only competitive, but also structurally inclusive, ensuring that a wider share of the business community can benefit from and contribute to innovation. This systemic capability is what sets the Basque model apart—and what makes it particularly relevant as a reference in broader discussions on knowledge transfer and innovation policy effectiveness.

One of the most compelling indicators of the inclusiveness of the Basque innovation system is the evolution of firm size distribution among R&D-performing companies. As shown in Figure 4, the past two decades have witnessed a significant structural transformation. In 2001, small firms with fewer than 20 employees accounted for just over one-third (36%) of all firms conducting R&D in the region. By 2011, this figure had jumped dramatically to 68%, and although it slightly declined in the following decade, small firms still made up the majority (58%) of R&D-active firms in 2022.

This trajectory marks a qualitative leap in the integration of small enterprises into the innovation ecosystem. Unlike larger firms, which often have in-house R&D departments and

established routines for managing innovation, small firms typically face substantial barriers to engaging in R&D activities, including financial constraints, limited human resources, and low absorptive capacity. The growing presence of small firms in the R&D landscape of the Basque Country is therefore not merely a numerical change—it signals a deep transformation in the functioning of the regional system, one that has enabled a broader segment of the productive fabric to participate in innovation.

This shift can be largely attributed to the dense network of intermediary institutions, especially Technology Centres, which have played a central role in lowering the threshold for small firms to access research capabilities and develop innovative projects. Through tailored support, collaborative projects, and contract-based R&D, these intermediaries have helped embed innovation in firms that would otherwise remain disconnected from the knowledge economy.

In essence, the data reflect a system that no longer concentrates innovation in a few large actors, but rather promotes the distributed participation of firms of all sizes, with a notable expansion of small-firm engagement. This structural change has not

only strengthened the competitiveness of individual firms but has also made the entire regional economy more dynamic, resilient, and innovation-driven.

The indicators discussed throughout this section clearly illustrate the unique profile of the Basque Country within the Spanish innovation landscape. However, more conventional metrics also confirm the systemic relevance of RTOs in the region. The Basque Country has the highest share of private R&D funding in Spain, and one of the highest in Europe, with over 60% of total R&D expenditure financed by firms. Business-led R&D execution is equally dominant, accounting for 77% of regional R&D activity, compared to just 16% executed by universities. These figures position the Basque innovation system closer to global leaders such as Germany and Japan than to the Spanish average. In the European Regional Innovation Scoreboard, the Basque Country performs 9.8% above the EU average and 23% above the national average—leading all Spanish regions in this composite indicator.

Taken together, these results suggest that the success of the Basque innovation system cannot be explained by isolated policy measures or the performance of individual actors. Rather, it reflects the cumulative effects of a territorially grounded, systemic innovation strategy, in which RTOs have played a pivotal role. By activating both the supply and demand sides of knowledge flows, and by

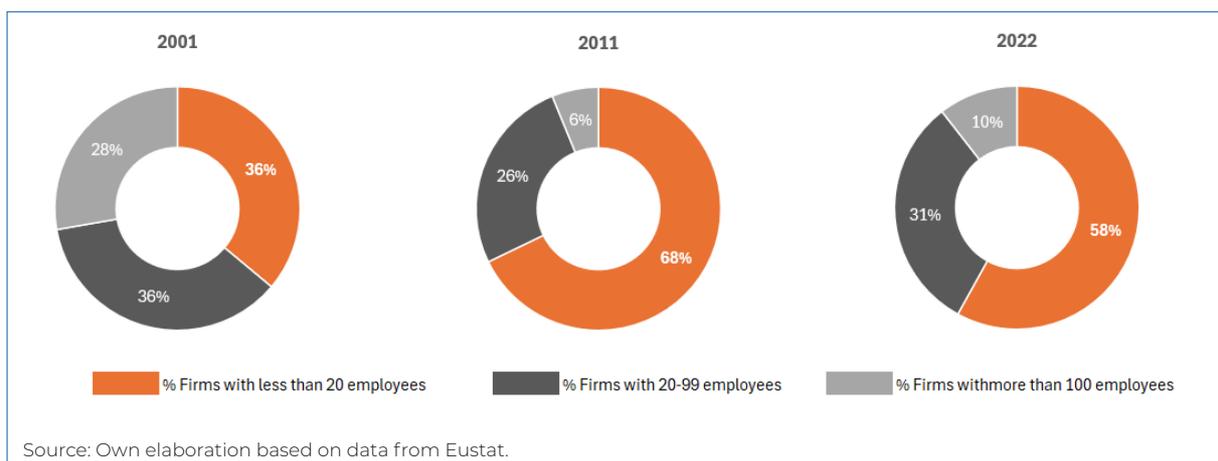
enabling firms—particularly SMEs—to access, adapt, and apply scientific and technological advances, RTOs have become structural agents of innovation. Their ability to evolve in line with shifting policy rationales and industrial priorities helps explain their enduring relevance over the past four decades.

CONCLUDING REMARKS

This paper has analysed the historical evolution and institutional embedding of Research and Technology Organisations (RTOs) in the Basque Country, showing how their progressive integration into regional innovation policy has enabled a more inclusive and dynamic innovation system. The co-evolution of RTOs and industrial restructuring has not only strengthened the regional knowledge base but has also facilitated the sustained participation of SMEs in innovation activities—traditionally a challenge in less research-intensive economies.

While the Basque case is deeply shaped by its institutional and industrial context, it provides generalisable insights. Above all, it highlights that the effectiveness of RTOs is not inherent to their organisational model, but contingent on the broader policy architecture in which they are embedded. Replicating the Basque experience elsewhere requires careful adaptation to local capabilities, governance arrangements, and industrial structures.

FIGURE 4
A STRUCTURAL SHIFT: THE GROWING ROLE OF SMALL FIRMS IN R&D ACTIVITY



From a policy perspective, the findings underscore the need to prioritise intermediary organisations in innovation strategies, particularly those capable of bridging scientific production with firm-level application. Effective innovation policy must avoid overly generic classifications of intermediaries and instead support diverse RTOs with tailored missions and flexible governance. Long-term public support, integration into international networks, and alignment with regional priorities are all essential conditions for impact.

That said, important challenges remain. The role of universities in the Basque innovation system remains limited compared to their potential as engines of interdisciplinary knowledge and problem-oriented research. Moreover, despite strong participation in EU programmes, the overall international visibility of the Basque innovation system remains modest. Addressing these gaps will be crucial to sustain the region's trajectory in an increasingly globalised and mission-oriented innovation landscape.

REFERENCES

- Aghion, P., David, P., & Foray, D. (2009). Science, technology and innovation for economic growth: Linking policy research and practice in 'STIG Systems'. *Research Policy*, 38(4), 681-693.
- Albors-Garrigós, J., Rincon-Díaz, C., & Igartua-Lopez, J. (2014). Research technology organisations as leaders of R&D collaboration with SMEs: role, barriers and facilitators. *Technology Analysis & Strategic Management*, 26, 37-53.
- Alcalde-Heras, H., Oleaga, M., & Sisti, E. (2023). The dynamics of regional collaborations on firms' ability to innovate: a business innovation modes approach. *Competitiveness Review*, 33(4), 663-689.
- Aranguren, M.J., Morgan, K., & Wilson, J.R. (2023). The institutional challenges of dynamic regional innovation strategies. *Regional Studies*, 57(1), 72-83.
- Arnold, E., Clark, J., & Jávorka, Z. (2010). Impacts of European RTOs: A Study of Social and Economic Impacts of Research and Technology Organisations: A Report to EARTO.
- Barge-Gil, A., & Modrego, A. (2011). The impact of research and technology organizations on firm competitiveness. Measurement and determinants. *Journal of Technology Transfer*, 36(1), 61-83.
- Barge-Gil, A., Santamaría, L., & Modrego, A. (2011). Complementarities Between Universities and Technology Institutes: New Empirical Lessons and Perspectives. *European Planning Studies*, 19, 195-215.
- Barrutia, J.M., & Echebarria, C. (2011). An Evolutionary View of Policy Network Management. *European Planning Studies*, 19(3), 379-401.
- Baviera-Puig, A., Roig-Tierno, N., Buitrago-Vera, J., & Mas-Verdu, F. (2013). Comparing trade areas of technology centres using 'Geographical Information Systems'. *Service Industries Journal*, 33(7-8), 789-801.
- Baviera-Puig, A., Buitrago-Vera, J., & Mas-Verdu, F. (2012). Trade areas and knowledge-intensive services: the case of a technology centre. *Management Decision*, 50(8), 1412-1424.
- Charles, D., & Ciampi Stancova, K. (2015). Research and Technology Organisations and Smart Specialisation. (S3 Policy Brief Series, No. 15/2015). European Commission, Joint Research Centre, Institute for prospective Technological Studies, Spain.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 35(1), 128-152.
- Comin, D., Licht, G., Pellens, M., & Schubert, T. (2019). Do companies benefit from public research organizations? The impact of the Fraunhofer Society in Germany. The impact of the Fraunhofer Society in Germany, 19-006.
- Cooke, P. (2008). Regional innovation systems: origin of the species. *International Journal of Technological Learning, Innovation, and Development*, 1(3), 393-409.
- Cooke, P., Uranga, M.G., & Etxebarria, G. (1998). Regional systems of innovation: an evolutionary perspective. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 30(9), 1563-1584.
- Del Campo, C., Roig-Tierno, N., Chaparro-Banegas, N., & Mas-Verdu, F. (2023). The role of technology centres in regional competitiveness: A multicriteria approach. *Revista de Estudios Empresariales-Segunda Epoca* 1), 119-141.
- Edquist, C. (2011). Design of innovation policy through diagnostic analysis: identification of systemic problems (or failures). *Industrial and Corporate Change*, 20(6), 1725-1753.
- Edquist, C., Eriksson, M., & Sjögren, H. (2002). Characteristics of collaboration in product innovation in the regional system of innovation of East Gothia. *European Planning Studies*, 10(5), 563-581.
- Elg, L., & Leijten, J. (2010). New economic ground for innovation policy : materials from the 6CP workshop, Bilbao, 14 September 2009 (1a ed.). Cultiva.
- Etzkowitz, H., & Klofsten, M. (2005). The innovating region: toward a theory of knowledge-based regional development. *R & D Management*, 35(3), 243-255.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123.
- European Association of Research and Technology Organisations –EARTO– Paper (2024) Unlocking Innovation: The Role of RTOs as Intermediaries in Knowledge Valorisation. (Official website visited the 3th of July, 2024 at 15.04 p.m www.earto.eu)
- Fagerberg, J. (2017). Innovation policy: rationales, lessons and challenges. *Journal of Economic Surveys*, 31(2), 497-512.
- Fagerberg, J., (1989). Innovation, Catching-Up and Growth. [Conference presentation]. International Seminar on Science, Technology and Economic Growth, June 5-8, 1989, OECD, Paris, France.
- Flanagan, K., & Uyarra, E. (2016). Four dangers in innovation policy studies – and how to avoid them. *Industry and Innovation*, 23(2), 177-188.

- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 5-24.
- Garud, R., Kumaraswamy, A., & Karnoe, P. (2010). Path Dependence or Path Creation? *Journal of Management Studies*, 47(4), 760-774.
- Holl, A., & Rama, R. (2016). Persistence of innovative activities in times of crisis: the case of the Basque Country. *European Planning Studies*, 24(10), 1863-1883.
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35(5), 715-728.
- Iturrioz-Landart, C., Alcalde-Heras, H., & Aragon-Amorrariz, C. (2021). Ambidexterity, a driver to enhance small and medium enterprises' innovation autonomy. *International Journal of Business Environment*, 12(2), 186-205.
- Jensen, M.B., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B.A. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36(5), 680-693.
- Kilpatrick, S., & Wilson, B. (2013). Boundary crossing organizations in regional innovation systems. *Regional Science Policy and Practice*, 5, 67-82.
- Landry, R., Amara, N., Cloutier, J.S., & Halilem, N. (2013). Technology transfer organizations: Services and business models. *Technovation*, 33(12), 431-449.
- Larrue, P., & Strauka, O. (2022). The contribution of RTOs to socio-economic recovery, resilience and transitions, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 129, OECD Publishing, Paris.
- Lundvall, B.-Å. (2010). National systems of innovation – towards a theory of innovation and interactive learning. Anthem Press.
- Lundvall, B.A. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers, London.
- Magro, E., & Wilson, J.R. (2013). Complex innovation policy systems: Towards an evaluation mix. *Research Policy*, 42(9), 1647-1656.
- Mas-Verdú, F. (2007). Services and innovation systems: European models of Technology Centres. *Service Business*, 1, 7-23.
- Morgan, K. (2016). Collective entrepreneurship: the Basque model of innovation. *European Planning Studies*, 24(8), 1544-1560.
- Moso, M., & Olazarán, M. (2002). Regional technology policy and the emergence of an R&D system in the Basque country. *The Journal of Technology Transfer* 27(1), 61-75.
- Navarro, M., Valdaliso, J. M., Aranguren, M. J., & Magro, E. (2014). A holistic approach to regional strategies: The case of the Basque Country. *Science and Public Policy*, 41(4), 532-547.
- Navarro, M. (2010). Reflexiones sobre el sistema y las políticas de innovación del País Vasco (No. 2010R04).
- Nelson, R., and Rosenberg, N. (1993). *Technical Innovation and National Systems*. In R. Nelson (ed.), *National Innovation Systems*, Oxford Academic Press, New York.
- OECD (2011), *OECD Reviews of Regional Innovation: Basque Country, Spain 2011*, OECD Reviews of Regional Innovation, OECD Publishing, Paris.
- Olazarán, M., Albizu, E., & Otero, B. (2009). Technology Transfer between Technology Centres and SMEs: Evidence from the Basque Country. *European Planning Studies*, 17(3), 345-363.
- Otero, B., Lavia, C., Albizu, E., & Olazarán, M. (2014). Innovation and Cooperation in the Basque Country's Regional Innovation System. *Revista Internacional de Organizaciones*, 13, 135-161.
- Parrilli, M.D., Aranguren, M.J., & Larrea, M. (2010). The Role of Interactive Learning to Close the "Innovation Gap" in SME-Based Local Economies: A Furniture Cluster in the Basque Country and its Key Policy Implications. *European Planning Studies*, 18(3), 351-370.
- Simon, A., Marquès, P. (2012). Public Policy Support to Triple Helix R&D Collaborations: A European Model for Fourth Pillar Organizations. In: S. MacGregor, & T. Carleton, (Eds) *Sustaining Innovation. Innovation, Technology, and Knowledge Management*. Springer, New York, NY.
- Steen, M., & Nauta, J. (2020). Advantages and disadvantages of societal engagement: a case study in a research and technology organization. *Journal of Responsible Innovation*, 7(3), 598-619.
- Stezano, F. (2018). The Role of Technology Centres as Intermediary Organizations Facilitating Links for Innovation: Four Cases of Federal Technology Centres in Mexico. *Review of Policy Research*, 35(4), 642-666.
- Taverdet-Popiolek, N. (2021). Economic Footprint of a Large French Research and Technology Organisation in Europe: Deciphering a Simplified Model and Appraising the Results. *Journal of the Knowledge Economy*, 13, 44-69.
- Tödtling, F., & Trippl, M. (2005). One size fits all? Towards a differentiated regional innovation policy approach. *Research Policy*, 34, 1203-1219.
- Valdaliso, J. M., Magro, E., Navarro, M., Aranguren, M. J., & Wilson, J. R. (2014). Path dependence in policies supporting smart specialisation strategies Insights from the Basque case. *European Journal of Innovation Management*, 17(4), 390-408.
- Yin, R. (2006). Case Study Methods. In J.L. Green, G. Camilli, & P. Elmore, (Eds), *Handbook of Complementary Methods in Education Research* pp. 111-122. Routledge.

ABOUT THE AUTHORS

Miriam Ruiz Yániz is Head of Cooperative R&I at the Euskampus Foundation, where she works to activate connections among actors in the research and innovation system. She previously worked in science and innovation policy consultancy (Technopolis, 2006–2010) and later at the General CSIC Foundation as programme officer (2010–2020). She is currently pursuing a PhD in innovation economics.

Juan Carlos Salazar Elena is a professor at the Autonomous University of Madrid and advisor to the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities. He has published extensively in the field of innovation studies, with some of his work receiving awards from leading academic publishers such as Emerald and Taylor & Francis.

NORMAS DE REDACCIÓN

Los trabajos han de mantener un irrenunciable compromiso entre el rigor en el fondo y la divulgación en la forma. Para ello, y en tanto sea posible, los autores utilizarán un lenguaje claro en el que, frente a los aspectos más metodológicos o formales, se priorice una comunicación directa e intuitiva que resulte asequible para el lector medio no especializado.

El texto de no más de 6.000 palabras de longitud se presentará en formato **Word** y se acompañará con las figuras (esquemas, imágenes, ...), gráficos (representaciones estadístico-matemáticas) y cuadros (tablas) en formato editable (**Excel**, **Powerpoint** ...) e imágenes en formato alta resolución, que habrán de numerarse por separado y correlativamente, titularse, y estar debidamente referenciadas en el cuerpo principal del artículo, explicitando en su pie si son de elaboración propia o si no, la fuente de las mismas.

El listado de referencias bibliográficas que se incluya se limitará a aquellas referencias preferentemente divulgativas que sean imprescindibles. Las citas bibliográficas seguirán el estándar de la literatura científico-académica según normas internacionales ampliamente aceptadas.

Se incluirá una carátula previa donde se indique claramente:

- Título del artículo
- Autor/autores, con breve descripción de su titulación académica y su adscripción y cargo profesional, y sus datos de contacto (email y teléfono), indicando en el caso de ser varios cual sería el principal a efectos de interlocución
- Resumen en español (máximo 100 palabras)
- **Abstract** en inglés (máximo 100 palabras)
- Palabras clave en español (máximo 5 descriptores)
- **Keywords** en inglés (máximo 5 descriptores)
- Clasificación **JEL** (máximo 3 categorías)
- Declaración formal de que el artículo es inédito y no está presentado o en fase de evaluación en otras publicaciones
- Declaración formal sobre originalidad de las imágenes, figuras, gráficos y cuadros/tablas incluidas o, en caso de proceder de terceras fuentes, de asunción de responsabilidad sobre reutilización conforme a los derechos de propiedad que sobre las mismas puedan recaer.

Los artículos deberán remitirse a la redacción de la revista por correo electrónico a la siguiente dirección: economiaindustrial@mintur.es

Los artículos recibidos serán sometidos a la opinión de evaluadores externos expertos en la materia correspondiente, manteniéndose el anonimato de los mismos (evaluación por pares "doble ciego"). Los trabajos que sean valorados favorablemente se publicarán de acuerdo con la programación prevista. Esta decisión será comunicada a los autores a la mayor brevedad posible

En el momento en que la obra es aceptada para su publicación, se entiende que el/los autor/es cede/en a ECONOMÍA INDUSTRIAL en exclusiva los derechos de reproducción, distribución y venta de su manuscrito para su explotación en todos los países del mundo en formato de revista de papel, así como en cualquier otro soporte magnético, óptico y digital.

El/los autor/es cede/en también los derechos de comunicación pública para su difusión a través de intranets, internet y cualesquiera portales y dispositivos inalámbricos que decida el editor, mediante la puesta a disposición de los usuarios para consulta online de su contenido y su extracto, para su impresión en papel y/o para su descarga y archivo, todo ello en los términos y condiciones que consten en la web donde se halle alojada la obra.

A su vez ECONOMÍA INDUSTRIAL autoriza al/a los autor/es de los trabajos publicados en la revista a que ofrezcan en sus webs personales o en cualquier repositorio de acceso abierto una copia de estos trabajos una vez publicados. Junto con esa copia ha de incluirse una mención específica a ECONOMÍA INDUSTRIAL, citando el año y el número de la revista en que fue publicado el artículo y añadiendo, además, en enlace a la web de la misma

ECONOMÍA INDUSTRIAL no se solidariza necesariamente con las opiniones expuestas en los artículos que publica, cuya responsabilidad corresponde exclusivamente a sus autores.

POLÍTICAS PÚBLICAS Y DIGITALIZACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL: ESTRATEGIAS, DESAFÍOS Y RECOMENDACIONES

JUAN CARLOS SOSA VARELA

Este artículo analiza cómo las políticas públicas pueden catalizar o inhibir la adopción de tecnologías digitales para la sostenibilidad empresarial. A través de un enfoque interdisciplinario, se estudian marcos regulatorios, casos sectoriales, desafíos y estrategias en la convergencia digital-verde. Se presentan recomendaciones para acelerar la transformación sostenible mediante políticas inclusivas, colaboración multiactor y fortalecimiento de capacidades. El trabajo busca contribuir al diseño de modelos productivos resilientes, competitivos y ambientalmente responsables.

La convergencia entre las transiciones verde y digital constituye actualmente una macro-tendencia crítica a nivel global, impulsada tanto por la necesidad urgente de mitigar los efectos del cambio climático como por la presión de innovar hacia modelos industriales más sostenibles (Deloitte, 2023; Naciones Unidas, 2015). Durante la última década, ambas transiciones han emergido como imperativos estratégicos esenciales para gobiernos y empresas, transformando

prácticas industriales tradicionales y promoviendo procesos de toma de decisiones más ágiles y basados en datos, en consonancia con los objetivos de una economía baja en carbono y de gestión circular de los recursos (Yang et al., 2023).

La firma del Acuerdo de París en 2015 marcó un hito en la política ambiental global, catalizando el compromiso de la comunidad internacional hacia la reducción significativa de emisiones de gases de efecto invernadero y el fortalecimiento de prácticas sostenibles. A partir de entonces, la adopción de tecnologías digitales, como el análisis de big data, el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial, ha reforzado estos esfuerzos al posibilitar la monitorización y la gestión eficiente de indicadores ambientales en sectores diversos. Evidencia reciente demuestra que la transformación digital desempeña un rol crucial en la promoción de la innovación verde, la reducción de emisiones industriales y el estímulo del crecimiento económico mediante mejoras en la productividad verde total (Yang et al., 2023).

POLÍTICAS PÚBLICAS Y DIGITALIZACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL

Estudios recientes subrayan que la integración de soluciones digitales en las estrategias ambientales no solo facilita intervenciones climáticas más efectivas, sino que también abre nuevas oportunidades socioeconómicas, como el desarrollo de mercados verdes financieros, avances tecnológicos en energías renovables y planificación urbana mediante iniciativas de ciudades inteligentes (Pei et al., 2023). Estos enfoques interdisciplinarios revelan que la sinergia entre lo digital y lo sostenible puede generar cambios transformadores en la industria, las políticas públicas y el comportamiento social, estableciendo así las bases para un futuro resiliente y bajo en carbono (Yang et al., 2023).

Desde una perspectiva prospectiva, se enfatiza la necesidad de que la investigación futura explore con mayor profundidad los mecanismos mediante los cuales la transformación digital refuerza los procesos verdes, evaluando su impacto en distintos sectores y regiones geográficas. También resulta prioritario investigar cómo desplegar óptimamente tecnologías emergentes para maximizar los beneficios ambientales, garantizando a su vez la inclusión y el acceso equitativo a estas innovaciones (Pei et al., 2023).

Paralelamente, la transformación digital, elemento clave de la denominada Cuarta Revolución Industrial, ha dejado de ser una opción estratégica para convertirse en un impulsor competitivo esencial en múltiples sectores económicos (World Economic Forum, 2021). Este proceso implica no solo la adopción de tecnologías avanzadas, sino también la reingeniería de procesos operativos y la redefinición de modelos de negocio y gobernanza. La literatura reciente subraya que la integración de las transiciones digital y verde puede catalizar el desarrollo sostenible, optimizando el uso de recursos y minimizando huellas ecológicas (Yilmaz, 2025).

La Unión Europea, entre otros actores internacionales, ha incorporado explícitamente

la doble transición como eje estratégico de su política industrial del siglo XXI, posicionándola como un elemento fundamental para incrementar la competitividad y la resiliencia económica. Esta fusión de agendas es percibida como complementaria y mutuamente fortalecedora, ofreciendo un marco de acción coherente frente a los desafíos globales (Yilmaz, 2025).

Importantes estudios empíricos han confirmado el papel transformador de las tecnologías digitales en la reducción significativa de emisiones de carbono. Se estima que la adopción de soluciones digitales en sectores como energía, transporte y manufactura podría reducir hasta un 20% de las emisiones globales para mediados del siglo XXI (World Economic Forum, 2021).

Tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, blockchain e IoT han sido identificadas como catalizadores críticos para enfrentar los desafíos ambientales. Investigaciones recientes destacan que la transformación digital empresarial fomenta procesos innovadores, optimiza flujos de trabajo y potencia la productividad de carbono, fortaleciendo así la consolidación de economías circulares robustas. A su vez, se ha evidenciado que la economía digital contribuye a reducir emisiones al optimizar la asignación de recursos y facilitar prácticas industriales más sostenibles (Wang et al., 2023).

En conjunto, la evidencia sugiere que la transformación digital no solo impulsa el crecimiento económico, sino que se constituye en un componente indispensable de las estrategias contemporáneas de sostenibilidad. Al permitir la monitorización en tiempo real, la optimización energética y la implementación de prácticas circulares, las tecnologías digitales allanan el camino hacia un modelo económico global de bajo carbono (Wang et al., 2023).

Finalmente, la importancia de abordar simultáneamente las agendas de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social empresarial se refuerza ante la creciente presión social y económica para que las organizaciones adopten prácticas éticas y responsables. Integrar criterios de sostenibilidad en la estrategia corporativa se tra-

duce en ventajas competitivas, mejora de imagen, acceso a nuevos mercados y aumento de la resiliencia frente a riesgos sistémicos (Benn, Edwards & Williams, 2020).

Diversos estudios también destacan que la implementación de principios ESG y la responsabilidad social corporativa potencian la innovación, la agilidad organizacional y la capacidad de adaptación frente a entornos dinámicos (Bari et al., 2022). Así, la sostenibilidad no solo redefine las reglas competitivas, sino que establece nuevos parámetros para evaluar el éxito empresarial, basados en la creación de valor económico, social y ambiental de manera simultánea y sostenida.

En este contexto de convergencia estratégica entre sostenibilidad y digitalización, el objetivo principal de este capítulo es analizar de manera crítica cómo las políticas públicas pueden actuar como catalizadoras o inhibidoras en la adopción efectiva de tecnologías digitales orientadas a la sostenibilidad empresarial. Se reconoce que las políticas bien diseñadas no solo pueden acelerar la transición verde-digital, sino también definir el grado de inclusividad, resiliencia y competitividad que caracterizará a los modelos productivos del futuro. Así, este análisis enfatiza la importancia de comprender en profundidad los factores regulatorios, tecnológicos y organizacionales que facilitan o dificultan este proceso transformador, aportando una visión integrada de los desafíos y oportunidades que enfrentan las organizaciones en su implementación.

El artículo adopta un enfoque académico riguroso, pero al mismo tiempo orientado a la práctica, buscando ser útil tanto para investigadores como para ejecutivos y responsables de políticas públicas. Se combina un análisis conceptual robusto con ejemplos empíricos que ilustran los mecanismos a través de los cuales la digitalización puede potenciar los objetivos de sostenibilidad. Para ello, el estudio se estructura en secciones que abordan, de manera sistemática, el marco conceptual que vincula transformación digital y sostenibilidad; un análisis comparativo de políticas públicas internacionales relevantes; la identificación de principales barreras y desafíos en

la implementación; la exposición de casos sectoriales exitosos; y, finalmente, la formulación de recomendaciones estratégicas orientadas a maximizar el impacto positivo de las políticas públicas en este proceso de transición.

MARCO CONCEPTUAL: SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Sostenibilidad empresarial integral

La sostenibilidad empresarial ha evolucionado desde un enfoque centrado exclusivamente en la protección del medio ambiente hacia una visión holística que integra simultáneamente las dimensiones económica, social y ambiental dentro de la estrategia corporativa (Alsayegh et al., 2020). Esta perspectiva integral, comúnmente denominada *triple bottom line* – *Profit, People y Planet*–, reconoce que el desempeño de una organización no puede evaluarse únicamente a partir de indicadores financieros, sino que debe también medirse en función de su contribución al bienestar social y a la preservación de los ecosistemas.

En la práctica, las empresas sostenibles buscan lograr rentabilidad al tiempo que minimizan su huella ecológica mediante la reducción de emisiones, residuos y consumo de recursos, y maximizan su impacto social promoviendo el empleo digno, la equidad y el desarrollo comunitario (Pérez, 2023). La interconexión entre los ámbitos económico, social y ambiental implica que mejoras en uno de estos frentes pueden reforzar positivamente los otros; por ejemplo, una gestión ambiental eficiente puede traducirse en menores costos operativos, mientras que iniciativas de bienestar laboral pueden fortalecer la innovación y la productividad organizacional (Pérez, 2023).

Diversos estudios empíricos han evidenciado una correlación positiva entre la incorporación de criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) en la estrategia empresarial y el rendimiento financiero a mediano y largo plazo. La adopción de

prácticas ASG no solo contribuye a mitigar riesgos reputacionales, regulatorios y operativos, sino que también facilita la generación de nuevas oportunidades de negocio, fortaleciendo la resiliencia organizacional frente a entornos dinámicos y complejos (Bari et al., 2022).

Asimismo, la emergencia de enfoques como la economía circular complementa esta evolución conceptual. Este modelo propone la transición del esquema lineal tradicional –producir, usar, desechar– hacia un sistema circular basado en la reducción, reutilización, reciclaje y regeneración de recursos (Pajares & Nishii, 2021). No se trata solo de innovaciones tecnológicas, sino también de rediseñar productos, adoptar modelos de negocio orientados a servicios y construir ecosistemas colaborativos entre múltiples actores industriales, promoviendo así prácticas de producción y consumo sostenibles.

Transformación digital como facilitador del desarrollo sostenible

La transformación digital constituye un proceso estratégico mediante el cual las organizaciones integran tecnologías emergentes –como la inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IoT), el big data, la computación en la nube y la cadena de bloques (blockchain)– en todas sus áreas, alterando fundamentalmente sus modelos de operación y generación de valor (Rosário & Dias, 2022; Ahmed et al., 2022). Esta profunda reconfiguración no solo impulsa la modernización industrial y la eficiencia operativa, sino que también actúa como un habilitador clave para alcanzar objetivos de sostenibilidad, permitiendo optimizar el uso de recursos, reducir impactos ambientales y promover modelos de negocio más responsables (Rosário & Dias, 2022; Ahmed et al., 2022).

Las tecnologías digitales actúan a través de varios mecanismos críticos para facilitar la sostenibilidad. En primer lugar, destacan los avances en eficiencia y optimización de recursos. Soluciones basadas en IoT, como sensores inteligentes instalados en plantas industriales o edificios, permiten recopilar

datos en tiempo real sobre variables como temperatura, iluminación y ocupación, posibilitando ajustes automáticos que reducen significativamente el consumo energético y las emisiones contaminantes (Rosário & Dias, 2022). Estudios recientes estiman que una adopción masiva de soluciones digitales podría contribuir a la reducción de hasta un 20% de las emisiones globales para 2050 (World Economic Forum, 2021).

Un segundo mecanismo fundamental es la mejora de la transparencia y trazabilidad en las cadenas de suministro mediante tecnologías como blockchain y plataformas de big data. Estas herramientas permiten rastrear de forma precisa el origen de materias primas y el recorrido de los productos a lo largo de toda la cadena productiva, asegurando el cumplimiento de estándares de sostenibilidad como certificaciones de comercio justo o prácticas de deforestación cero. La integración de blockchain e IoT proporciona registros inmutables que fortalecen la confianza de los consumidores y promueven la competencia basada en prácticas responsables.

Asimismo, la capacidad de generar conocimiento avanzado, monitorear fenómenos ambientales y tomar decisiones basadas en datos constituye un tercer eje clave. El uso de algoritmos de inteligencia artificial aplicados a imágenes satelitales permite, por ejemplo, monitorear deforestación y calidad del aire a escala global en tiempo casi real. En la agricultura, la combinación de sensores IoT y modelos predictivos habilita prácticas de agricultura de precisión que optimizan el uso de recursos hídricos, fertilizantes y pesticidas, contribuyendo a la sostenibilidad del sector (Arya, 2021).

La digitalización también impulsa la innovación en modelos de negocio sostenibles, facilitando el surgimiento de plataformas de economía colaborativa y esquemas como el “producto como servicio” (Li, 2020). Estos modelos desacoplan el crecimiento económico del consumo intensivo de recursos, fomentando la adopción de prácticas de economía circular, el rediseño de productos orientados a la durabilidad y la reducción de la dependencia de materiales no renovables.

No obstante, el despliegue de la transformación digital también plantea desafíos importantes. El incremento del consumo energético derivado del funcionamiento de infraestructuras digitales, el aumento en la generación de residuos electrónicos y fenómenos como la obsolescencia programada representan riesgos que, si no se gestionan de manera proactiva, pueden contrarrestar los beneficios ambientales logrados. En consecuencia, se requiere el diseño de estrategias integrales que contemplen el ciclo de vida completo de las tecnologías, fomenten su eficiencia energética y promuevan su reciclabilidad.

El rol estratégico de las políticas públicas

El potencial de la transformación digital para acelerar la sostenibilidad empresarial depende en gran medida del entorno político y regulatorio en el que se desarrolla. Las políticas públicas actúan como habilitadores estratégicos o, en su ausencia, como limitadores de esta transición, configurando las condiciones necesarias para que la digitalización contribuya efectivamente a los objetivos de sostenibilidad (Guandalini, 2022). Entendidas como el conjunto de decisiones, acciones e instrumentos normativos orientados a resolver problemas públicos, las políticas públicas desempeñan un rol crucial al orientar prioridades nacionales, moldear comportamientos empresariales mediante incentivos y normas, y dotar de infraestructura donde el mercado no actúa de manera eficiente (Profiroiu et al., 2023).

Un primer mecanismo estratégico de las políticas públicas es la “señalización” de prioridades mediante planes nacionales y estrategias sectoriales. Este enfoque ofrece claridad sobre la dirección de transformación deseada, alineando a actores públicos y privados hacia objetivos comunes, como la neutralidad climática. Ejemplos paradigmáticos incluyen el impulso de la “*twin transition*” en Europa, donde digitalización y sostenibilidad se integran en los marcos regulatorios, generando expectativas que condicionan decisiones de inversión e in-

novación (Filgueiras et al., 2019). La articulación de estas visiones estratégicas no solo guía las conductas de mercado, sino que también refuerza la cohesión social en torno a metas compartidas (Xu et al., 2023).

Un segundo mecanismo relevante es la creación de marcos normativos y esquemas de incentivos que moldean el comportamiento organizacional. La combinación de instrumentos de mandato y control (leyes, estándares técnicos obligatorios, regulaciones de eficiencia energética) con mecanismos económicos (subsidios, impuestos, esquemas de precios) y estrategias persuasivas (certificaciones voluntarias, campañas de concienciación) estimula la adopción de tecnologías digitales sostenibles (Rupeika-Apoga & Petrovska, 2022). La implementación de estándares de interoperabilidad para IoT o normas de contenido reciclado en manufactura refuerza la economía circular y promueve sinergias entre sostenibilidad y competitividad digital.

Asimismo, las políticas públicas movilizan recursos críticos hacia el desarrollo de infraestructuras habilitadoras. Inversiones en redes avanzadas de telecomunicaciones (como 5G y fibra óptica), sistemas de energía renovable y redes eléctricas digitales inteligentes constituyen ejemplos de cómo la acción estatal cataliza ecosistemas de transformación digital sostenible. Iniciativas como NextGenerationEU ilustran cómo la intervención pública puede modernizar las bases infraestructurales necesarias para integrar digitalización y sostenibilidad.

El fortalecimiento de capacidades humanas es otro eje central en la estrategia pública. La inversión en educación STEM, programas de formación en competencias digitales “verdes” y apoyo a incubadoras de innovación son fundamentales para garantizar una fuerza laboral capaz de diseñar, implementar y gestionar soluciones tecnológicas sostenibles (CEPAL, 2022; Castro & Lopes, 2021). Sin este capital humano, las brechas de capacidad técnica podrían convertirse en cuellos de botella críticos durante la transición.

Por otra parte, las políticas públicas desempeñan un papel decisivo como articuladoras de actores en el ecosistema de transfor-

mación. La colaboración entre gobiernos, empresas, universidades y sociedad civil, a través de clústeres de innovación, mesas sectoriales y consorcios público-privados, es esencial para la cocreación de soluciones integrales y para evitar la fragmentación de esfuerzos. En este sentido, la función mediadora del Estado resulta indispensable para transformar iniciativas dispersas en estrategias colectivas efectivas.

Sin embargo, confiar únicamente en las dinámicas de mercado o en la evolución espontánea de las tecnologías resulta insuficiente. La falta de políticas públicas robustas puede conducir a trayectorias de digitalización fragmentadas o excluyentes, que no satisfacen necesidades colectivas ni garantizan inclusión social (Burlacu et al., 2021; Castro & Lopes, 2021). Por tanto, se requiere una acción pública deliberada que diseñe marcos regulatorios adecuados, promueva competencias digitales en el sector público y maximice el potencial innovador en beneficio del desarrollo sostenible (Yin, 2024).

Finalmente, la formulación de estrategias públicas que integren digitalización y sostenibilidad permite la creación de plataformas de gobernanza innovadoras que conectan el desarrollo económico con la protección ambiental y la cohesión social (Xu et al., 2023). La acción estatal, al dirigir intencionadamente la digitalización hacia metas de equidad, resiliencia y sostenibilidad, se convierte en un motor indispensable para alcanzar un desarrollo inclusivo y sustentable.

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL SOSTENIBLE

La convergencia entre las agendas de digitalización y sostenibilidad se ha consolidado como un pilar estratégico en las políticas públicas contemporáneas, reconociéndose como un requisito indispensable para alcanzar un crecimiento inclusivo, resiliente y competitivo. Esta “transición doble” o *twin transition* refleja la comprensión de que los objetivos de neutralidad climática, resiliencia económica y justicia social solo podrán lograrse mediante el apoyo activo de las

tecnologías digitales, cuyo despliegue, a su vez, debe ser ambientalmente responsable y socialmente inclusivo (CEPAL, 2022; Dávila et al., 2023).

La Unión Europea constituye uno de los ejemplos más avanzados de integración estratégica de ambas dimensiones. Iniciativas como el European Green Deal, el Digital Compass 2030 y el programa NextGenerationEU articulan inversiones masivas y reformas regulatorias orientadas a estimular simultáneamente la digitalización industrial y la descarbonización de la economía. Esta estrategia reconoce explícitamente las sinergias entre ambas transiciones, tales como el uso de inteligencia artificial para optimizar la eficiencia energética y la digitalización de redes eléctricas para facilitar la integración de energías renovables (DeLoitte, 2023; Dávila et al., 2023).

En América Latina, aunque la institucionalización de la doble transición es más reciente y fragmentada, emergen señales claras de avance. La Agenda Digital eLAC2024 y políticas específicas de países como Chile, Colombia y Uruguay promueven la adopción de tecnologías digitales para impulsar la eficiencia energética, la economía circular y la agricultura sostenible (CEPAL, 2022). A pesar de estos avances, la región enfrenta retos estructurales como brechas de infraestructura, limitaciones en capacidades técnicas y marcos regulatorios en evolución.

Estados Unidos, por su parte, ha adoptado un enfoque pragmático basado en incentivos económicos a gran escala, destacándose la aprobación del Inflation Reduction Act (IRA) en 2022. Esta legislación histórica fomenta la innovación tecnológica sostenible mediante subsidios e inversiones en manufactura avanzada, redes inteligentes, vehículos eléctricos y tecnologías de captura de carbono (Ramírez et al., 2023). Además, políticas orientadas al fortalecimiento de estándares de eficiencia energética y transparencia en cadenas de suministro consolidan una agenda integrada de sostenibilidad y digitalización (Rao, 2023).

El análisis comparado de estas experiencias revela características comunes en las políticas públicas efectivas para impulsar

la transformación digital sostenible. En primer lugar, todas combinan instrumentos económicos –subsidios, créditos fiscales, inversiones públicas– con marcos regulatorios rigurosos que establecen estándares mínimos de desempeño ambiental y digital (Guandalini, 2022). En segundo lugar, promueven mecanismos de gobernanza colaborativa que involucran al sector privado, la academia y la sociedad civil en el diseño y ejecución de estrategias transformadoras. En tercer lugar, priorizan el fortalecimiento de capacidades humanas a través de programas de formación en habilidades digitales verdes y el apoyo a la investigación y la innovación sostenible (Deloitte, 2023).

No obstante, existen variaciones regionales relevantes. Europa tiende a enfatizar enfoques normativos detallados y planes sectoriales específicos que permiten una transición estructurada, mientras que América Latina adopta marcos estratégicos más generales y proyectos piloto, reflejando limitaciones en capacidad estatal y una orientación experimental (Hurtado et al., 2022). En contraste, Estados Unidos apuesta por estímulos económicos de gran escala, confiando en la innovación del sector privado sin una intervención estatal directa tan pronunciada.

Asimismo, la literatura reciente destaca que la transformación digital sostenible también exige repensar los modelos de gobernanza pública. La incorporación de tecnologías digitales en la administración pública puede mejorar la transparencia, la eficiencia en la gestión de recursos y fortalecer la participación ciudadana, factores clave para asegurar que la digitalización beneficie a todos los sectores de la sociedad (Dávila et al., 2023).

BARRERAS Y DESAFÍOS EN LA IMPLEMENTACIÓN

A pesar del creciente impulso hacia una transformación digital sostenible, diversas barreras y desafíos amenazan con ralentizar, desviar o incluso frustrar los avances previstos. Identificar y comprender estos obstáculos es fundamental para diseñar políticas públicas y estrategias corporati-

vas más efectivas que faciliten una transición justa, inclusiva y resiliente (Guandalini, 2022).

Uno de los principales desafíos reside en el ámbito regulatorio y normativo. Las legislaciones tradicionales, concebidas para escenarios industriales convencionales, resultan inadecuadas para abordar las particularidades de tecnologías emergentes y modelos de negocio disruptivos (Kirillova et al., 2021). Muchas plataformas digitales operan actualmente en vacíos legales, enfrentando una fragmentación normativa que incrementa los costos de cumplimiento y dificulta la expansión de soluciones digitales sostenibles (CEPAL, 2022). Además, existe un dilema crítico entre la necesidad de regulaciones que aseguren la protección de datos, la equidad y la sostenibilidad ambiental, y el riesgo de que regulaciones demasiado rígidas inhiban el desarrollo tecnológico (Yin et al., 2024). Esta paradoja subraya la urgencia de diseñar marcos regulatorios adaptativos que equilibren innovación y responsabilidad ambiental.

Desde la perspectiva tecnológica y económica, la insuficiencia de infraestructura constituye un cuello de botella crítico. La falta de conectividad de alta velocidad y de redes eléctricas robustas, especialmente en zonas rurales y periféricas, limita el despliegue de soluciones como la agricultura inteligente y la movilidad sostenible (Kowalski et al., 2024). A esto se suma el alto costo inicial de adopción de tecnologías emergentes como IoT, blockchain e inteligencia artificial, barrera particularmente severa para pequeñas y medianas empresas. Contextos macroeconómicos adversos –caracterizados por alta inflación, tasas de interés elevadas y volatilidad cambiaria– agravan la reticencia a inversiones de largo plazo en innovación tecnológica.

Otro obstáculo relevante es la falta de estandarización internacional y la incertidumbre sobre estándares futuros. Sectores estratégicos como los vehículos eléctricos inteligentes o la trazabilidad digital de productos enfrentan retrasos debido a la “espera estratégica” de las empresas, que temen invertir en tecnologías que podrían quedar obsoletas ante la falta de acuerdos globales claros. Desarrollar marcos de

estandarización sólidos resulta clave para acelerar la adopción de soluciones sostenibles y reducir los riesgos asociados.

Desde una perspectiva organizacional, la cultura empresarial representa una barrera crítica. La resistencia al cambio, la aversión al riesgo y la persistencia de estructuras verticales dificultan la adopción de innovaciones digitales sostenibles (Wang, 2022). Sin liderazgo transformador, comunicación efectiva y colaboración interdisciplinaria, los proyectos de innovación suelen quedar confinados a pilotos aislados sin escalabilidad. Además, la falta de una visión integrada entre digitalización y sostenibilidad perpetúa la fragmentación organizacional, limitando la capacidad de las empresas para implementar modelos de negocio circulares y resilientes.

La escasez de talento especializado añade otra dimensión crítica al problema. La implementación de soluciones digitales sostenibles requiere profesionales capaces de integrar conocimientos de analítica de datos, gestión ambiental y transformación organizacional, perfiles que actualmente son escasos en el mercado laboral. La brecha digital interna, particularmente entre trabajadores de mayor edad o menor formación, también limita la adopción efectiva de nuevas tecnologías, afectando la competitividad y la innovación organizacional.

Finalmente, la falta de incentivos económicos adecuados representa una limitante estructural para la adopción de tecnologías digitales sostenibles. Cuando los costos de externalidades ambientales no se internalizan en los precios de mercado –por ejemplo, en ausencia de impuestos al carbono o de esquemas tarifarios basados en señales ambientales–, las empresas carecen de motivaciones financieras suficientes para invertir en innovación sostenible (Chen et al., 2022; Li et al., 2024). Mecanismos como el comercio de emisiones o instrumentos regulatorios innovadores podrían corregir esta desalineación, fomentando inversiones que vinculen rentabilidad empresarial y responsabilidad ambiental.

ESTUDIOS DE CASO SECTORIALES: EVIDENCIAS PRÁCTICAS

La concreción de estrategias de transformación digital sostenible en sectores productivos ha cobrado creciente importancia como vía para operacionalizar los principios de sostenibilidad discutidos en la teoría (Naidu, 2024). La incorporación de tecnologías disruptivas como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y los sistemas de gestión digital de recursos ha permitido no solo optimizar procesos, sino también reducir la huella ambiental y generar sinergias entre actores públicos, privados y académicos. A continuación, se analizan casos sectoriales en turismo, manufactura e iniciativas regulatorias de América Latina y Europa que ilustran la materialización de estos principios en la práctica.

En el sector turístico y hotelero, tradicionalmente caracterizado por elevados consumos de energía, agua y generación de residuos, la aplicación de tecnologías digitales ha demostrado un impacto significativo. La cadena EcoHotel International, desde 2018, implementó un programa integral de hotelería inteligente sostenible, integrando sistemas de gestión de edificios (BMS) con sensores IoT, algoritmos predictivos y datos meteorológicos para optimizar iluminación, climatización y otros consumos (Rosário & Dias, 2022; Naidu, 2024; Umoh et al., 2024). Como resultado, algunos hoteles lograron reducciones del consumo eléctrico de entre el 15 % y 20 % anual, disminuyendo su huella de carbono y generando importantes ahorros económicos (Rosário & Dias, 2022). Además, EcoHotel fortaleció su estrategia combinando digitalización tecnológica con programas de sensibilización dirigidos a empleados y huéspedes, demostrando que la sostenibilidad digital efectiva requiere tanto infraestructura avanzada como cambios culturales internos (Umoh et al., 2024).

En el sector manufacturero, la digitalización ha sido un catalizador clave para impulsar la transición hacia la economía circular. La empresa ElectroCircula S.A., multinacional de electrodomésticos, implementó redes IoT industriales para el monitoreo en tiempo real de sus procesos productivos, utilizando

análisis predictivo para optimizar mantenimiento y extender la vida útil de la maquinaria (Rosário & Dias, 2022). Complementariamente, el uso de gemelos digitales permitió diseñar productos más fáciles de reparar, desmontar y reciclar, logrando reducir en un 30 % los residuos por unidad producida y aumentando el contenido de materiales reciclados en nuevos productos del 10 % al 40 % (Alobuela & Morocho, 2022; Gavilanez et al., 2024). La adopción de modelos de “producto como servicio” y el fortalecimiento de la logística inversa completaron la estrategia de circularidad de ElectroCircula, posicionándola como líder en sostenibilidad industrial y atrayendo inversiones orientadas a criterios ESG (Gavilanez et al., 2024).

En cuanto a las iniciativas regulatorias, América Latina ha mostrado avances significativos, aunque desiguales. En Chile, el Ministerio de Energía implementó la plataforma Energía Abierta, consolidando datos abiertos sobre generación, consumo y emisiones eléctricas en tiempo real (CEPAL, 2022). Esta iniciativa, combinada con la Ley de Generación Distribuida de 2018, impulsó la adopción de techos solares y facilitó la innovación ciudadana en microgeneración y eficiencia energética. Estas experiencias demuestran que las plataformas de datos abiertos, cuando se combinan con incentivos regulatorios claros, potencian la innovación y la sostenibilidad en el sector privado y la sociedad civil.

En Europa, el caso de Noruega destaca como referente en electromovilidad sostenible. Desde 2019, el país ha promovido el uso de entornos regulatorios experimentales o “regulatory sandboxes” que permiten probar soluciones de carga inteligente y tecnologías Vehicle-to-Grid (V2G) en condiciones controladas (Rosário & Dias, 2022; Bednarčíková & Repiská, 2021). Estas experiencias de aprendizaje iterativo han sido fundamentales para ajustar el marco regulatorio y facilitar la adopción masiva de vehículos eléctricos, situando a Noruega como líder mundial en movilidad sostenible.

Estos casos evidencian que la transformación digital orientada a la sostenibilidad es factible y genera beneficios tangibles tanto ambientales como económicos. No obstante, también subrayan que para maximizar el impacto positivo es necesario adoptar un

enfoque holístico que combine infraestructura tecnológica avanzada, cambios culturales organizacionales, marcos regulatorios adaptativos y colaboración multiactor (Feng et al., 2022). Como destacan Rupeika-Apoga y Petrovska (2022), la sinergia entre innovación tecnológica, regulación flexible y transformación organizativa es crucial para construir ecosistemas resilientes, sostenibles y competitivos.

RECOMENDACIONES Y ESTRATEGIAS FUTURAS

A partir del análisis realizado, resulta evidente que acelerar la transformación digital sostenible requiere una combinación articulada de políticas públicas efectivas, una colaboración multiactor sólida y un impulso decidido hacia la innovación tecnológica (Stefanis et al., 2024). Este enfoque integral, ampliamente respaldado en la literatura reciente, subraya que la integración estratégica entre digitalización y sostenibilidad es esencial para abordar los desafíos climáticos, sociales y económicos contemporáneos (Stefanis et al., 2024).

En primer lugar, es crucial que los gobiernos diseñen políticas públicas que integren de manera explícita los objetivos de sostenibilidad y digitalización. La formulación de estrategias de “twin transition” –donde la transformación digital contribuya directamente a metas como la neutralidad climática y la economía circular– debe sustentarse en planes de acción claros, metas medibles y mecanismos de evaluación periódica (CEPAL, 2022). Estos marcos deben ser flexibles para adaptarse a la evolución tecnológica y permitir la incorporación de innovaciones emergentes, como lo han destacado Xu et al. (2023). Asimismo, se recomienda la adopción de estándares abiertos y protocolos comunes que faciliten la medición, el reporte de impactos ambientales y la interoperabilidad de sistemas, impulsando de este modo la innovación empresarial sostenible (Arroyabe et al., 2024).

En segundo lugar, fomentar la colaboración público-privada constituye un pilar estratégico fundamental. La creación de plataformas permanentes de cooperación

multiactor –que incluyan representantes gubernamentales, empresas tecnológicas, industrias tradicionales, instituciones académicas y sociedad civil– puede facilitar la co-creación de soluciones innovadoras, el diálogo estratégico y el alineamiento de objetivos comunes (Guandalini, 2022; Arroyabe et al., 2024). Experiencias como los sandboxes regulatorios implementados en Noruega y las plataformas de datos abiertos en Chile evidencian la eficacia de estos enfoques para promover experimentación controlada y acelerar innovaciones sostenibles (Butor-Keler & Polasik, 2020).

Otro componente esencial es el fortalecimiento de las capacidades humanas y organizacionales. La resistencia cultural y las brechas de habilidades técnicas representan barreras críticas para la adopción de soluciones digitales sostenibles (Deloitte, 2023). Se recomienda, por tanto, implementar programas de capacitación cruzada que promuevan el intercambio de conocimientos entre funcionarios públicos y profesionales del sector privado, además de diseñar incentivos para integrar startups y PYMES innovadoras al ecosistema de transformación digital sostenible (Landers et al., 2024).

Respecto al impulso de la innovación tecnológica, las políticas públicas deben priorizar la inversión en investigación y desarrollo (I+D) en áreas clave como inteligencia artificial aplicada a la eficiencia energética, blockchain para la trazabilidad de procesos sostenibles, biotecnología para producción limpia y computación avanzada para modelado climático (Astobiza, 2021). La creación de hubs regionales de innovación verde-digital, que integren empresas, universidades y centros de investigación, emerge como una estrategia eficaz para incubar soluciones disruptivas y acelerar su escalamiento (Astobiza, 2021).

Adicionalmente, es indispensable garantizar que la revolución digital sostenible se configure como un motor de inclusión social. La democratización del acceso a la conectividad, la capacitación de trabajadores desplazados y la atención prioritaria a comunidades vulnerables deben ser ejes centrales en cualquier estrategia de transformación tecnológica (Lopera, 2022). Solo mediante la implementación de medidas explícitas

para reducir las brechas digitales se logrará que la digitalización contribuya a una mayor equidad social y a un desarrollo más justo.

En conjunto, las recomendaciones propuestas trazan un camino estratégico para construir un ecosistema dinámico donde la digitalización se alinee con los objetivos de sostenibilidad y equidad (Astobiza, 2021). Este enfoque no solo promueve una transición industrial más resiliente e inclusiva, sino que también redefine los paradigmas tradicionales, posicionando la innovación tecnológica como una herramienta esencial para el desarrollo socioeconómico y ambiental en la era contemporánea.

CONCLUSIONES

La convergencia entre transformación digital y sostenibilidad empresarial ha dejado de ser una aspiración teórica para convertirse en un impulsor estratégico fundamental que redefine la competitividad, resiliencia y legitimidad de las organizaciones contemporáneas (Yang & Jin, 2024; Yang et al., 2023). Diversos estudios recientes demuestran que la incorporación de tecnologías como el Internet de las Cosas, la inteligencia artificial y el blockchain no solo optimiza procesos internos y cadenas de suministro, sino que también permite medir, mejorar y reportar de manera más efectiva los indicadores ambientales y sociales, integrando la creación de valor económico con la responsabilidad corporativa (Kim et al., 2024; Sun et al., 2023).

La transformación digital actúa como un catalizador clave para la implementación de estrategias ESG (Environmental, Social and Governance), facilitando la transparencia, la eficiencia y la innovación en prácticas sostenibles (Kim et al., 2024; Sun et al., 2023; Ding et al., 2024). Esta convergencia permite a las empresas adaptarse de manera proactiva a los cambios regulatorios, sociales y ambientales, creando un círculo virtuoso donde la innovación tecnológica impulsa simultáneamente la sostenibilidad y la ventaja competitiva de largo plazo (Yang & Jin, 2024; Sun et al., 2023).

Sin embargo, la articulación efectiva entre digitalización y sostenibilidad no ocurre de manera automática ni lineal. Se requiere un andamiaje institucional, normativo y cultural que alinee incentivos, corrija brechas estructurales y promueva dinámicas de colaboración entre múltiples actores (Burinskienė & Medineckienė, 2022; Basheer et al., 2022). Experiencias como la estrategia de “twin transition” de la Unión Europea demuestran que integrar de manera coherente los procesos de digitalización y sostenibilidad acelera la competitividad verde y la resiliencia ante crisis (Burinskienė & Medineckienė, 2022).

Desde una perspectiva crítica, persisten barreras regulatorias, tecnológicas, organizacionales y culturales que dificultan la transición (Shulla et al., 2019). La fragmentación normativa y la falta de coordinación interinstitucional continúan siendo obstáculos relevantes, lo que refuerza la necesidad de diseñar políticas públicas adaptativas que combinen instrumentos regulatorios, incentivos económicos y mecanismos para fortalecer capacidades en todos los niveles sociales (Shulla et al., 2019).

La investigación académica futura debe profundizar en estudios longitudinales que evalúen el impacto de políticas específicas en esta doble transición, así como explorar aspectos como la huella de carbono de las infraestructuras digitales, el acceso equitativo a tecnologías verdes y la ética en el uso de datos ambientales. Temas emergentes como la sostenibilidad de los centros de datos o el diseño ético de algoritmos se perfilan como líneas de investigación cruciales para garantizar un desarrollo equilibrado.

En el ámbito empresarial, las organizaciones deberán evolucionar hacia modelos de “empresas tecnológicas sostenibles”, integrando la innovación digital con un compromiso robusto hacia el medio ambiente y la sociedad. Esto implica no solo la adopción de estándares de trazabilidad sostenible en toda la cadena de valor, sino también la participación activa en plataformas de datos colaborativas y la creación de nuevos perfiles profesionales híbridos.

El principal aporte de este estudio para los tomadores de decisiones políticos y empre-

sariales es claro: la transformación digital debe ser un motor para la sostenibilidad (Fan et al., 2022). La evidencia demuestra que, al integrar soluciones digitales avanzadas con estrategias de responsabilidad ambiental y social, las organizaciones no solo mejoran su desempeño operativo, sino que también refuerzan su resiliencia y capacidad de innovación a largo plazo (Vărzaru et al., 2024).

Asimismo, esta intersección representa un imperativo ético y estratégico: integrar digitalización y sostenibilidad no es solo una opción inteligente desde la perspectiva económica, sino una responsabilidad ineludible ante los límites planetarios y las demandas sociales de equidad (Yin, 2024; Feng et al., 2022; Camodeca & Almici, 2021). Las decisiones tomadas hoy en torno a esta convergencia configuran el legado para las futuras generaciones.

En consecuencia, la ventana de oportunidad para actuar es limitada. Resulta imperativo que las políticas públicas y las estrategias empresariales impulsen una digitalización inclusiva, sostenible y equitativa, garantizando así un futuro justo, resiliente y en armonía con los límites ecológicos del planeta (Yin, 2024; Vărzaru et al., 2024).

REFERENCIAS

- Ahmed, I., Zhang, Y., Jeon, G., Lin, W., Khosravi, M., & Qi, L. (2022). A blockchain- and artificial intelligence-enabled smart IoT framework for sustainable city. *International Journal of Intelligent Systems*, 37(9), 6493–6507. <https://doi.org/10.1002/int.22852>
- Alobuela, M., & Morocho, F. (2022). Industria 4.0 y economía circular: revisión de la literatura y recomendaciones para una industria sustentable en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 14623–14638. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1422
- Alsayegh, M., Rahman, R., & Homayoun, S. (2020). Corporate economic, environmental, and social sustainability performance transformation through ESG disclosure. *Sustainability*, 12(9), 3910. <https://doi.org/10.3390/su12093910>
- Arya, C. (2021). IoT based precision farming and agriculture – aspects and technologies. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 70(2), 1426–1433. <https://doi.org/10.17762/msea.v70i2.2335>
- Astobiza, A. (2021). Inteligencia artificial para el bien común (AI4SG): IA y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Arbor*, 197(802), a629. <https://doi.org/10.3989/arbor.2021.802007>

- Bari, N., Chimhundu, R., & Chan, K. (2022). Dynamic capabilities to achieve corporate sustainability: a roadmap to sustained competitive advantage. *Sustainability*, 14(3), 1531. <https://doi.org/10.3390/su14031531>
- Basheer, M., Nechifor, V., Calzadilla, A., Ringler, C., Hulme, D., & Harou, J. (2022). Balancing national economic policy outcomes for sustainable development. *Nature Communications*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32415-9>
- Benn, S., Edwards, M., & Williams, T. (2020). *Institutionalising Triple Bottom Line: Transforming Business and Society* (2nd ed.). Routledge.
- Bednarčíková, D., & Repiská, R. (2021). Digital transformation in the context of the European Union and the use of digital technologies as a tool for business sustainability. *SHS Web of Conferences*, 115, 01001. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202111501001>
- Burinskienė, A., & Medineckienė, M. (2022). Digitalisation as the indicator of the evidence of sustainability in the European Union. *Sustainability*, 14(14), 8371. <https://doi.org/10.3390/su14148371>
- Burlacu, S., Popescu, M., Diaconu, A., & Sârbu, A. (2021). Digital public administration for sustainable development. *European Journal of Sustainable Development*, 10(4), 33. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n4p33>
- Butor-Keler, A., & Polasik, M. (2020). The role of regulatory sandboxes in the development of innovations on the financial services market: The case of the United Kingdom. *Ekonomia I Prawo*, 19(4), 621. <https://doi.org/10.12775/eip.2020.041>
- Camodeca, R., & Almici, A. (2021). Digital transformation and convergence toward the 2030 agenda's sustainability development goals: Evidence from Italian listed firms. *Sustainability*, 13(21), 11831. <https://doi.org/10.3390/su132111831>
- Castro, C., & Lopes, C. (2021). Digital government and sustainable development. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(2), 880–903. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00749-2>
- CEPAL. (2022). *Transformación digital y sostenibilidad en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/>
- Chen, J., Yuan, G., & Liu, R. (2022). Carbon emissions trading and corporate green investment: The perspective of external pressure and internal incentive. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 3014–3026. <https://doi.org/10.1002/bse.3284>
- Dávila, W., Muñoz, J., & Delgado, R. (2023). Transformación digital en entidades gubernamentales: Retos y oportunidades. *Revista de Climatología*, 23, 3902–3913. <https://doi.org/10.59427/rcli/2023/v23cs.3902-3913>
- Deloitte. (2023). *Twin Transformation: Capturing the Benefits of Combining Digital and Sustainability Strategies*. Deloitte Insights. <https://www2.deloitte.com/>
- Ding, X., Sheng, Z., Appolloni, A., Shahzad, M., & Han, S. (2024). Digital transformation, ESG practice, and total factor productivity. *Business Strategy and the Environment*, 33(5), 4547–4561. <https://doi.org/10.1002/bse.3718>
- Fan, X., Wang, Y., & Lu, X. (2022). Digital transformation drives sustainable innovation capability improvement in manufacturing enterprises: Based on fsQCA and NCA approaches. *Sustainability*, 15(1), 542. <https://doi.org/10.3390/su15010542>
- Feng, H., Wang, F., Song, G., & Liu, L. (2022). Digital transformation on enterprise green innovation: Effect and transmission mechanism. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10614. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710614>
- Filgueiras, F., Flávio, C., & Palotti, P. (2019). Digital transformation and public service delivery in Brazil. *Latin American Policy*, 10(2), 195–219. <https://doi.org/10.1111/lamp.12169>
- Gavilanez, Á., Áldas, D., Aimacaña, N., & Guanotuña, M. (2024). La sostenibilidad ambiental en la industria manufacturera del Ecuador: Un estudio desde las fuentes energéticas. *Ciencia Unemi*, 17(44), 148–161. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol17iss44.2024pp148-161p>
- Guandalini, A. (2022). The role of public policy in promoting green digital transformation. *Journal of Cleaner Production*, 375, 134058. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134058>
- Hurtado, R., Leandro, R., & Mondragón, M. (2022). Estructuras de implementación de las políticas CTI en América Central (1979–2020): Una aproximación comparativa desde el análisis de redes de política pública. *Redes Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, 27(52). <https://doi.org/10.48160/18517072re52.46>
- Kim, J., Rhee, J., & Park, C. (2024). How does digital transformation improve supply chain performance: A manufacturer's perspective. *Sustainability*, 16(7), 3046. <https://doi.org/10.3390/su16073046>
- Kirillova, E., Эльдарович, Э., Blinkov, O., Серова, O., & Mikhaylova, I. (2021). Prospects for developing the legal regulation of digital platforms. *Jurídicas Cuc*, 18(1). <https://doi.org/10.17981/juridcuc.18.1.2022.02>
- Kowalski, M., Bernardes, R., Gomes, L., & Borini, F. (2024). Microfoundations of dynamic capabilities for digital transformation. *European Journal of Innovation Management*. <https://doi.org/10.1108/ejim-12-2023-1074>
- Landers, C., Blasimme, A., & Vayena, E. (2024). Sync fast and solve things—Best practices for responsible digital health. *NPJ Digital Medicine*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01105-9>
- Lopera, C. (2022). Brecha digital. *Tsafiqui – Revista Científica en Ciencias Sociales*, 12(19). <https://doi.org/10.29019/tsafiqui.v12i19.1108>
- Naidu, G. (2024). IoT innovation in hospitality: A comprehensive technical analysis of implementation and impact. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(6). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i06.31890>
- Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Organización de las Naciones Unidas*. <https://sdgs.un.org/es/2030agenda>
- Pajares, J., & Nishii, V. (2021). Determinantes de divulgación de desempeño ambiental y economía circular de empresas peruanas. *Capic Review*, 18, 1–19. <https://doi.org/10.35928/cr.vol18.2020.93>

- Parida, V., & Wincent, J. (2019). Why and how to compete through sustainability: A review and outline of trends influencing firm and network-level transformation. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 15(1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11365-019-00558-9>
- Pei, Z., Jun-hua, G., & Wang, Y. (2023). How does the digital economy affect green development? Evidence from 284 cities in China. *Sustainability*, 15(15), 11596. <https://doi.org/10.3390/su151511596>
- Pérez, S. (2023). Marketing ecológico: Análisis de revisión de la literatura. *Revista Americana de Emprendimiento e Innovación*, 5(1). <https://doi.org/10.33871/26747170.2023.5.1.7851>
- Profiroiu, C., Negoită, I., & Costea, A. (2023). Digitalization of public administration in EU member states in times of crisis: The contributions of the national recovery and resilience plans. *International Review of Administrative Sciences*, 90(2), 336–352. <https://doi.org/10.1177/00208523231177554>
- Rao, S. (2023). Rethinking sustainability reporting with reference to the Inflation Reduction Act. *Administration & Society*, 55(10), 1911–1931. <https://doi.org/10.1177/00953997231198843>
- Ramírez, A., Oloriz, M., & Simović, U. (2023). Inflation Reduction Act incentivizes utilities to use digital tools for participation in energy efficiency programs. *Climate and Energy*, 39(11), 1–8. <https://doi.org/10.1002/gas.22347>
- Rosário, A., & Dias, J. (2022). Sustainability and the digital transition: A literature review. *Sustainability*, 14(7), 4072. <https://doi.org/10.3390/su14074072>
- Rupeika-Apoga, R., & Petrovska, K. (2022). Barriers to sustainable digital transformation in micro-, small-, and medium-sized enterprises. *Sustainability*, 14(20), 13558. <https://doi.org/10.3390/su142013558>
- Shulla, K., Filho, W., Lardjane, S., Sommer, J., Sálvia, A., & Borgemeister, C. (2019). The contribution of regional centers of expertise for the implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117809. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117809>
- Stefanis, C., Stavropoulos, A., Stavropoulou, E., Tsigalou, C., Constantinidis, T., & Bezirtzoglou, E. (2024). A spotlight on environmental sustainability in view of the European Green Deal. *Sustainability*, 16(11), 4654. <https://doi.org/10.3390/su16114654>
- Sun, S., Wenjiao, W., Wang, W., & Sun, X. (2023). How does digital transformation affect corporate social responsibility performance? From the dual perspective of internal drive and external governance. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 31(2), 1156–1176. <https://doi.org/10.1002/csr.2615>
- Umoh, A., Nwasike, C., Tula, O., Adekoya, O., & Gidiagba, J. (2024). A review of smart green building technologies: Investigating the integration and impact of AI and IoT in sustainable building designs. *Computer Science & IT Research Journal*, 5(1), 141–165. <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i1.715>
- Vărzaru, A., Bocean, C., Gheorghe, M., Simion, D., Mangra, M., & Cioabă, A. (2024). Assessing the impact of digital technologies on the Sustainable Development Goals within the European Union. *Electronics*, 13(23), 4695. <https://doi.org/10.3390/electronics13234695>
- Wang, C., Zhang, R., Ibrahim, H., & Liu, P. (2023). Can the digital economy enable carbon emission reduction: Analysis of mechanisms and China's experience. *Sustainability*, 15(13), 10368. <https://doi.org/10.3390/su151310368>
- Wang, Y. (2022). Analyzing the mechanism of strategic orientation towards digitization and organizational performance settings enduring employee resistance to innovation and performance capabilities. *Frontiers in Psychology*, 13, 1006310. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1006310>
- World Economic Forum (2021). Harnessing Technology for the Global Goals: A Practical Guide to Digital Transformation and Sustainability. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/>
- Xu, C., Zhu, S., Yang, B., Miao, B., & Duan, Y. (2023). A review of policy framework research on promoting sustainable transformation of digital innovation. *Sustainability*, 15(9), 7169. <https://doi.org/10.3390/su15097169>
- Yang, Q., & Jin, S. (2024). Exploring the impact of digital transformation on manufacturing environment, social responsibility, and corporate governance performance: The moderating role of top management teams. *Sustainability*, 16(11), 4342. <https://doi.org/10.3390/su16114342>
- Yang, X., Xu, Y., Razzaq, A., Wu, D., Cao, J., & Ran, Q. (2023). Roadmap to achieving sustainable development: Does digital economy matter in industrial green transformation? *Sustainable Development*, 32(3), 2583–2599. <https://doi.org/10.1002/sd.2781>
- Yılmaz, F. (2025). Digital transformation in the perspective of the United Nations 2030 Sustainable Development Goals. *Istanbul Ticaret Üniversitesi Girişimcilik Dergisi*, 8(16), 24–40. <https://doi.org/10.55830/tje.1581513>
- Yin, S. (2024). Digital transformation for sustainable development. *Sustain. Social Dev.*, 2(5), 2802. <https://doi.org/10.54517/ssd2802>
- Yin, S., Jiang, M., Chen, L., & Jia, F. (2024). Digital transformation and the circular economy: An institutional theory perspective. *Industrial Management & Data Systems*, 124(4), 1627–1655. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2023-0792>

SOBRE EL AUTOR

Juan Carlos Sosa Varela es el Decano y Profesor Titular de Negocios Internacionales en la Universidad Ana G. Méndez, Puerto Rico. Es Editor Asociado de la *European Business Review* y miembro de diversos consejos editoriales. Es un prolífico autor y ha sido profesor visitante en Europa, América Latina e India.

Director: JAVIER MUÑOZ CARABIAS

Redactor jefe: ANTONIO MORENO-TORRES GÁLVEZ

Redacción: DAVID ROMERAL JIMÉNEZ

Administración: MARÍA SOLEDAD LEÑADOR CUETO

Consejo de Redacción:

ÁNGEL ARCOS VARGAS, Universidad de Sevilla

EDUARDO BUENO CAMPOS, AECA

GUILLEM CARNES VENDRELL, MINTUR

DIEGO CRESCENTE DE ANTONIO, Escuela de Organización Industrial

AMAYA ERRO GARCÉS, Universidad Pública de Navarra

JORDI GARCÍA BRUSTENGA, MINTUR

NURIA GARCÍA GONZÁLEZ, MINTUR

PABLO GARDE LOBO, MINTUR

JOSÉ LUIS HERVÁS OLIVER, Universidad Politécnica de Valencia

ANTONIO HIDALGO NUCHERA, Universidad Politécnica de Madrid

ESTER MARTÍNEZ ROS, Universidad Carlos III de Madrid

MARÍA ÁNGELES MONTORO SÁNCHEZ, Universidad Complutense de Madrid

PATRICIO MORCILLO ORTEGA, Universidad Autónoma de Madrid

ANA MORENO ROMERO, Universidad Politécnica de Madrid

AMADEO PETITBÓ JUAN, Fundación Rafael del Pino

MARÍA DEL PILAR PONCELA BLANCO, Universidad Autónoma de Madrid

ELISA RODRÍGUEZ ORTIZ, Oficina Española de Patentes y Marcas

MARÍA PAZ SALMADOR SÁNCHEZ, Universidad Autónoma de Madrid

ROSARIO SÁNCHEZ GRAU, MINTUR

VICENT SOLER I MARCO, Universidad de Valencia

LA INDUSTRIA ENERGÉTICA: NUESTRA FORTALEZA

JOSÉ IGNACIO HORMAECHE

Los beneficios económicos de la transición energética para un territorio se conseguirán en la medida en que las nuevas inversiones necesarias se transformen en actividad industrial y creación de empleo para las empresas localizadas en el mismo. Euskadi cuenta con una gran fortaleza para ello: una potente y competitiva industria energética. Para apoyar a esta industria son necesarias estrategias de “Desarrollo tecnológico e industrial”, con medidas que ayuden a las empresas a mejorar su competitividad y posicionamiento en el mercado. El Cluster de Energía del País Vasco constituye el punto de encuentro y conexión de todos los agentes, actuando como dinamizador de la colaboración para explotar nuestras fortalezas y capturar las oportunidades de la transición energética.

CONTEXTO: LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Concepto y definición

El concepto de transición energética describe el proceso de descarbonización de la economía que persigue reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas del consumo de energía en los distintos sectores (residencial, comercial, industria y transporte, principalmente), hasta alcanzar como objetivo deseable a

escala global las “emisiones netas cero” en el horizonte 2050.

El principal impulso a la actual transición energética a nivel global se inició en 2015 con la ratificación del Acuerdo de París, a través del cual 195 países se comprometieron a lograr un horizonte de cero emisiones a mitad de siglo para mitigar las consecuencias del cambio climático.

A pesar de que las definiciones del concepto de transición energética realizadas por organismos internacionales de relevancia y prestigio cuentan con matices diferentes, todas convergen en la idea de transformación del modelo energético actual para mitigar el cambio climático.

En los últimos años, y de forma especial tras el COVID-19, se están impulsando medidas para acelerar la transición energética, sobre la base de los importantes beneficios económicos, sociales y medioambientales que se espera genere en los territorios donde se aborde, añadidos a la reducción de emisiones buscada.

Por ello, gobiernos y administraciones públicas de todo el mundo están abordando la elaboración de leyes, marcos normativos y estrategias de actuación que permitan llevar a cabo los planes de transición energética alcanzando los objetivos establecidos y generando en su entorno los impactos positivos y beneficios esperados.

Expresado en términos sencillos, la transición energética perseguirá en las próximas décadas la reducción progresiva (hasta su

total eliminación a largo plazo) del uso de combustibles fósiles en los procesos de generación de la energía demandada por los consumidores, ya que son estos combustibles fósiles los causantes de las emisiones de GEI en las combustiones y reacciones químicas que se producen para la generación de energía. Esta reducción de combustibles fósiles deberá venir propiciada principalmente por la combinación de dos tipos de medidas: por una parte, las de reducción de los consumos de energía a través de medidas de eficiencia energética; por otra, la sustitución de los combustibles fósiles utilizados en la actualidad por fuentes de energía renovable o por vectores energéticos “verdes” (electricidad e hidrógeno, fundamentalmente), es decir, producidos íntegramente a partir de energías renovables.

Tecnologías clave para la transición energética

Para hacer posible la reducción de emisiones GEI por alguna de las vías indicadas, será necesario el despliegue de una serie de tecnologías, con las consiguientes inversiones en la construcción y puesta en marcha, tanto de instalaciones de producción de las nuevas fuentes y vectores energéticos como de las infraestructuras energéticas necesarias para el consumo y utilización de la “nueva” energía generada.

A fin de ordenar las diversas tecnologías que en la literatura técnica y divulgativa se incluyen bajo el paraguas de la transición energética, procederemos a citar las más relevantes, clasificadas en tres grandes grupos: eficiencia energética y descarbonización de consumos; generación de energía renovable e infraestructuras eléctricas.

Eficiencia energética y descarbonización de consumos

- Eficiencia en edificios: aislamiento, iluminación y electrodomésticos eficientes, equipos de control inteligentes en hogares.

- Eficiencia en industria: optimización de procesos productivos a través del aprovechamiento de calores residuales, circularidad de materias primas, etc.
- Digitalización: tecnologías digitales que permiten monitorizar, controlar y optimizar los consumos energéticos para conseguir su reducción.
- Electrificación de consumos: Para que realmente se produzca una reducción de emisiones GEI en esta sustitución, la electricidad debe ser generada a partir de energías renovables, al menos en un porcentaje suficiente para que las emisiones “en origen” sean inferiores a las emisiones que producen los combustibles fósiles en los puntos de consumo. Por su disponibilidad y bajo coste, la electricidad renovable se perfila actualmente como la vía más competitiva para la descarbonización del consumo energético a corto-medio plazo. Merecen destacarse algunas tecnologías de electrificación específicas de cada sector consumidor: Climatización de edificios (bombas de calor y sistemas de aerotermia o geotermia); electrificación de procesos industriales (sustitución de combustibles fósiles utilizados para generar altas temperaturas –calentamiento de materiales, generación de vapor...– por calentamiento eléctrico y bombas de calor de media y alta temperatura); y vehículos eléctricos (sustitución de los motores de combustión interna por vehículos eléctricos, híbridos o puros).
- Hidrógeno verde: llamado a ser un importante vector energético en aplicaciones de difícil abatimiento de CO₂, tales como la descarbonización de determinados procesos industriales (refino, industria química, siderurgia, ...) o la movilidad del transporte pesado (camiones, autobuses interurbanos, transporte marítimo...), a medida que el desarrollo tecnológico y la reducción de los costes de producción del hidrógeno verde haga viable su utilización en dichos casos. El hidrógeno verde es producido por medio de electrolizadores, que provocan la electrólisis del agua a partir de electricidad libre de emisiones, es decir, renovable (o nuclear).

- Captura de CO₂: Dada la dificultad de abatir las emisiones de CO₂ asociadas a determinados procesos de fabricación industrial, la captura, almacenamiento y, cuando sea posible, el uso del CO₂ en otras aplicaciones, se considera como una tecnología de “último recurso” para alcanzar las “emisiones netas cero” a largo plazo.
- Energías marinas: se incluyen bajo esta denominación diversas tecnologías de generación eléctrica en base al potencial de los mares, siendo las de mayor recorrido futuro las energías de las corrientes (“tidal energy”) y la energía de las olas.
- Renovables de uso directo: solar térmica (climatización de edificios), biomasa, biocombustibles y combustibles generados a partir de cultivos y residuos orgánicos, como el biometano.

Generación de energía renovable

- Energía eólica: en la actualidad es la fuente de energía con mayor participación en el “mix” eléctrico español, habiendo alcanzado ya en 2023 el 23,5% de la producción eléctrica en España, superando a la nuclear y a los ciclos combinados de gas natural. A nivel global está en el primer lugar de los objetivos establecidos en cuanto a producción de energía eléctrica.
- Energía solar fotovoltaica: en 2023 se situó en España como la segunda fuente renovable, con una contribución del 14%. A nivel global está llamada a ser la fuente de energía renovable con mayor potencia instalada, basándose en gran medida en la posibilidad de construir tanto grandes plantas fotovoltaicas como pequeñas instalaciones para autoconsumo y comunidades energéticas.
- Energía solar termoeléctrica (o de concentración): se trata de la generación eléctrica en plantas en las que se concentran los rayos solares a través de colectores cilindro-parabólicos o a través de heliostatos que los reflejan en una torre central, a fin de alcanzar temperaturas suficientes para generar electricidad en una turbina de vapor. Su elevado coste solo la hace competitiva en determinadas regiones del mundo con una alta irradiación solar.
- Energía hidroeléctrica: En España aportó en 2023 el 9,5% de la energía eléctrica producida. Tanto a nivel nacional como global es poco probable que se produzcan crecimientos significativos en este tipo de energía, dada la escasez de nuevas ubicaciones viables.

Infraestructuras eléctricas

- Redes eléctricas: representan el activo clave para conectar generación y consumo eléctrico. Las redes de transporte (alta tensión), las interconexiones y las redes de distribución (media y baja tensión) deberán concentrar grandes inversiones para aumentar su extensión geográfica, reforzar sus nodos (subestaciones y centros de transformación) y digitalizar toda la red a fin de optimizar su gestión y operación.
- Puntos de recarga de vehículos eléctricos: de diversos niveles de potencia (carga lenta, rápida o ultrarrápida) y acceso (privados o públicos), ya se están desplegando por los diferentes territorios para la recarga de la creciente flota de vehículos eléctricos.
- Almacenamiento de energía eléctrica: el incremento de participación de las renovables en el mix de generación y la necesidad de dotar a la red eléctrica de mecanismos de balance, flexibilidad y gestión de la demanda, requerirá inversiones en instalaciones de almacenamiento.

INVERSIONES EN TRANSICIÓN ENERGÉTICA: IMPACTO ECONÓMICO

Inversiones previstas en transición energética a nivel global

Gobiernos de todo el mundo han ido adoptando a lo largo de los últimos años políticas, planes y medidas para impulsar la

transición energética en sus respectivos países. Las políticas y planes diseñados por los gobiernos y administraciones públicas a todos los niveles incluyen objetivos a medio y largo plazo (2030, 2040, 2050) para el despliegue de instalaciones e infraestructuras como las citadas en el capítulo anterior. Dichas políticas establecen medidas y actuaciones con el fin de crear los marcos adecuados para incentivar las inversiones necesarias para alcanzar dichos objetivos.

Existen numerosos informes y documentos de diversas instituciones y organismos internacionales que recopilan los objetivos fijados en los distintos países y regiones y valoran las inversiones que deberán llevarse a cabo para alcanzarlos. Recogeremos alguno de ellos a título ilustrativo para el horizonte más inmediato de 2030.

Una de las infografías más completas y visuales en este sentido es la elaborada por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2024) para su informe COP28¹ (ver figura 1) publicado en 2023 con motivo de la COP28 celebrada en Emiratos árabes Unidos. Dicha infografía representa las inversiones totales (en billones de dólares americanos) que serán necesarias a nivel global de 2023 a 2030 para limitar el aumento de temperatura del planeta a 1,5 °C. Las inversiones aparecen desglosadas por las diversas tecnologías e infraestructuras, con una estructura muy similar a la que se ha planteado en el apartado anterior: generación con energías renovables, eficiencia energética por sectores consumidores, redes eléctricas y flexibilidad.

Concretando los objetivos e inversiones a nivel europeo, debemos hacer referencia a los Planes Integrados de Energía y Clima (National Energy and Climate Plans, NECPs) que todos los Estados miembros de la Unión Europea elaboraron en 2019 y que han sido revisados en 2023 y evaluados por la Comisión Europea (CE). En su informe de evaluación, la CE afirma que, para alcanzar los ambiciosos objetivos a 2030,

las inversiones deberán aumentar considerablemente hasta los 620 billones de euros anuales de media. Diversos estudios y organizaciones confirman el déficit de inversiones en Europa y alertan de la necesidad de incrementar sustancialmente las realizadas hasta la fecha. Así, por ejemplo, el informe “European Climate investment deficit report: an investment pathway for Europe’s future”,² elaborado por el Institute for Climate Economics (I4CE), propone duplicar y elevar la inversión media anual a realizar en el período 2024-2030 hasta los 831 billones de euros, respecto a los 407 de 2022. Indica también la CE que, en sus revisiones de los NCEPs, la mayoría de los Estados miembros no valoran las inversiones totales esperadas para el período 2020-2030, y ninguno proporciona una estimación de la brecha entre estas necesidades y las fuentes de financiación disponibles. Por ello, la información facilitada por los Estados miembros no permite por ahora agregar las necesidades de inversión a nivel de la UE. La CE concluye que disponer en este momento de estimaciones sólidas de las necesidades de inversión y de sus impactos macroeconómicos adquiere una importancia trascendental.

Inversiones previstas en España: PNIEC 2030

En cuanto a las inversiones en transición energética en España, es preciso acudir al Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)³ que el Gobierno aprobó en 2020 formulando los cuatro grandes objetivos a 2030 de la transición energética en España, que ha elevado en la revisión de 2023 en los siguientes términos:

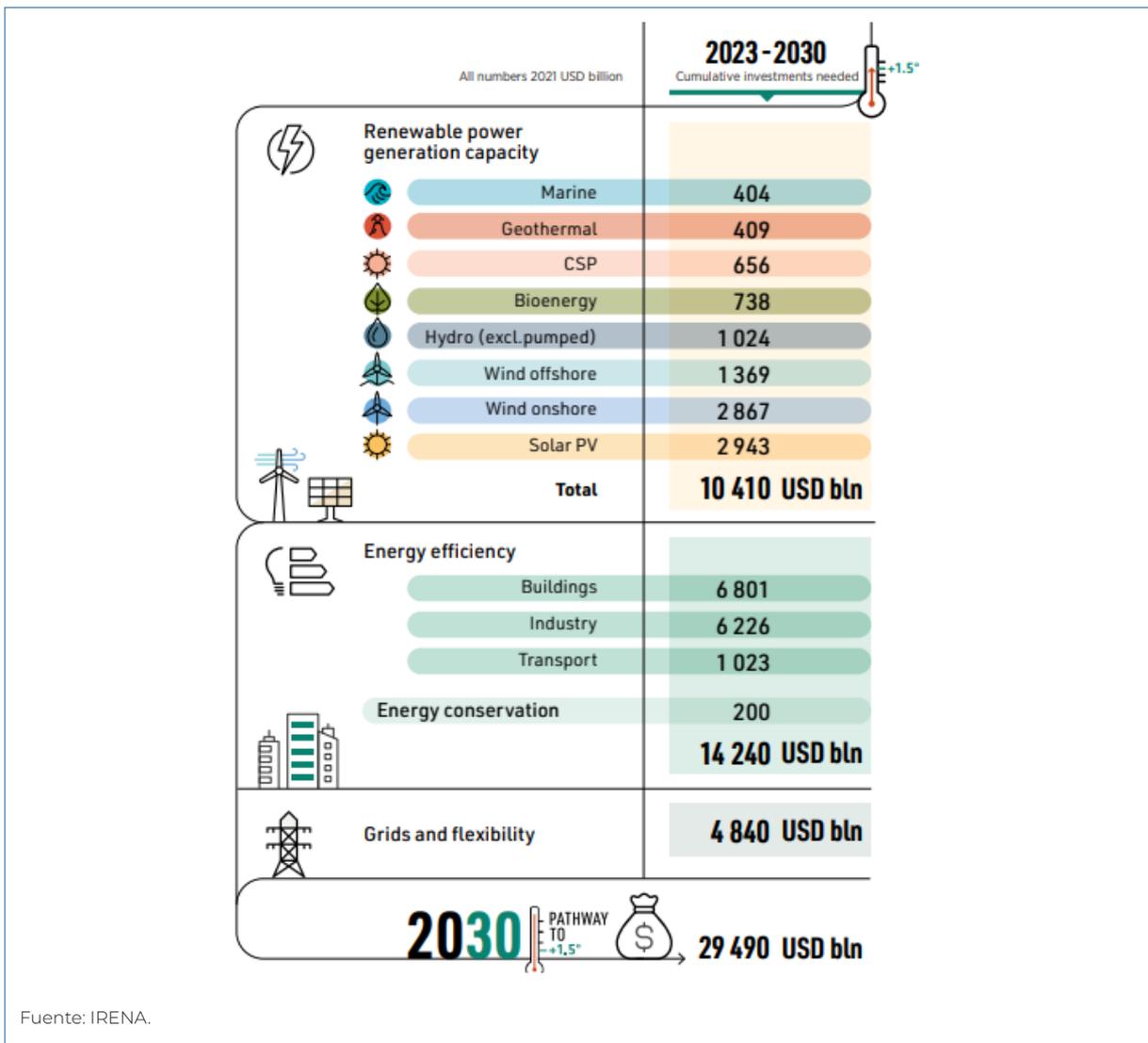
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de la economía española en, al menos, un 20% respecto del año 1990 (32% en la revisión 2023).

¹ COP28; IRENA; GRA. (2023): *Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial steps towards 1.5°C*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

² *European Climate investment deficit report: an investment pathway for Europe’s future*; Institute for Climate Economics (I4CE). Febrero 2024.

³ Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC)*.

FIGURA 1
INVERSIONES NECESARIAS PARA LIMITAR EL AUMENTO DE TEMPERATURA A 1,5 °C



- Mejorar la eficiencia energética disminuyendo el consumo de energía primaria en 2030, al menos, un 40%, con respecto a la línea de base conforme a normativa comunitaria (44% en la revisión 2023).
- Alcanzar una penetración de energías de origen renovable en el consumo de energía final de, al menos, un 42% (48% en la revisión 2023).
- Alcanzar un sistema eléctrico con, al menos, un 74% de generación a partir de energías de origen renovable (81% en la revisión 2023).

El PNIEC estableció inicialmente en 241.000 millones de euros las inversiones necesari-

as en el período 2021-2030 para alcanzar estos objetivos y las clasificó en 4 grandes apartados: el 38% destinadas a energías renovables, el 25% a ahorro y eficiencia, el 24% a redes y electrificación y el 3% a otras medidas. En la revisión 2023 no se han facilitado nuevas cifras de inversiones totales, únicamente algunos datos parciales de inversión en aspectos específicos.

Impactos económicos de las inversiones en transición energética

En el momento de elaboración del PNIEC, este Plan incluyó un capítulo de análisis de

las políticas y medidas en el que se valoraron los impactos macroeconómicos (PIB) y en el empleo derivados de los diferentes tipos de inversión. Tal como mostraba dicho análisis, la generación de PIB derivada de la transición energética se produce por dos tipos de efectos:

- El efecto de menor magnitud es el denominado **“cambio energético”**, que va creciendo tras los primeros años de transformación, a medida que se produzca el cambio estructural en el sistema energético y se genere el efecto económico derivado del ahorro de energía y de la reducción en el precio de la electricidad, con la consiguiente mejora de competitividad de sectores consumidores y aumento del gasto en otros productos y servicios. Asimismo, el cambio en el mix energético generará desarrollo económico, al sustituir combustibles fósiles importados por energías renovables que generarán un mayor valor añadido dentro del país.
- El efecto realmente importante es el propiciado por la **“nueva inversión”**, que genera un impulso económico a lo largo de todas las cadenas productivas sectoriales, en la medida que esa nueva inversión se transforma en un elevado porcentaje en valor añadido y creación de empleo, descontando la parte que necesita de bienes que son importados y que por tanto no aportan al PIB.

Gracias a estas inversiones, el valor añadido del sector industrial es el que crece sustancialmente (en el PNIEC se estimaba entre 2.800 M€ en 2021 y 5.100 M€ en 2030), impulsado principalmente por la fabricación y suministro de equipos para las plantas renovables, para las redes eléctricas, para puntos de recarga y para vehículos que renueven el parque móvil. El valor añadido del sector de la construcción también aumenta notablemente (entre 1.900 M€ en 2021 y 3.000 M€ en 2030), como consecuencia de las inversiones en rehabilitación de viviendas y en el desarrollo de las infraestructuras necesarias para el despliegue de las renovables y los vehículos eléctricos. El sector energético aumenta su

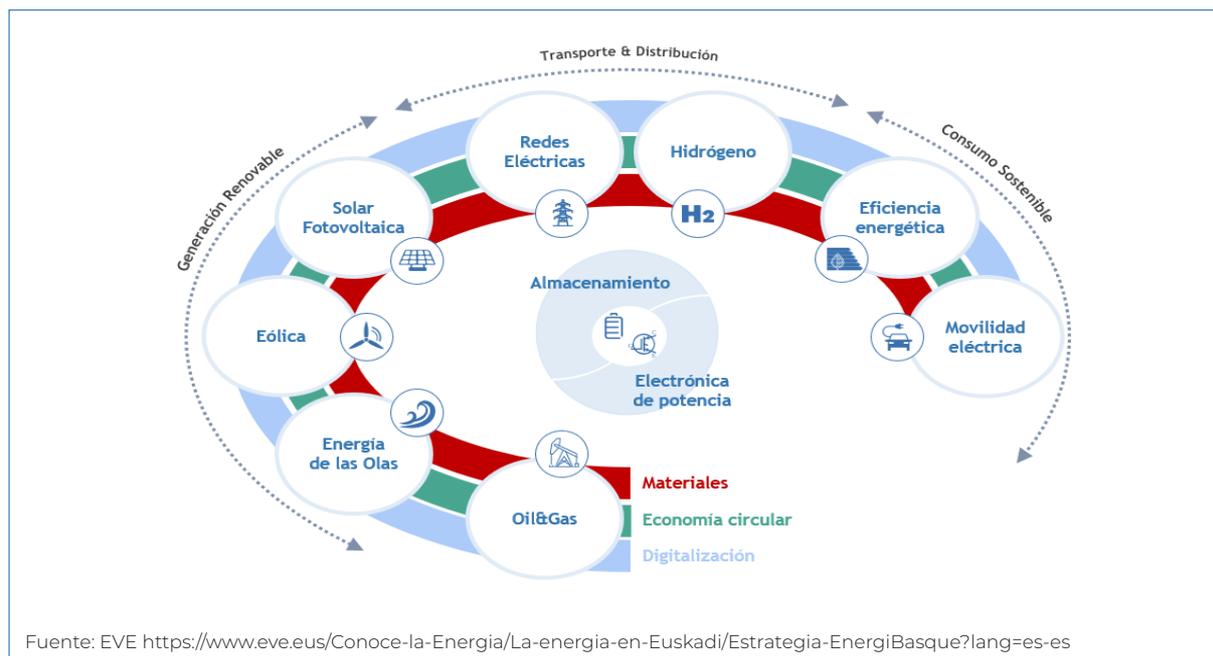
valor añadido al sustituir la energía importada por renovable autóctona (entre 345 M€ a 1.400 M€).

En cuanto al impacto en la creación de empleo de las inversiones, el PNIEC prevé que el empleo directo se creará principalmente en la industria, en la construcción y en determinados sectores de servicios de alta cualificación. Los empleos en otras ramas de actividad de Servicios serán mayoritariamente indirectos e inducidos.

A pesar de que el PNIEC propone estos datos y estimaciones en torno a los beneficios económicos y el empleo propiciados por la transición energética en España, existe el riesgo de que estos impactos no se produzcan, aunque las inversiones sí se lleven a cabo. El riesgo radica en que las cifras previstas por el PNIEC parten del supuesto de que el grado de competitividad de las empresas españolas con respecto a potenciales proveedores del exterior se mantenga o crezca. Es decir, se supone que las empresas tendrán una capacidad similar a la actual, ni mayor ni menor, para responder a las condiciones del mercado, con lo que las importaciones de bienes asociados a las inversiones energéticas no se incrementarán respecto al porcentaje o las cuotas de referencia de los últimos años. En el contexto actual estas hipótesis conllevan claros niveles de riesgo, como estamos constatando con la creciente competencia de fabricantes chinos (y de otros países principalmente asiáticos) en muchos de los productos y componentes asociados con las tecnologías descritas en el capítulo anterior.

Por tanto, el efecto beneficioso en PIB y empleo no está ganado a priori ni se va a producir de forma automática por el hecho de que las inversiones se desarrollen en el ritmo y cantidades previstas. El tejido empresarial nacional y de forma especial la industria, debe mantener sus factores de competitividad si quiere acceder a cuotas significativas en el mercado doméstico, en el que se va a enfrentar a competidores externos que amenazan su posicionamiento a través de ofertas de menor coste o con mejores funcionalidades.

FIGURA 2
PRIORIDADES DE LA ESTRATEGIA ENERGIBASQUE



EL SECTOR ENERGÉTICO VASCO

Estrategia de desarrollo tecnológico e industrial en energía del País Vasco

El País Vasco cuenta desde el año 2011 con una Estrategia Tecnológica e Industrial en Energía (*Energibasque*)⁴, definida específicamente para impulsar la competitividad de las empresas del sector energético en los mercados globales a través de la innovación tecnológica, contribuyendo así a la transición hacia una economía descarbonizada. Su visión es conseguir que Euskadi sea un territorio de referencia en Europa en el desarrollo de iniciativas industriales y tecnológicas, de forma que la transición energética genere riqueza, empleo y calidad de vida.

La Estrategia *Energibasque* se ha venido actualizando periódicamente en base a los avances conseguidos en los diversos ámbitos, a la evolución de las tecnologías y mercados y a las prioridades y demandas empresariales en sus planes de desarrollo.

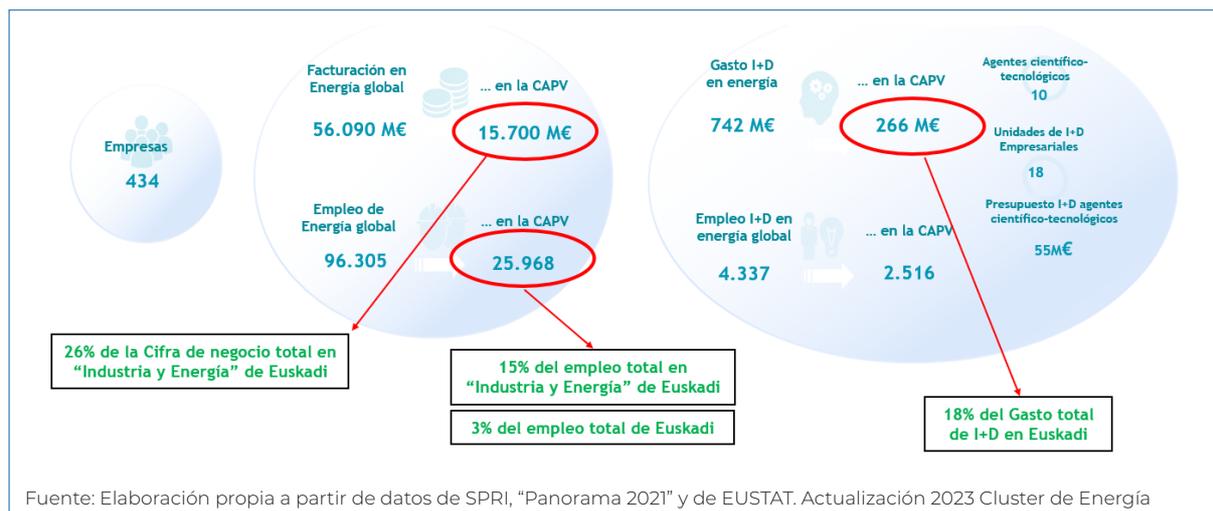
La estrategia se supervisa y coordina desde un espacio de colaboración público-privado denominado Grupo de Pilotaje, co-presidido por el Departamento de Industria, Transición energética y Sostenibilidad del Gobierno Vasco y el Cluster de Energía del País Vasco, y en el que participan las agencias públicas EVE (Ente Vasco de la Energía) y SPRI (Agencia de Desarrollo Empresarial), agentes tecnológicos y empresas tractoras del sector energético.

Desde su primera versión de 2011, *Energibasque* se ha caracterizado como una estrategia orientada a utilizar las inversiones necesarias para la transición energética como elemento tractor de desarrollo tecnológico e industrial, impulsando y apoyando de forma prioritaria aquellas tecnologías y proyectos innovadores que permitan explotar las fortalezas y las capacidades existentes en el país.

La estrategia *Energibasque* se estructura actualmente en tres objetivos globales, que se despliegan en torno a ocho áreas estratégicas y cinco tecnologías facilitadoras, tal y como se muestra en la figura 2.

⁴ Cluster de Energía. (s.f.). *EnergiBasque. Estrategia Tecnológica y de Desarrollo Industrial. Despliegue del área de Energía RIS3 Euskadi*.

FIGURA 3
ESTRUCTURA DEL SECTOR ENERGÉTICO VASCO



Estructura de las principales cadenas de valor

En base a los datos del inventario elaborado en 2021 ("Panorama del sector energético vasco 2020")⁵ por iniciativa de SPRI, con el apoyo del EVE y del Cluster de Energía, que se revisa y actualiza anualmente, el sector energético vasco se compone de 434 empresas, que alcanzan una facturación conjunta a nivel global que supera los 56.000M€ y emplea en Euskadi a unas 26.000 personas. El gasto en I+D ejecutado en Euskadi por estas empresas asciende a 266M€, que emplean a más de 2.500 personas en actividades de I+D, un 74% ejecutado por empresas y un 26% ejecutado por agentes de la Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación (RVCTI). La figura 3 se muestran estas cifras y se ponen en relación porcentual con los valores de totales a nivel de Euskadi en cuanto a cifra de negocio, empleo y gasto en I+D.

En cuanto a la distribución por cadenas de valor, los diagramas circulares de la figura 4 muestran los porcentajes de facturación y empleo en Euskadi de las más importantes para cada indicador.

En el caso de la actividad económica, se observa el importante porcentaje generado

por los subsectores de petróleo (principalmente por la refinería de Petronor y el operador Esergui) y de gas natural, también con una contribución destacada en este caso de los operadores energéticos (Total Energies, Nortegas y Bahía de Bizkia Gas). Tras ellos se sitúan las cadenas de valor de redes eléctricas y la energía eólica.

En lo relativo a la creación de empleo en Euskadi, el liderazgo corresponde a los subsectores de redes eléctricas, con casi un 25% de los 26.000 empleos existentes en Euskadi, y de energía eólica, con casi un 20% de esta cifra. Tras ellos aparecen también como importantes generadores de empleo el petróleo y el gas natural y a continuación otras renovables, como la solar fotovoltaica y la hidroeléctrica.

Si analizamos la radiografía del sector energético en Euskadi desde el ángulo del gasto en I+D y las personas que trabajan en este tipo de actividades (en los diagramas circulares que se recogen a continuación), la radiografía muestra claramente destacadas las tecnologías de redes eléctricas y las dos principales fuentes renovables: la eólica y la solar fotovoltaica. En la figura 5 del Gasto en I+D aparecen además dos tecnologías clave en el apartado de "Infraestructuras eléctricas": el almacenamiento y la recarga de vehículo eléctrico.

⁵ Cluster de Energía. (2024). *El sector energético vasco en cifras*. Cluster de Energía. <https://www.clusterenergia.com/cluster-en-cifras>

FIGURA 4
FACTURACIÓN Y EMPLEO EN EUSKADI DE CADENAS DE VALOR DEL SECTOR ENERGÉTICO

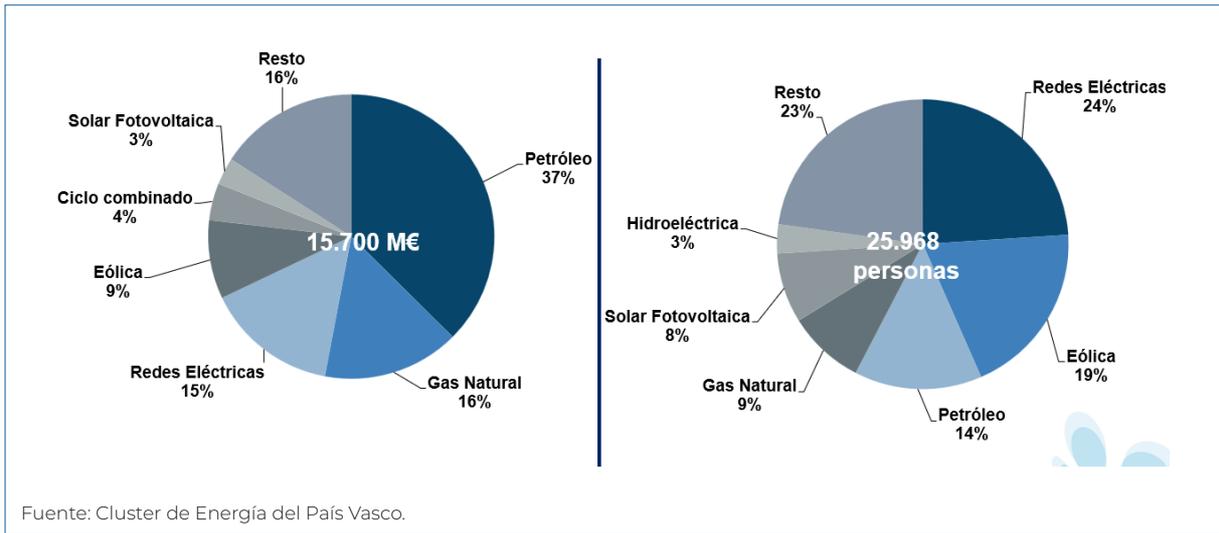
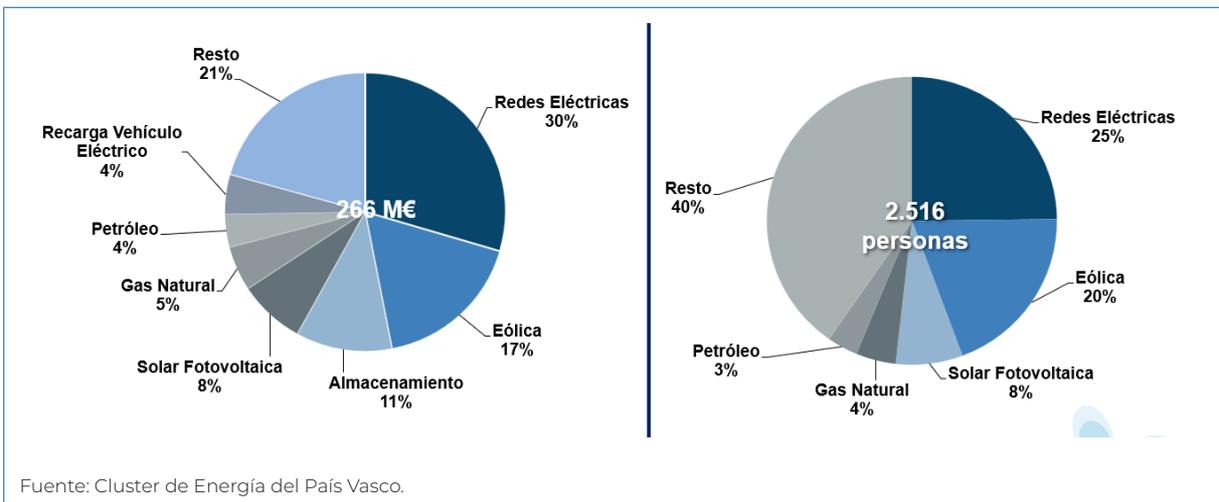


FIGURA 5
GASTO Y EMPLEO EN I+D EN EUSKADI DE LAS CADENAS DE VALOR DEL SECTOR ENERGÉTICO



A la vista de los datos, podemos afirmar que las cadenas de valor de redes eléctricas y de energía eólica son las más importantes en cuanto al número de empresas y generación de empleo y las que basan su competitividad en mayor medida en las capacidades tecnológicas y el posicionamiento en mercados internacionales.

Se trata en ambos casos de cadenas de valor con una amplia presencia empresarial (150 en eólica, 80 en redes eléctricas), con empresas tractoras líderes a nivel global (Iberdrola en redes, la propia Iberdrola y Siemens-Gamesa en eólica), con empre-

sas proveedoras de equipos y componentes cubriendo prácticamente todos los segmentos de la cadena de valor, y con un número significativo de ingenierías y empresas digitales ofreciendo servicios de alto valor añadido.

Por ello, el hecho de que la electrificación de los consumos sea una de las claves de la descarbonización, en base al crecimiento previsto de la generación de electricidad renovable (tal como se explica en el capítulo 1), es una excelente noticia para nuestro territorio. El País Vasco cuenta desde hace décadas con una industria potente y com-

petitiva en el diseño, fabricación, instalación y operación de equipamientos y componentes a lo largo de todo el sistema eléctrico: generación, transporte y distribución, consumo. Estas capacidades se concretan hoy en empresas que compiten a nivel internacional en redes inteligentes y energía eólica de forma destacada, pero también en solar fotovoltaica, recarga de vehículos eléctricos o bombas de calor.

En aquellos casos en que la electrificación no es una opción competitiva, la descarbonización del consumo de energía vendrá propiciada por nuevos combustibles sostenibles: hidrógeno, amoníaco y otros líquidos portadores, biometano, biocombustibles, ... Lo cual constituye otra oportunidad, en este caso principalmente para empresas vascas que hoy operan en las cadenas de valor del gas natural y del petróleo generando una importante actividad económica, muchas de las cuales están realizando apuestas decididas por desarrollar tecnologías y diversificar su oferta hacia aplicaciones ligadas a nuevos combustibles bajos en carbono.

Finalmente citaremos los subsectores de tecnologías emergentes, cuyo escalado y despliegue comercial está previsto a medio-largo plazo, en los cuales empresas vascas ya se están posicionando con proyectos de desarrollo tecnológico y de prospección de mercados. Es el caso de cadenas de valor como el hidrógeno verde, el almacenamiento de energía o las energías marinas.

EL CLUSTER DE ENERGÍA: DINAMIZADOR DE LA INDUSTRIA ENERGÉTICA VASCA.

La Asociación Clúster de Energía del País Vasco (en adelante el Cluster de Energía) se constituyó en 1996 como una asociación sin ánimo de lucro en el marco de las políticas industriales del Gobierno Vasco, con la misión de impulsar la competitividad del sector energético vasco a través de la colaboración.

Actualmente integra a más de 200 empresas y organizaciones de las cadenas de valor del sector energético, con la distribución

por segmentos de actividad que se muestra en la figura 6.

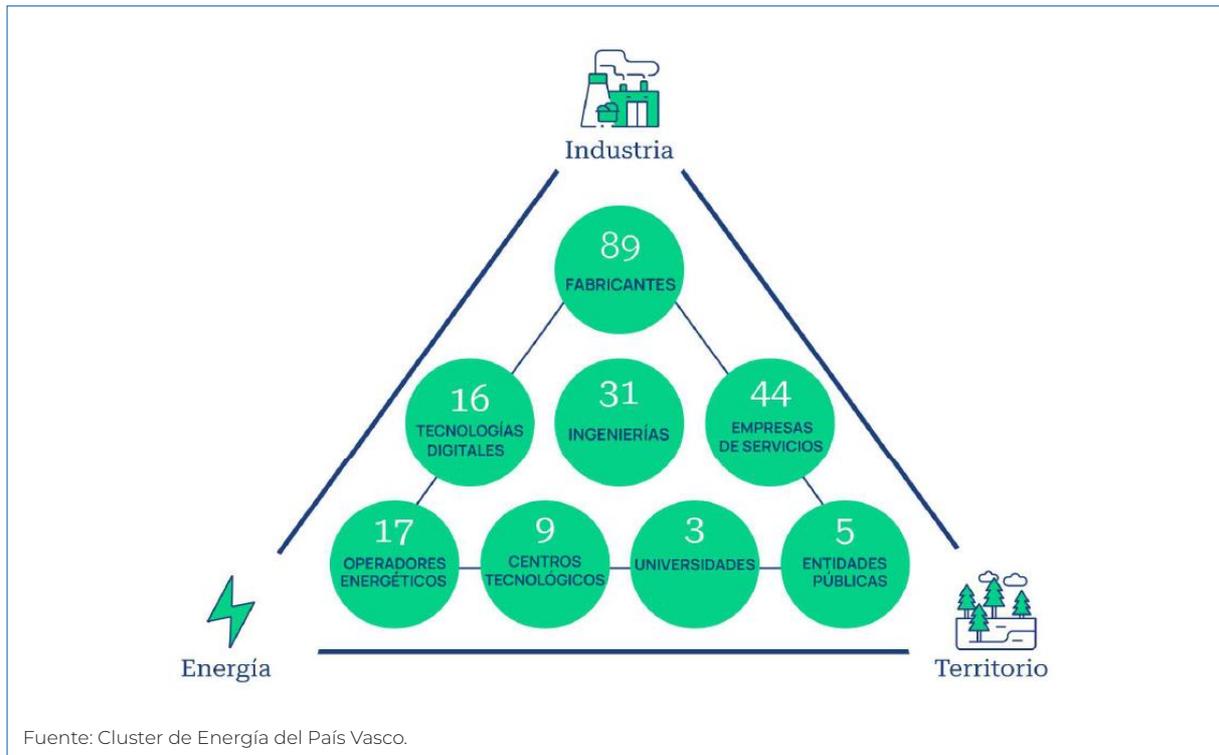
Tal como se observa, la mayor parte de los asociados (el 84%) son empresas que forman parte de lo que denominamos “industria energética”:

- Fabricantes de componentes, equipos y sistemas industriales que forman parte de tecnologías clave para la transición energética (“Net-Zero technologies”): redes eléctricas, eólica, solar fotovoltaica, hidrógeno, recarga eléctrica, eficiencia energética, electrificación de consumos, ...
- Ingenierías especializadas en proyectos de infraestructuras e instalaciones energéticas y en el diseño de productos y componentes de tecnologías clave para las mismas.
- Empresas y “start-ups” de tecnologías digitales aplicadas al sector energético: monitorización, drones, Big Data, analítica de datos, Inteligencia Artificial, ciberseguridad, ...
- Empresas de servicios a la industria de alto valor añadido: proyectos llave en mano, integración de sistemas, mantenimiento de instalaciones energéticas, consultoría y estrategia, ...

Por tanto, podemos afirmar que la principal fortaleza del sector energético vasco es su industria energética: empresas industriales con capacidades tecnológicas y de innovación, exportadoras y con presencia en mercados geográficamente diversos, creadoras de puestos de trabajo estables, de cualificación media-alta y retribuciones por encima de la media nacional. Empresas con perfiles que presentan una gran resiliencia en tiempos de crisis.

Asimismo, juegan un papel clave los 17 Operadores energéticos que también participan en la Asociación. Son empresas de generación, transporte, distribución y comercialización de energía en sus diversas fuentes y vectores energéticos, con capacidad de inversión y de tracción de las cadenas de valor.

FIGURA 6
SEGMENTACIÓN DE LAS EMPRESAS ASOCIADAS DEL CLUSTER DE ENERGÍA DEL PAÍS VASCO (2025)



A partir de estas fortalezas, el Cluster de Energía se erige en el punto de encuentro y conexión de operadores energéticos, industria, centros de investigación, universidades y entidades públicas que desarrollan su actividad en las cadenas de valor de la energía, actuando como agente dinamizador de actuaciones en colaboración para aprovechar las oportunidades que ofrece la transición energética.

Tal como adelantábamos en el capítulo 2 al referirnos a los impactos económicos del PNIEC, desde el Cluster de Energía tenemos claro que la transición energética producirá desarrollo económico y generación de empleo en nuestro territorio solo si conseguimos que la industria energética vasca, esto es, las empresas que fabrican productos, que desarrollan tecnologías, que prestan servicios y que crean puestos de trabajo en Euskadi sean capaces de acceder a cuotas significativas de suministro en las inversiones planificadas, gracias a su competitividad. Competitividad significa ser competitivos en costes, pero también (y principalmente) en calidad de los produc-

tos, en nivel tecnológico y en capacidad de innovación, en competencias digitales y en adaptación a los requisitos del mercado.

El refuerzo de la competitividad de las empresas de la industria energética vasca va encaminado en primer lugar a evitar o mitigar la amenaza de la competencia foránea en el mercado doméstico español, pero también a generar oportunidades de mayor crecimiento en los mercados energéticos internacionales a través de exportaciones y de su presencia directa en los mismos.

El papel de los operadores energéticos es clave en esta transición energética en la medida que son quienes están realizando las inversiones (promotores de plantas renovables, empresas eléctricas, fondos de inversión, ...) y, por tanto, son propietarios y operadores de los diversos activos energéticos. Se trata en su mayoría de grandes empresas, con capacidad técnica y financiera para llevar a cabo dichas inversiones con éxito.

Pero en la industria energética vasca nos encontramos con empresas que, por su menor dimensión o por su posición en la cadena de valor, tienen más difícil hacer realidad sus planes de crecimiento y aprovechar las oportunidades. Se enfrentan a retos muy diversos para reforzar su competitividad y acceder así a cuotas significativas de mercado: tecnológicos, desarrollando equipos, productos y servicios de valor añadido; de mercado, para acceder a clientes en escenarios de competencia global; de financiación, acometiendo inversiones en I+D, en capacidad de producción y en internacionalización; de captación de talento, tanto en número de personas como en cualificaciones; de alianzas y colaboraciones, completando las capacidades y competencias propias con las de terceros.

Por eso es importante que estas empresas se agrupen y utilicen asociaciones y foros como el Cluster de Energía para colaborar y tener voz y presencia conjunta. Entidades como los clusters deben ser su vía para reivindicar el importante papel que juegan en el desarrollo de la economía de cada territorio y en canalizar los beneficios de la transición energética a toda la sociedad. Papel que, en nuestra opinión, no es suficientemente conocido ni reconocido, y que debe ser tenido en cuenta y apoyado en los próximos años.

MEDIDAS DE APOYO A LA INDUSTRIA ENERGÉTICA

El recorrido del presente artículo nos conduce a una conclusión principal: los planes de transición energética deben alinearse e integrarse con estrategias ambiciosas de “Desarrollo tecnológico e industrial”, que utilicen las inversiones energéticas como una palanca y una oportunidad para impulsar el crecimiento de empresas de las cadenas de valor de la industria energética, a través del desarrollo de productos y servicios competitivos, de la identificación de nuevos modelos de negocio y de la cooperación inter-empresarial para abordar estas oportunidades.

En nuestra opinión no es suficiente que los marcos legales y normativos (del tipo

“Leyes de Transición energética”) persigan materializar las inversiones energéticas necesarias para que la energía generada y consumida en el territorio produzca menos emisiones de CO₂ y sea más sostenible. Para extraer de forma óptima y sostenible en el tiempo todos los beneficios que la transición energética puede aportar, las leyes deben incluir también entre sus principios, contenidos y recomendaciones el desarrollo de mecanismos que faciliten que todos los beneficios derivados, incluidos los económicos y sociales, alcancen a la economía real y a la ciudadanía del territorio.

Por tanto, creemos oportuno finalizar este artículo apuntando propuestas de medidas y mecanismos de apoyo a la industria energética. Se trata en su mayoría de ideas y líneas de trabajo que venimos compartiendo y analizando con el Departamento de Industria, Transición energética y Sostenibilidad del Gobierno Vasco y que, en cierta medida, están ya presentes en sus estrategias y programas:

- Impulso, refuerzo y simplificación del acceso a las ayudas para actividades de I+D en áreas relativas a la transición energética, dirigidas a resolver retos globales a través de soluciones e innovaciones desarrolladas como ventaja competitiva de las empresas de la cadena de valor industrial.
- Apoyo económico y desarrollo regulatorio para la construcción y puesta en marcha de instalaciones de demostración y experimentación de tecnologías, que permitan validar y acelerar la llegada al mercado de soluciones innovadoras. Se trataría de instalaciones de acceso abierto que contribuyan a interconectar ecosistemas de innovación, buscando el valor añadido de la colaboración empresarial interregional, tanto a nivel estatal como europeo.
- Adopción de un nuevo marco de ayudas a nivel estatal que permita una aprobación más rápida y simplificada de las medidas de apoyo a inversiones para incrementar la capacidad de fabricación de productos de tecnología limpia (“Net-Zero technologies”), tal como recoge el pilar 3 de Financiación de la

transición limpia del “Clean Industrial Deal”, que propone impulsar más de 100.000 M€ en inversiones para apoyar la transición industrial.

- Introducción de criterios de sostenibilidad, resiliencia y de fabricación europea en las contrataciones (y subastas) públicas y privadas de instalaciones energéticas o de suministros de energías renovables, en línea con lo establecido por la “Net-Zero Industry Act” (“Net-Zero technologies”) de la Comisión Europea o el recientemente publicado “Clean Industrial Deal”.
- Mayor agilidad administrativa y aceleración de plazos para conseguir las autorizaciones y permisos previas a la construcción de plantas de generación de energía renovable (principalmente parques eólicos e instalaciones fotovoltaicas) y de redes eléctricas, tanto de transporte como de distribución. Para ello se propugnan medidas como: cumplimiento estricto de los plazos de respuesta y autorización recogidos en la legislación y normativa de aplicación; silencio administrativo “positivo” en los casos de incumplimiento de dichos plazos; creación de ventanilla única (“one-stop-shop”); declaración de determinadas infraestructuras como de interés público prioritario (“overriding public interest”); implementación en las administraciones involucradas de sistemas digitales que faciliten la coordinación entre ellas y el intercambio de información y documentación, acelerando así los plazos de evaluación y tramitación de los expedientes.
- Incremento y aceleración (en el corto y medio plazo) de inversiones anticipatorias en las redes eléctricas, para hacer posible la evacuación y gestión de las energías renovables y la electrificación de los consumos. Para ello el marco regulatorio debe evolucionar para incentivar y reconocer adecuadamente las inversiones necesarias, tanto físicas como digitales.
- Incentivos a la digitalización de plantas e infraestructuras energética y a la compartición de los datos obtenidos para la

generación de valor a partir de los mismos, mediante la creación de entornos y plataformas digitales abiertas, basadas en arquitecturas que garanticen la “soberanía de los datos” aportados (privacidad y seguridad).

CONCLUSIÓN

La transición energética es el proceso de descarbonización de la economía que persigue reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas del consumo de energía en los distintos sectores, hasta alcanzar las “emisiones netas cero” en el horizonte 2050.

Para hacer posible esa transición energética será necesario un gran despliegue de inversiones en eficiencia energética y descarbonización de consumos, en generación de energía renovable y en infraestructuras eléctricas. Y estas inversiones a nivel global están ya generando importantes impactos económicos y sociales.

En este contexto, Euskadi cuenta con una gran fortaleza: una potente y competitiva industria energética con capacidad para generar riqueza y empleo de calidad en nuestro país. La transición energética está ofreciendo la oportunidad de reforzar y multiplicar esa capacidad, pero debemos apoyar a las empresas en los retos que afrontan para ello.

Es necesaria una actuación conjunta y coordinada de todos los agentes involucrados, una auténtica colaboración público-privada, para que los planes de transición energética incluyan estrategias ambiciosas de “Desarrollo tecnológico e industrial”, que utilicen las inversiones energéticas como una palanca y oportunidad para impulsar el crecimiento de las empresas de la industria energética. Estas estrategias deben incluir medidas de apoyo, tanto económicas como regulatorias, que permitan a las empresas captar en toda su dimensión los beneficios económicos y sociales para el territorio.

Con este objetivo, el Cluster de Energía del País Vasco constituye el punto de encuen-

tro y conexión de operadores energéticos, industria, centros de investigación, universidades y entidades públicas, para actuar como dinamizador de las actividades en colaboración necesarias de cara a explotar nuestras fortalezas y capturar los beneficios de la transición energética.

REFERENCIAS

COP28; IRENA; GRA. (2023): *Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial*

steps towards 1.5°C, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

European Climate investment deficit report: an investment pathway for Europe's future; Institute for Climate Economics (I4CE). Febrero 2024.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto demográfico (2020). Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC).

Cluster de Energía. (s.f.). EnergiBasque. Estrategia Tecnológica y de Desarrollo Industrial. Despliegue del área de Energía RIS3 Euskadi.

Cluster de Energía. (2024). El sector energético vasco en cifras. Cluster de Energía. <https://www.clusterenergia.com/cluster-en-cifras>

SOBRE EL AUTOR

José Ignacio Hormaeché es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (Universidad Politécnica de Madrid, 1986), y Máster en Dirección de Empresas (Universidad de Deusto, 1991). En la actualidad (desde 2013) es Director General de la Asociación Clúster de Energía del País Vasco, que agrupa más de 200 empresas y cuya misión es mejorar la competitividad de la industria energética a través de la colaboración en desarrollo tecnológico, internacionalización, talento y sostenibilidad. Anteriormente desempeñó los cargos de Director General del Ente Vasco de la Energía, la agencia energética del Gobierno Vasco (2006-2013) y Director de Operaciones de GAMESA EOLICA, empresa líder en diseño y fabricación de aerogeneradores (1998-2006).

EFFECTIVE INDUSTRIAL POLICIES TO TRANSFORM INDUSTRIES FACING NEGATIVE EXTERNALITIES

EMANUELE BRACCO

This paper provides a brief overview of the associated costs of negative externalities in the EU. It highlights which sectors should be politically prioritized to foster industry transformation and reduce external costs. Industrial policies in the form of command-and-control and market-based policies are compared to conclude which form of industrial policy is most beneficial to reduce negative externalities. Lessons are drawn from various industrial policy examples from the EU and the US. The EU should foster market-based policies to disincentivize harmful production and consumption. Revenues obtained should be re-invested into industry transformation to accelerate economic growth and reduce external costs.

The European Union is facing a dual challenge: lagging competitiveness and rising structural costs. While other major economies, most notably the United States and China, have responded to recent crises with assertive industrial strategies and substantial investment packages, the EU continues to struggle with weak growth dynamics and industrial inertia. Beneath this sluggish performance lies a less visible but economically decisive issue: the mounting burden of negative externalities. From climate damages to public health crises,

the EU economy is absorbing vast hidden costs that undermine productivity, divert resources from innovation, and strain the social contract.

This paper argues that effective industrial policy must confront these externalities directly, not as side effects to be corrected at the margins, but as central barriers to sustainable economic transformation. Negative externalities are no longer confined to narrow environmental or health policy silos; they are economic liabilities that prevent the emergence of competitive, future-ready industries.

The scale of these liabilities is striking. Climate-related damages alone amounted to an estimated €162 billion between 2021 and 2023. Smoking consumption leads to roughly 700,000 premature deaths per year within the EU, with economic costs of 4.6% of EU-27 GDP, amounting to €544 billion in 2009 (GHK, 2012). Applying the same proportion to today's GDP, this would equate to approximately €780 billion in 2024 (European Union, 2024). Alcohol-related health costs in high-income countries are estimated to cost some 2.6% of GDP (WHO, 2024a), while sugar-related diseases such as diabetes generate an annual burden of around €145 billion (IDF Europe, 2016). These figures do not merely represent moral or public health concerns; they signal a massive

misallocation of resources and a structural drag on economic renewal.

Addressing these externalities is not a constraint on growth but a condition for it. Public and private capital that is currently absorbed by health care costs, environmental remediation, and social welfare responses to preventable harm could be redirected toward innovation, clean technologies, and productive infrastructure. As former ECB President Mario Draghi has recently argued, the EU must mobilize up to €800 billion annually in public and private investment to secure its economic future. Dealing with negative externalities is a foundational step toward unlocking that scale of investment.

To do so effectively, policymakers must identify which sectors to prioritize and how. The answer lies in targeting those industries that simultaneously impose high external costs and offer credible paths to structural transformation. High-emission sectors such as energy, transport, and heavy industry are obvious candidates. But so too are consumer-facing sectors like tobacco, alcohol, and processed foods, where targeted interventions could yield outsized health and productivity gains.

This paper builds the case for industrial policies that directly tackle these burdens. It offers a framework for prioritizing sectors, compares the merits and limitations of market-based and command-and-control tools, and draws lessons from successful policy experiments in Europe and beyond. The goal is not simply to reduce harm but to convert that reduction into a catalyst for innovation, resilience, and long-term competitiveness.

This paper proceeds as follows. The initial epigraph called “Tools of industrial transformation: mandates and market mechanisms” elaborates on the two different ways of governmental interventions into the economy, a mandate-based “command and control” approach or an incentive-based “market approach”. The next epigraph, “Case studies of industrial policies in markets with negative externalities” provides four comprehensive case studies of measures taken to transform industries

with high external effects into flourishing and green sectors. Moreover, the following epigraph, “Rethinking pigouvian taxation” discusses potential improvements in the market-based approach of Pigouvian taxation. The last epigraph recommends policy responses. The article ends with conclusions.

TOOLS OF INDUSTRIAL TRANSFORMATION: MANDATES AND MARKET MECHANISMS

Europe’s weak economic performance has become a defining challenge for the continent. Since the financial crisis, the European Union has consistently underperformed relative to its global peers, not only in GDP growth terms, but also in investment levels, technological dynamism, and industrial renewal. While the United States has combined aggressive fiscal expansion with robust innovation ecosystems, and China has pursued a state-led industrial strategy on an unprecedented scale, the EU has remained constrained by fragmented governance, limited fiscal coordination, and cautious regulatory frameworks. As a result, Europe risks falling further behind in critical industrial sectors, from clean energy and digital technologies to health and mobility. The consequences are not merely financial: strategic dependencies, weakened productivity, and rising political fragmentation all stem from the inability to renew the industrial base.

Reversing this trend requires more than marginal policy adjustment. It demands a structural transformation of the EU’s industrial landscape: One that promotes innovation, attracts private investment, and addresses the growing drag of negative externalities. The EU currently remains heavily reliant on mature industries with low innovation intensity. These sectors are often shielded by legacy regulation and slow to adapt to technological disruption. At the same time, the EU’s dense regulatory environment, while designed to safeguard citizens and the environment, can suppress innovation by creating compliance burdens

that deter experimentation and reduce the payoff from investing in transformation.

Meanwhile, the costs of inaction are mounting. Climate-related damages between 2021 and 2023 alone have been estimated at €162 billion within the EU (European Environment Agency, 2024). Unhealthy consumption patterns, among others unhealthy diets, alcohol consumption, and smoking, contribute to substantial productivity losses and health care burdens, with estimated costs exceeding USD 8 trillion every year, according to the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO, 2024). These negative externalities do not simply affect well-being; they directly undermine the EU's capacity to invest in growth. Fiscal resources are consumed by health crises and environmental remediation. Innovation capital is diverted from high-potential sectors to managing preventable damage. Productivity is damaged by preventable illness, emissions, and infrastructure degradation. In this context, externalities are not merely social or environmental failures, they are economic constraints. In light of these negative externalities, industry transformation should focus on sectors with the largest greenhouse gas emissions and, in the realm of health issues, on the sectors that use alcohol and tobacco for their products.

If Europe is to regain its competitive edge, it must target these externalities not just with mitigation policies, but with transformative industrial strategies. Addressing harmful outputs must take place together with creating new, cleaner, and more productive industrial pathways. The most effective route forward is not to dismantle regulation, but to reshape it and to combine it with targeted public investment and innovation incentives. That means moving beyond reactive regulation and toward a forward-looking industrial policy that directly confronts the sources of long-term economic decline.

This paper contributes to that objective by first examining the policy instruments available to governments aiming to transform industries marked by high external costs. The next section outlines and compares market-based tools and command-and-control approaches, assessing their ability

to reduce externalities while encouraging innovation, and considering the trade-offs that shape their political and economic feasibility.

To effectively transform industries that generate significant negative externalities, policymakers can draw on two main categories of intervention: command-and-control regulation and market-based instruments. Both approaches aim to reduce harmful outputs and external effects while accelerating industrial transformation. However, the channel of impact is widely different: 'Command and control' measures use action-based policy interventions that shall regulate a certain behavior (Blackman et al., 2018). Examples are technology or carbon emission minimum or maximum levels that must not be crossed.

In contrast, market-based instruments are policy interventions targeting certain outcomes rather than actions. In the context of climate policies, market-based instruments may limit, for instance, the amount of carbon emissions (the outcome) but do not specify how this goal should be reached by firms and consumers (Blackman et al., 2018). There is evidence that market-based interventions are more efficient and that combinations of market and "command and control" mechanisms are worse as they negatively interact, i.e., interfere with each other (see, e.g., Tuladhar et al. 2014). Still, most states apply a mix of both types of measures. Hence, the current policy-making habits demand the designing of coherent combinations able to align incentives, create enforceable standards, and enable innovation.

Command-and-control regulation relies on direct mandates, for example, bans, emissions ceilings, minimum performance standards, or mandatory technology adoption. These instruments offer a high degree of regulatory certainty, making them particularly suitable for situations where time is short, the harms are clear, or market incentives are insufficient. In sectors like energy, transport, or construction, such regulations have played a key role in pushing out outdated technologies and raising the baseline of environmental and safety performance. The EU's fleet-wide carbon emis-

sion standards for vehicles, for instance, have significantly reduced average emissions across the bloc.

The appeal of command-and-control tools also lies in their visibility: they are easy to communicate and can create the political momentum needed to overcome resistance from entrenched industries. However, their limitations are equally clear. They can be rigid, reducing flexibility for firms to choose cost-effective compliance strategies. Poorly designed standards may lock in suboptimal technologies or discourage experimentation. Furthermore, administrative complexity and enforcement costs can be significant, particularly in fragmented regulatory environments like the EU.

Market-based instruments operate differently. They aim to internalize external costs by adjusting price signals and, as a result, incentivizing actors to change behavior in response to economic logic. Examples include Pigouvian taxes (on carbon, alcohol, or sugar), tradable permit systems (such as the EU Emissions Trading System), and innovation subsidies. When well-calibrated, these tools offer efficiency: they allow firms to find the most cost-effective path to compliance while encouraging ongoing improvement rather than mere rule-following.

Moreover, market-based approaches have the advantage of being dynamic: they reward frontrunners and penalize laggards, creating continuous pressure for technological upgrades. Importantly, they can also generate fiscal revenues that can be reinvested into innovation, infrastructure, or compensation for vulnerable groups. However, they are not without challenges. Setting the right price level is technically and politically difficult. Behavioral responses may be weak if prices are too low or elasticities too high. Moreover, such instruments can be regressive unless accompanied by redistribution or earmarked social investment.

Ultimately, both approaches are essential. Regulation provides the floor; market mechanisms shape the incentives above it. Transformation requires not only pushing harmful practices out of the market but

also creating the conditions under which new models can emerge and scale. Industrial policy must therefore work across both fronts: Setting clear boundaries for the status quo while opening space for the technologies and business models of the future.

The following section examines how this dual approach has worked in practice, drawing on case studies from Europe and beyond to extract lessons on effectiveness, efficiency, and political feasibility.

CASE STUDIES OF INDUSTRIAL POLICIES IN MARKETS WITH NEGATIVE EXTERNALITIES

While the theoretical toolbox for managing negative externalities is well developed, it is the practical application of policy that determines impact. The following case studies illustrate how industrial policy can be deployed, sometimes through taxation, sometimes through public investment, and often through a mix of both, to transform sectors burdened by externalities into drivers of sustainable growth.

The cases cover five distinct domains: transportation (Norway), energy production (Denmark), fossil fuel consumption (British Columbia), tobacco consumption (Sweden) and renewable energy manufacturing (Spain). Each demonstrates how governments can shape markets through fiscal incentives, regulation, or strategic investment, whether by shifting consumer behavior, crowding in private capital, or supporting domestic industry. At the same time, the cases reflect the tensions and trade-offs that arise between environmental goals and fiscal balance, between regulatory ambition and institutional adaptability, and between transformation and unintended consequences.

While the first four cases showcase successful trajectories of industrial transformation underpinned by coherent, evolving policy mixes, the fifth, Spain's solar feed-in tariff collapse, offers a critical counterpoint. It illustrates how 'command and control' policies (even if well-intentioned) can unravel in the absence of policy credibility,

adaptive design, and fiscal foresight when exposed to exogenous shocks and institutional weaknesses.

These examples offer more than isolated success stories or cautionary tales. Taken together, they show what it takes to make industrial policy work in complex, politically contested domains: alignment of fiscal tools and regulatory frameworks, clarity of purpose, long-term commitment, and a market-based policy architecture that aligns economic incentives with societal goals while remaining robust to shocks and course corrections.

Case Study 1: Norway's electric vehicle policy

Norway's success in promoting electric vehicles (EVs) is often viewed as a textbook case of regulatory ambition. It reflects a hybrid industrial policy, combining Pigouvian incentives with targeted non-price regulation. The Norwegian government levied high taxes on internal combustion engine (ICE) vehicles while offering full exemptions from VAT, registration fees, and road tolls for electric cars. These fiscal incentives were complemented by non-monetary advantages such as access to bus lanes and subsidized public charging infrastructure.

The results have been transformative: by 2024, nearly 89% of new car sales in Norway were fully electric, marking the highest EV penetration rate in the world (Adomaitis, 2025). The policy has not only reduced emissions but also catalyzed a shift in automotive manufacturing, distribution, and energy infrastructure. However, the strategy has come at a fiscal cost, with foregone tax revenue prompting recent revisions to the incentive structure (OECD, 2022)

EVs are exempt from import taxes and the 25% value-added tax (VAT), significantly reducing the purchase price compared to conventional vehicles. Furthermore, they benefit from half price for road tolls, ferry, and parking fees. Beyond fiscal incentives, the government spent the public budget on investments in nationwide charging in-

frastructure to alleviate range anxiety and support EV usage (OECD, 2022).

These regulatory measures have led to a dramatic increase in EV adoption. In 2024, 88.9% of new cars sold in Norway were fully electric, up from 82.4% in 2023, which already meant a lion's share of electric vehicles among all new-car sales. This shift has significantly reduced greenhouse gas emissions from the transportation sector and positioned Norway as a model for EV integration. While the policy has been successful in promoting EV adoption, it has also resulted in decreased tax revenues from vehicle sales. The government is now exploring adjustments to the incentive structure to balance environmental goals with fiscal sustainability (OECD, 2022).

Case Study 2: British Columbia's carbon tax

British Columbia (BC), Canada, implemented a revenue-neutral carbon tax in 2008, aiming to reduce greenhouse gas emissions through market-based mechanisms. The tax applies to the purchase and use of fossil fuels, effectively putting a price on carbon emissions. Beck and coauthors (2015) summarize the policy's key features as follows: Initially, the price per ton of carbon emission was set to CAD\$ 5, but steadily increased and reached an amount of CAD\$ 30 per ton in 2012. Important for consumers as well as producers is revenue neutrality. All revenues generated from the carbon tax are returned to residents and businesses through reductions in other taxes, such as personal and corporate income taxes. While some 60% went to business, the remaining 40% of the tax income was transferred back to private households.

By doing so, the Pigouvian carbon tax achieved two major goals. It did not only affect consumer behavior by channeling their consumption decision towards more eco-friendly options. It also financed a cut in corporate taxes, which made firms in British Columbia more competitive.

Despite the policy's effectiveness, public awareness of the tax rebates has been lim-

ited. Surveys indicate that many residents are unaware of the financial benefits they receive, which could undermine long-term support for the carbon tax (Mildenberger et al., 2022).

Case Study 3: Denmark's wind energy sector

Denmark's wind energy sector offers a textbook example of how consistent industrial policy, public-private collaboration, and long-term regulatory commitment can transform a domestic market into a global leader in clean technology. As an analysis of the UNFCCC Technology Executive Committee (2023) of the United Nations reports, the Danish government established a concerted initiative in response to the oil shocks of the 1970s. It began investing in renewable energy R&D, using revenue from newly introduced energy taxes to support early-stage innovation. From the outset, wind energy was treated not just as a climate policy tool, but as a strategic industrial opportunity.

Throughout the 1980s and 1990s, Denmark developed a dense ecosystem of supportive measures: feed-in tariffs that guaranteed stable revenues for wind producers, public funding for turbine technology development, and strong backing for local energy cooperatives. Importantly, national energy targets were translated into predictable policy frameworks that enabled both community investment and large-scale industrial coordination. The Technical University of Denmark played a central role in standardizing turbine technologies and advancing wind energy research while emerging firms benefited from export-oriented industrial policy and public support for offshore wind deployment.

The results have been transformative. By 2022, wind and solar accounted for nearly 60% of Denmark's electricity consumption, with wind alone providing over half of that sum. The country is now a world leader in wind turbine design and offshore wind development.

Denmark's success can be attributed to four key factors: a long-term industrial vision that outlasted electoral cycles; close coordination between government, research institutions, and industry; strong public buy-in through local ownership models; and continuous reinvestment in innovation (van Est, 2022). In contrast to more volatile policy regimes, Denmark's stable and strategic approach created the regulatory credibility needed to attract investment and build a globally competitive clean-tech sector.

Case Study 4: Sweden's strategy to mitigate smoking

Tobacco smoking represents a classic example of negative externalities, where the additional health and economic costs incurred by a minority of smokers are borne by society as a whole.

Although tobacco has long been one of the most heavily taxed commodities, dating back to 1790 in the United States (Lynch & Bonnie, 1994), it was not until the 1990s, with the emergence of the economics of tobacco, that cigarette taxation was explicitly framed as a Pigouvian tax (Reubi, 2013). Since then, global smoking prevalence has steadily decreased, suggesting some effectiveness of Pigouvian taxes on combustible tobacco (WHO, 2024).

However, smoking remains a major driver of preventable deaths worldwide, with approximately 700,000 annual fatalities in Europe alone. This indicates that traditional tobacco regulation, primarily through taxation, is insufficient to fully mitigate negative externalities and sustainably transform consumer behaviors and industry practices.

A fundamental limitation is the reality of consumer behavior: individuals have genuine needs and desires, including tobacco use and other leisure products. Incrementally increasing taxes to curb consumption can resemble a paternalistic, gradual, prohibition. However, this does not eliminate the underlying demand. Instead, it creates a demand vacuum frequently filled by il-

licit products, where state control is limited, and smoking prevalence may not sustainably decline.

In contrast, Sweden provides a successful alternative model. The country employs a differentiated taxation strategy that incentivizes smokers to abandon combustible cigarettes in favor of less harmful alternatives such as Snus, a smokeless tobacco product that provides nicotine without combustion-related harm and supports smoking cessation (PHAS, 2024a).

The outcomes of Sweden's approach are compelling. The country has achieved the lowest smoking rates in Europe, with daily smoking prevalence dropping to just 5.3% in 2024, approaching the smoke-free threshold of 5% (PHAS, 2024b).

Sweden's case demonstrates how Pigouvian taxes can be used to funnel demand and guide consumer preferences to ultimately transform the industry towards alternative, less damaging, products. This shift in demand, in turn, mandates an adaptation of the supply side.

Case Study 5: Spain's solar feed-in tariffs

Spain's early leadership in solar photovoltaic (PV) deployment stands as a cautionary tale of how industrial policy can backfire if not paired with fiscal discipline, adaptive design, and regulatory credibility. In the mid-2000s, the Spanish government introduced one of the world's most generous feed-in tariff (FIT) schemes to promote solar electricity. These tariffs guaranteed long-term, above-market prices for electricity generated from PV installations, offering investors both price certainty and low risk. The annual installed capacity notably increased in 2006 (103MW) and 2007 (544MW) and drastically surged to 2708 MW installed capacity in 2008. This was related to the generous subsidies but also resulted in a tariff deficit that grew relatively speaking by 50% from 2007 to 2008 and by some EUR 5 billion every year from 2007 to 2011 (Del Río & Mir-Artigues, 2014).

Yet this rapid growth revealed the fragility of command-and-control approaches when poorly calibrated. The FIT scheme operated through fixed administrative prices, rather than market-determined levels or responsive caps. Crucially, there were no dynamic adjustment mechanisms to moderate installation rates or align incentives with fiscal constraints. When the 2008 financial crisis triggered sharp budgetary contractions, the government retroactively abolished the fixed-guaranteed tariffs for existing installations, a move that shattered investor confidence (Castro-Rodríguez, F. & Miles-Touya, 2023).

This case illustrates a broader limitation of command-and-control industrial policies: while they can mobilize investment rapidly, they often lack the built-in flexibility to adjust to exogenous shocks or cost reductions. Fixed tariffs, like other rigid regulatory instruments, are vulnerable to over-compensation, boom-bust cycles, and political reversals. Without mechanisms for price discovery, automatic degeneration, or clear sunset clauses, such policies may inflate expectations that become politically unsustainable.

In Spain's case, the policy reversal not only undermined the domestic solar industry but also damaged the credibility of the broader clean energy transition. By contrast to market-based mechanisms like auctions or carbon pricing, which tend to evolve with market conditions, Spain's administratively set tariffs failed to adapt and ultimately collapsed under their own weight.

The lesson is clear: even well-intentioned interventions must be designed with policy durability in mind. Regulatory stability, adaptive design, and fiscal foresight are preconditions for effective, long-term industrial transformation.

Corollary

Taken together, these cases underscore a central lesson: successful industrial transformation is not the result of choosing the "right" instrument in abstract terms, but of tailoring interventions to context, comple-

menting fiscal tools with regulatory foresight, and maintaining public legitimacy over time.

Norway's EV strategy succeeded because Pigouvian logic was embedded in a broader industrial policy, namely one that coordinated public investment, infrastructure support, and social acceptance. British Columbia's carbon tax shows how market mechanisms can reduce emissions without harming competitiveness, provided revenues are transparently recycled. Denmark's wind sector demonstrates the power of stable, coordinated policy to create not only clean energy but competitive industrial ecosystems. Sweden has successfully transformed consumer preferences by nudging demand towards nicotine alternatives instead of prohibitively enforcing abstinence through taxation, thereby effectively mitigating negative externalities associated with smoking.

By contrast, Spain's solar FIT collapse reveals what happens when regulatory ambition is decoupled from institutional adaptability and fiscal planning. The policy succeeded in mobilizing investment at scale but failed to build the structures needed to sustain that investment over time. Its command-and-control logic, rooted in fixed administrative pricing, lacked mechanisms to moderate overshooting or adjust incentives dynamically. The result was a collapse in investor confidence and long-term damage, beyond the single case of the solar industry, to the credibility of Spain's commitment to intertemporally consistent economic policy.

None of these examples relied solely on textbook prescriptions. The successful cases worked because policymakers designed instruments with transformation in mind, adapted over time, and built coalitions across government, industry, and society. They recognized that effective industrial policy is less about ideological alignment, i.e., "market vs. state" and more about institutional design, timing, and credibility. Conversely, Spain's experience highlights the risks of rigidity, volatility, and political overreach when industrial policies are not equipped to evolve.

As the EU considers how to steer high-externality sectors through economic, technological, and environmental transitions, these lessons are essential: success depends not on policy orthodoxy, but on coherence, credibility, and commitment, i.e., qualities that must be built into policy architecture right from the beginning. Industrial policy should not just direct capital. It must also inspire confidence that the rules of the game will remain stable enough to justify long-term investment in transformation.

RETHINKING PIGOUVIAN TAXATION

Pigouvian taxes remain one of the most powerful tools for internalizing negative externalities. By raising the cost of harmful goods or activities, they reduce consumption and encourage the shift toward less damaging alternatives. However, to function as an effective instrument of industrial transformation, Pigouvian taxation must be designed and implemented not as a static price signal but as part of a dynamic policy pathway.

A common misconception is that taxation alone will eliminate demand for harmful goods. In reality, demand does not disappear. It can shift. Without the right framework designed to guide this shift, taxation may result in redirecting consumers toward more harmful alternatives. To avoid such outcomes, demand must be actively "funneled" toward more desirable substitutes, both through incentives and the creation of enabling infrastructure and proper regulation.

Moreover, Pigouvian taxation is often criticized for the difficulty of precisely quantifying the social cost of externalities. If the tax is set too low, it fails to alter behavior meaningfully; if too high, it may create excessive burdens or unintended spillovers. Thus, Pigouvian taxes should be understood as evolving instruments, not fixed solutions. They must be regularly reviewed and adjusted to reflect scientific understanding, technological development, and industrial readiness while providing predictability and planning security to affected sectors.

This allows firms time to adapt, reallocate capital, and invest in R&D, rather than simply absorbing the cost or passing it on.

Crucially, Pigouvian taxes are most effective when less harmful substitutes are available but not yet widely accepted. In these cases, taxes can play a dual role: discouraging harmful consumption and funding the transformation needed to scale alternatives. Revenues should be strategically recycled, e.g., into public research, innovation hubs, infrastructure investment, or consumer incentives for adopting cleaner technologies. British Columbia's carbon tax, which reinvests revenue into tax credits and clean energy projects, provides a successful example of how transparent recycling can build legitimacy and reinforce behavioral change (Beck et al., 2015).

Recent behavioral research further strengthens the case for such a dynamic design. Taxes do not merely shift consumption patterns. They can reshape consumer preferences over time through mechanisms such as path dependence, familiarity, and shifting social norms. Even when externally motivated initial behavioral changes often evolve into internalized habits, especially when supported by visible public investment and peer uptake. In Norway, this dynamic played out in the EV market. Although EVs initially faced resistance due to range limitations and weak infrastructure, targeted taxation of combustion vehicles, combined with incentives and infrastructure expansion, created a feedback loop that changed both the industry and consumer norms. Today, EVs dominate new car sales in Norway, with associated emissions falling sharply (Adomaitis, 2025; OECD, 2022).

To extend the impact of Pigouvian taxation across sectors, a more systematic, damage-based approach to tax design is needed. Currently, only a handful of industries are consistently targeted. Expanding this framework to other sectors with demonstrable externalities, based on a consistent assessment methodology, would enhance policy coherence and economic efficiency. Such a taxonomy would also enable prioritization, ensuring that industries with the

highest social costs and the clearest paths to transformation are addressed first.

Finally, Pigouvian taxation must be embedded in a regulatory environment conducive to innovation. Without adjustments to broader frameworks, such as the overly rigid application of the precautionary principle, firms may face contradictory signals: punished for current practices but unable to scale alternatives. A more flexible, innovation-enabling regulatory foundation is therefore a necessary complement to fiscal disincentives.

Altogether, Pigouvian taxes are not stand-alone solutions, but levers within a broader transformation strategy. Their success depends on how well they are coordinated with reinvestment mechanisms, regulatory adaptation, and the promotion of viable alternatives. Without such complementary measures, taxes risk being politically fragile, economically inefficient, and socially regressive. With them, however, they can unlock powerful dynamics of industrial change.

POLICY RECOMMENDATIONS

An industrial policy aimed at addressing negative externalities must go beyond singular instruments. While Pigouvian taxation remains a cornerstone in correcting harmful market signals, its impact depends on how it is embedded within a broader strategic framework. The following four policy levers – effectiveness, efficiency, feasibility, and regulatory reform – should guide the design and implementation of future initiatives.

Effectiveness: expanding Pigouvian taxation is essential but insufficient on its own. Experience across sectors and countries shows that taxes can alter relative prices but may fall short in the presence of administrative complexity, consumer resistance, or unintended behavioral responses (McMorran & Nellor, 1994; Heutel, 2020). To strengthen their transformative potential, Pigouvian instruments must be paired with targeted industrial policy tools, such as direct subsidies, innovation grants, R&D

support, and transition financing. These complementary measures can accelerate the development and adoption of cleaner technologies, reduce adjustment costs for firms, and support systemic change where price signals alone are too slow or politically constrained. The goal is not to replace taxes but to build a coordinated policy mix capable of achieving measurable reductions in externalities while fostering industrial renewal.

Efficiency: strategic reinvestment of Pigouvian tax revenues is critical to turning fiscal measures into engines of transformation. Rather than allowing revenues to disappear into general budgets, governments should earmark proceeds for innovation programs, clean infrastructure, technology deployment, and public goods that ease transition costs. This has both economic and political rationale. On the one hand, it increases the likelihood that taxed industries and consumers can shift toward sustainable substitutes. On the other, it enhances legitimacy and public buy-in, especially when the benefits are tangible and visible. Transparent recycling also mitigates regressivity and helps address concerns about equity, which are key barriers to lasting policy support (Lucas, 2024; McMorran & Nellor, 1994). At the same time, policy design must anticipate unintended consequences such as consumption leakage or substitution into illicit markets. Revenue recycling should therefore be conditioned on the availability and accessibility of viable alternatives, supported by accompanying regulation and market oversight.

Feasibility: the political sustainability of Pigouvian taxation hinges on more than economic theory. This policy instrument depends on how it is perceived and communicated. More broadly, policymakers must resist framing Pigouvian taxes as punitive measures. Instead, they should be cast as collective investments in shared infrastructure, industrial renewal, and long-term competitiveness (Lucas, 2024). Clear communication, accountability mechanisms, and demonstrable impacts are crucial to building enduring societal consensus.

Regulatory Reform: Finally, Pigouvian taxation must be accompanied by regulatory

frameworks that enable technological and industrial evolution. This requires moving away from rigid, overly risk-averse regulatory principles toward innovation-compatible governance. A key step is reassessing the application of the precautionary principle in sectors where emerging technologies offer the potential to reduce social costs. Where appropriate, flexible approaches such as performance standards, regulatory sandboxes, and outcome-based regulation can help lower barriers to entry and accelerate the adoption of alternatives (Heutel, 2020). Streamlined regulatory processes also help firms adapt to new price signals and reduce uncertainty for long-term investment. Without such reform, even well-designed taxes may fail to trigger systemic change, as innovation is stifled at the point of deployment.

In summary, Pigouvian taxation should be seen not as a one-fits-all tool, but as a foundational component within a broader industrial strategy. Effective policy design requires integrating fiscal instruments with targeted investment, strategic revenue use, and adaptive regulation. Only when these elements work in concert can the EU achieve the dual goal of reducing externalities and revitalizing its industrial base for long-term economic and environmental sustainability.

CONCLUSION

The European Union's path to renewed competitiveness and sustainable growth runs through the transformation of industries that currently generate high social and environmental costs. As this paper has shown, negative externalities, whether in the form of carbon emissions, public health burdens, or environmental degradation, are not merely policy failures but economic liabilities that divert resources away from innovation and productivity. Addressing them is not a constraint, but a prerequisite for a resilient industrial base.

Effective industrial policy must be designed with a major transformation in mind. This means combining Pigouvian taxation with complementary tools: targeted public in-

vestment, innovation incentives, and regulatory reform. Real-world examples, from Norway's electric vehicle rollout to Denmark's wind industry, British Columbia's carbon tax and Sweden's strategy to fight smoking demonstrate how aligned, credible, and adaptive strategies can unlock private investment, shift consumer behavior, and build globally competitive sectors.

The challenge for the EU is not to choose between regulation or markets, but to design policies that integrate both. Taxes must be smartly calibrated, revenues transparently recycled, and rules crafted to reduce uncertainty while enabling innovation. If coordinated well, these instruments can not only reduce harm but catalyze the kind of structural renewal that Europe urgently needs.

With rising global competition, limited fiscal space, and mounting external costs, the stakes are clear. Industrial policy, done right, offers Europe a lever not just to manage decline, but to drive future growth.

REFERENCES

- Adomaitis, Nerijus (2025), "In Norway, nearly all new cars sold in 2024 were fully electric," Reuters News, published 2 January, 2025, Available online: <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/norway-nearly-all-new-cars-sold-2024-were-fully-electric-2025-01-02/>
- Beck, Marisa, Nicholas Rivers, Randall Wigle and Hidemichi Yonezawa (2015), "Carbon tax and revenue recycling: Impacts on households in British Columbia," *Resource and Energy Economics* 41, pp. 40-69.
- Blackman, Allen, Zhengyan Li and Antung A. Liu (2018), "Efficacy of command-and-control and market-based environmental regulation in developing countries," *Annual Review of Resource Economics*, 10(1), 381-404.
- Castro-Rodríguez, Fidel and Daniel Miles-Touya, (2023), "Impact of Spanish renewable support scheme reforms on the revenues of photovoltaic power plants," *Utilities Policy* 80, Art. No. 101476.
- European Environment Agency (2024), "Economic losses from weather- and climate-related extremes in Europe," *Published 14 October 2024*, Available online: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/economic-losses-from-climate-related>
- European Union (2024), "Facts and Figures about the European Union," Available online: https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/facts-and-figures-european-union_en
- Del Río, Pablo and Pere Mir-Artigues (2014), "A cautionary tale: Spain's solar investment bubble," *International Institute for Sustainable Development (IISD)*, February 2014, Available as PDF: https://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/rens_ct_spain.pdf
- FAO (2024), "Unhealthy dietary patterns drive \$8 trillion in annual hidden costs of global agrifood systems," *Published 8/11/2024*, Available online: <https://www.fao.org/newsroom/detail/SOFA2024-8-trillion-in-annual-hidden-health-costs/en>
- GHK (2012), "A study on liability and the health costs of smoking," *DG SANCO (2008/C6/046)*, Updated Final Report, April 2012, Available as PDF: https://health.ec.europa.eu/document/download/106b28dd-9b55-4b27-bba0-e94b54a93e56_en
- Heutel, Garth (2020), "In defense of alternatives to pollution pricing," *Econfip Research Brief* May 2020.
- IDF Europe (2016), "IDF Europe position on added sugar," April 2016, *International Diabetes Federation Europe*, Available as PDF: https://www.eu-patient.eu/globalassets/library/publications/added-sugar-final_idf-europe-position.pdf
- Jolly, Suyash, Markus Steen, Teis Hansen and Samson Afewerki (2023), "Renewable energy and industrial development in pioneering and lagging regions: the offshore wind industry in southern Denmark and Normandy," *Oxford Open Energy* 2, Article No. oiad010.
- Kitzing, Lena, Catherina Mitchell and Poul Erik Mortorst (2012), "Renewable energy policies in Europe: Converging or diverging?" *Energy Policy* 51, pp. 192-201.
- Lucas, Gary (2024), "Shaping Preferences with Pigouvian Taxes," *NYU Journal of Legislation and Public Policy* 69.
- Lynch, Barbara S. and Richard J. Bonnie (Eds.), "Growing Up Tobacco Free: Preventing Nicotine Addiction in Children and Youths," *Committee on Preventing Nicotine Addiction in Children and Youths, Institute of Medicine (1994)*, Available as at: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/4757/growing-up-tobacco-free-preventing-nicotine-addiction-in-children-and>
- McMorrán, Ronald T. and David Nellor (1994), "Tax Policy and the Environment: Theory and Practice," *IMF Working Paper* No. 94/106. International Monetary Fund.
- Mildenberger, Matto, Erick Lachapelle, Kathryn Harrison and Isabelle Stadelmann-Steffen (2022), "Limited impacts of carbon tax rebate programmes on public support for carbon pricing," *Nature Climate Change* 12, pp. 141-147.
- OECD (2022), "Norway's evolving incentives for zero-emission vehicles," *Case Study of the OECD*. Available online: https://www.oecd.org/en/publications/ipac-policies-in-practice_22632907-en/norway-s-evolving-incentives-for-zero-emission-vehicles_22d2485b-en.html
- PHAS (2024a), "Towards a Smoke-Free Sweden," Available online: [ECONOMÍA INDUSTRIAL • 438 • 2025-IV](https://www.folkhalsomyndigheten.se/the-public-health-agency-of-sweden/living-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- conditions-and-lifestyle/andtg/tobacco/towards-a-smoke-free-sweden/
- PHAS (2024b), "Use of Tobacco and Nicotine Products," Available online: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/the-public-health-agency-of-sweden/living-conditions-and-lifestyle/andtg/tobacco/use-of-tobacco-and-nicotine-products/>
- Reubi, David (2013), "Health economists, tobacco control and international development: On the economisation of global health beyond neoliberal structural adjustment policies," *BioSocieties* 8, 205–228. Available as at: <https://doi.org/10.1057/biosoc.2013.3>
- Tuladhar, Sugandha D., Sebastian Mankowski and Paul Bernstein (2014), "Interaction effects of market-based and command-and-control policies," *The Energy Journal* 35(1_suppl), 61–88.
- UNFCCC Technology Executive Committee (2023), "Wind Energy in Denmark – Case study: Good practices and lessons learned on the setup and implementation of National Systems of Innovation," Available as PDF: <https://unfccc.int/ttclear/tec/NSI.html>
- van Est, Rinie (2022), "The Success of Danish Wind Energy Innovation Policy: Combining Visionary Politics and Pragmatic Policymaking," in Caroline de la Porte, and others (eds), *Successful Public Policy in the Nordic Countries: Cases, Lessons, Challenges*. Oxford University Press, Oxford (UK).
- WHO (2024a), "Cheers or tears? WHO playbook exposes alcohol's true cost to health," *World Health Organization (WHO) Europe Newsroom*, 8 November 2024.
- World Health Organization (2024b), "Tobacco use declines despite tobacco industry efforts to jeopardize progress." Available online: <https://www.who.int/news/item/16-01-2024-tobacco-use-declines-despite-tobacco-industry-efforts-to-jeopardize-progress>

ABOUT THE AUTHOR

Emanuele Bracco is an Italian economist specializing in political economy and public economics. He currently serves as an Associate Professor of Political Economy at the University of Verona. Before this, he held a position as Senior Lecturer at Lancaster University in the UK. Emanuele Bracco earned his PhD in Economics from the University of Warwick and also holds an MSc in Economics from the London School of Economics. His research interests encompass a range of topics within political economy, including fiscal federalism, the economic and political effects of immigration, and social capital. He has published on these subjects in peer-reviewed journals and contributes to public discourse through outlets such as Lavoce.info and Domani.

ESTRATEGIAS DE GESTIÓN PÚBLICA Y PRIVADA PARA MITIGAR LOS EFECTOS NEGATIVOS DEL TURISMO

LAURA VIDAL SERRANO
BEATRIZ NARBONA REINA
LUIS RUBIO ANDRADA

En las últimas décadas, el debate sobre los impactos del turismo ha adquirido creciente atención en la literatura científica, particularmente aquella vinculada con la sostenibilidad urbana, la gestión del territorio y la gobernanza local. Diversos estudios han señalado que el turismo, si bien genera oportunidades económicas, puede actuar como catalizador de desigualdades sociales, tensiones espaciales y procesos de degradación ambiental si no se planifica adecuadamente (Hall, 2011; Dredge & Jamal, 2015). El concepto de turismo sostenible, ampliamente promovido por organismos internacionales como la Organización Mundial del Turismo (UN Tourism), ha evolucionado desde una noción conservacionista hacia una visión más holística que integra principios de justicia social, resiliencia y participación ciudadana (UN Tourism, 2018; Gössling & Higham, 2021).

En contextos urbanos, el turismo ha mostrado especial capacidad para modificar usos del suelo, encarecer la vivienda, tensionar los servicios públicos y transformar la identidad de los barrios (Milano *et al.*, 2019). Frente a estas problemáticas, emergen modelos de gestión colaborativa que buscan reequilibrar las relaciones entre residentes,

turistas y agentes económicos mediante herramientas de gobernanza participativa, indicadores de impacto multidimensional y políticas redistributivas (Bramwell & Lane, 2011). En este sentido, el análisis del caso catalán resulta especialmente pertinente por su carácter pionero en la implementación de marcos normativos y estrategias territoriales orientadas a una gestión integrada del turismo.

La evolución del turismo en España ha estado marcada por un modelo intensivo, especialmente focalizado en segmentos de sol y playa, cuyo éxito económico ha sido indiscutible pero que ha generado, paralelamente, una serie de tensiones sociales, ecológicas y urbanas cada vez más visibles. En la actualidad, con una aportación al PIB superior al 13% y una empleabilidad significativa, el turismo se enfrenta a un escenario donde la sostenibilidad emerge no solo como exigencia normativa y discursiva, sino como condición sine qua non para su continuidad y aceptación social. Las externalidades negativas del turismo masivo, como la gentrificación, la turismofobia o la presión sobre infraestructuras y recursos naturales, demandan respuestas complejas y multisectoriales que trasciendan la lógica de crecimiento ilimitado.

El presente artículo parte de este diagnóstico para analizar las estrategias público-privadas implementadas en diferentes contextos regionales de España, con especial atención al caso catalán, donde se han articulado experiencias de gobernanza avanzada y gestión responsable en torno al turismo. La premisa fundamental es que el turismo, al ser un fenómeno transversal, exige un modelo de gestión igualmente transversal, donde confluyan las políticas urbanas, sociales, medioambientales y económicas. A través del estudio de casos como el Plan Estratégico de Turismo de Barcelona o las iniciativas lideradas por Hoteles Guitart, se pretende evidenciar cómo la colaboración entre administraciones, sector privado y sociedad civil puede constituir una herramienta eficaz para mitigar los impactos negativos del turismo.

En este marco, cobra relevancia el concepto de “turismo responsable”, entendido no como una alternativa marginal, sino como un modelo transformador capaz de reconfigurar las relaciones entre visitantes, residentes y territorio. Este nuevo paradigma se apoya en valores como la corresponsabilidad, la justicia espacial, la resiliencia ecológica y la inclusión social, y plantea interrogantes clave sobre la legitimidad de los usos turísticos del espacio urbano, la redistribución de beneficios y cargas del turismo, y el papel del Estado en la regulación y planificación del sector. El caso de Cataluña se erige así en laboratorio de políticas públicas y experimentaciones privadas, cuyo análisis permite proyectar lecciones aplicables a otros destinos en búsqueda de un equilibrio más justo entre economía, ecología y comunidad.

EFFECTOS NEGATIVOS DEL TURISMO EN ESPAÑA: CONTEXTO ACTUAL

El sector turismo, con una contribución superior al 13% del PIB y del empleo en España, enfrenta serios desafíos de sostenibilidad derivados de su rápido crecimiento (10,1% en 2024 respecto al año anterior (INE, 2025, 3 febrero)). Los impactos sociales y ecológicos han adquirido especial relevancia, manifestándose en fenómenos como la turismofobia, la gentrificación, el desperdi-

cio de recursos, la masificación, la proliferación de alojamientos ilegales y la crisis de vivienda. Este apartado analiza el contexto actual mediante la revisión de estudios académicos, noticias recientes y entrevistas con agentes del sector.

Zonas geográficas más tensionadas por los impactos negativos del turismo

Las tensiones más significativas se concentran en destinos insulares y grandes núcleos urbanos, donde el crecimiento turístico no ha sido acompañado de una gobernanza adecuada ni de políticas que equilibren el desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental y social:

- **Islas Canarias:** la crisis alcanzó su máxima expresión en mayo de 2025, cuando más de 23.000 personas protestaron contra la masificación turística, denunciando el encarecimiento de la vivienda, la presión sobre los recursos hídricos y la degradación ambiental (El País, 2025, 23 mayo). Aunque las fuentes hoteleras indican que el consumo de agua del turismo representa solo el 10% del total en Canarias y el 4% en España, reconocen la multiplicación descontrolada de plazas turísticas, especialmente en viviendas de uso turístico ilegales, que presiona infraestructuras públicas que no han crecido al mismo ritmo (CEHAT, 2024). En Tenerife, la escasez de viviendas asequibles ha obligado a trabajadores a vivir en condiciones precarias (El Confidencial, 2024, 17 julio).
- **Islas Baleares:** el fenómeno de “balearización” ha transformado el paisaje costero priorizando desarrollos turísticos sobre el entorno natural. Mallorca, con menos de un millón de habitantes, espera recibir 20 millones de visitantes en 2025, provocando aumentos en los precios inmobiliarios y pérdida de identidad local (Euronews, 2024, 12 julio). En Ibiza, la población residente se duplica en temporada alta, generando saturación en el “espacio físico” limitado. Sin embargo, el principal problema radica en la proliferación de oferta turística ilegal en edificios residenciales, considerada el “principal talón de Aquiles” que

merma el poder adquisitivo de trabajadores y dificulta la vida local.

- **Ciudades peninsulares:** Barcelona, Sevilla, Valencia y Madrid sufren los efectos del turismo masivo, especialmente por el auge de viviendas de uso turístico que desplaza a residentes de barrios tradicionales y encarece el mercado inmobiliario. En la Costa del Sol, el desarrollo urbanístico descontrolado ha ocupado masivamente el territorio, afectando ecosistemas y presionando infraestructuras locales. Madrid, pese a críticas por presión sobre centros de salud e infraestructuras, presenta un ratio de presión turística baja comparada con otras capitales europeas, y trabaja activamente en descentralizar el turismo para aliviar la presión en el centro.

Perspectiva académica sobre sostenibilidad ecológica y social actual del turismo en España

La investigación ofrece una visión crítica sobre las disrupciones sociales y la degradación ambiental generadas por prácticas turísticas no sostenibles en diversas regiones de España. En el ámbito social, el turismo ha producido tanto beneficios económicos como consecuencias negativas, entre ellas la turismofobia y la gentrificación. La turismofobia se define como una respuesta social frente a impactos percibidos como amenazas al bienestar local, y se manifiesta en actitudes contrarias al turismo masivo (Márquez & Gregori Signes, 2019). Por su parte, la gentrificación se interpreta como un proceso estructurado donde el turismo y las políticas urbanas tienen un papel central, más allá de la mera sustitución de residentes por nuevos habitantes con mayor poder adquisitivo (Hiernaux-Nicolas & González Gómez, 2014).

En centros históricos como Toledo, los residentes perciben que sus comunidades se transforman en escenarios turísticos, lo que genera una sensación de alienación. Aunque se reconoce el papel del turismo en la creación de empleo y en la dinamización económica, también se denuncia la mercantilización del patrimonio cultural y el

deterioro de las condiciones de vida debido al hacinamiento y al aumento de los costes (Escudero Gómez, 2019).

La calidad de vida en destinos saturados también se ve afectada por problemas como el ruido, la congestión del tráfico y el uso excesivo de infraestructuras públicas, lo que ha incrementado el malestar de la población local. En respuesta, algunos hoteles han comenzado a aplicar medidas de sostenibilidad ambiental para reducir su impacto y mejorar la convivencia, si bien estas prácticas siguen siendo limitadas y desigualmente aplicadas (Gil-Saura & Ruiz-Molina, 2018). Pese a la existencia de planes de sostenibilidad a nivel nacional y regional, su aplicación es fragmentaria y carece de mecanismos efectivos de coordinación intersectorial. La planificación territorial orientada a integrar el turismo en los objetivos de desarrollo sostenible suele mostrar debilidades institucionales que limitan su eficacia (Sotelo Pérez, 2023).

Desde el punto de vista ambiental, el turismo de masas en zonas costeras plantea serios desafíos. El modelo de “sol y playa”, altamente concentrado en el espacio y el tiempo, provoca saturación estacional, degradación de hábitats y un uso intensivo de recursos naturales durante los meses de verano, comprometiendo la viabilidad ecológica de estos ecosistemas (Santos-Lacueva *et al.*, 2017).

Asimismo, el sector turismo es responsable de una parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero en España, generando alrededor del 15% de las emisiones nacionales, a pesar de que su contribución al PIB (Cadarsó *et al.*, 2021). Este desajuste es especialmente notable en los sectores del transporte y el alojamiento, altamente dependientes de los combustibles fósiles. En particular, el funcionamiento de los hoteles representa una fuente importante de consumo energético, donde electricidad y combustibles fósiles suponen más del 75% de su huella de carbono. Este impacto es aún mayor en establecimientos de alta gama con baja ocupación (Puig *et al.*, 2017).

Por último, la estacionalidad agrava los problemas ambientales. En regiones como

Andalucía, los picos turísticos generan infraestructuras sobredimensionadas que permanecen infrautilizadas fuera de temporada, mientras que en temporada alta se produce una presión excesiva sobre los recursos, reduciendo así la eficiencia y sostenibilidad del modelo turístico (Martín *et al.*, 2014).

Percepción desde agentes públicos y del sector

Las entrevistas con agentes públicos del sector turismo de Cataluña, Baleares y Madrid, junto con asociaciones hoteleras y de alojamiento, proporcionan una visión práctica del contexto español. La situación se caracteriza por aspectos interrelacionados que constituyen una preocupación a medio plazo para los agentes públicos, ya que pueden dañar la imagen de los destinos turísticos.

Impacto social

El impacto social negativo se manifiesta principalmente a través de la masificación y saturación, especialmente en picos de temporada o zonas concentradas. La turismofobia, aunque basada en problemas reales, a veces se ve amplificada por medios y redes sociales o por comparaciones con años atípicos como 2021 post-COVID. Las manifestaciones en Canarias e Ibiza, aunque involucraron aproximadamente un millar de personas, preocuparon a la administración pública. Sin embargo, entre los manifestantes había intereses contrapuestos: algunos demandaban el fin del turismo, mientras otros, incluyendo propietarios de apartamentos turísticos irregulares, solicitaban mejoras de infraestructuras. Los principales problemas identificados son:

- Presión sobre infraestructuras públicas y servicios: La inversión pública no ha acompañado el crecimiento del sector, traduciéndose en largos tiempos de espera para servicios básicos o transporte. Los servicios públicos como centros de salud están calculados para la población censada, no para la población flotante que genera el turismo. En Ibiza, la

población residente se duplica en agosto (de 160.000 a 330-340.000 personas), ejerciendo presión considerable sobre servicios básicos. La lentitud administrativa para ejecutar inversiones en infraestructuras es vista como una “gran lacra” para el sector turismo.

- Crisis de vivienda para residentes y trabajadores: Este problema, especialmente acusado en destinos como Ibiza y Baleares, es considerado uno de las principales consecuencias negativas críticas del sector. La dificultad para encontrar alojamiento a precios asequibles obstaculiza la atracción y retención de personal, ya que las nóminas no compensan el alto coste de vida. El problema se relaciona directamente con la proliferación de oferta turística ilegal en edificios residenciales, que resta viviendas al mercado de alquiler residencial. Combatir esta ilegalidad es una lucha constante para las administraciones, que subrayan la necesidad de regulación europea para que las plataformas asuman responsabilidad solidaria.
- Sensación de “expulsión” y conflicto: La presión sobre servicios públicos y la dificultad de acceso a vivienda contribuyen a que los residentes sientan que son “expulsados” de su ciudad o que el turista les quita recursos o espacio.
- Percepción pública negativa y falta de comunicación: Existe una imagen muy negativa del sector turismo como explotador y sacrificado. La población desconoce las contribuciones sociales y sostenibles de la oferta reglada (pago de impuestos, compra local, generación de empleo, RSC, prácticas de sostenibilidad). Esta falta de comunicación permite que las noticias malas y “fake news” sobre efectos negativos se difundan sin relativizar ni contextualizar. La población a menudo desconoce el volumen de turismo ilegal y su papel en el problema de vivienda.

Impacto ecológico

Existe una percepción en el público de que el turismo es antiecológico, consume exce-

siva agua y energía, y genera desperdicio. Sin embargo, los datos del CEHAT (2024) contrarrestan esta percepción: el consumo de agua del turismo en Canarias es solo el 10% del total (4% en España). Los hoteles implementan medidas como reutilización de aguas para riego agrícola, paneles solares y control riguroso del desperdicio. En Madrid se aplican fondos europeos para transformación sostenible, incluyendo ejes de sostenibilidad y eficiencia energética.

Así, los hoteles son significativamente más responsables ecológicamente que la oferta ilegal, pero la falta de comunicación sobre estas buenas prácticas contribuye a que persista la percepción negativa.

Malestar comunitario y medios de comunicación

El malestar local existe y se manifiesta, principalmente vinculado a problemas concretos como presión sobre infraestructuras y crisis de vivienda. Sin embargo, este malestar podría no ser tan generalizado como se percibe, ya que en las manifestaciones había intereses contrapuestos, indicando que las quejas a veces son contra una “situación insostenible” general, no exclusivamente contra el turismo.

Los medios de comunicación amplifican el problema mediante “noticias bomba” y “fake news” que agrandan los problemas sin contrastar adecuadamente los datos. La imagen pública se forma a partir de imágenes impactantes televisivas y de redes sociales que sustituyen a la realidad. Esta cobertura sesgada contribuye a una imagen muy negativa del turismo, a pesar de las buenas condiciones laborales del sector reglado y las contribuciones positivas.

La razón principal por la que esta percepción negativa cala en la población es la incapacidad del sector turismo para comunicar adecuadamente sus bondades ecológicas, sociales, laborales y de apoyo comunitario, dejando un vacío llenado por narrativas negativas exageradas.

En conclusión, aunque el turismo mantiene su papel esencial en la economía española, sus consecuencias ecológicas

y sociales negativas representan desafíos significativos. Abordar estas problemáticas requiere un enfoque integral que incluya mejor planificación, implicación activa de distintos actores y mayor control regulador, garantizando un futuro más sostenible mediante la combinación de estrategias públicas y privadas.

BUENAS PRÁCTICAS EN LA GESTIÓN DEL TURISMO: ESTRATEGIAS PÚBLICAS Y PRIVADAS DE CATALUÑA

Esta sección desarrolla, a partir del marco de diagnóstico estratégico ilustrado en el Plan Estratégico de Turismo de Barcelona (2020), la propuesta de un modelo de gobernanza que articula medidas públicas y privadas para mitigar los impactos negativos del turismo en Cataluña. Se analizan las acciones de política pública –diseñadas para regular y gestionar el flujo turístico, fortalecer la cohesión social y proteger el patrimonio urbano– y, en paralelo, se exploran las iniciativas impulsadas por el sector privado, poniendo énfasis en ejemplos prácticos de buenas prácticas implementadas por entidades como Hoteles Guitart y la Fundación Guitart. La integración de estos elementos pretende proporcionar una visión global orientada a la conciliación entre el crecimiento económico del turismo y la preservación del bienestar social y ambiental.

Gobernanza pública en el contexto catalán

La gobernanza pública en el ámbito del turismo en Cataluña se basa en la premisa de que la gestión del destino no puede entenderse como una tarea meramente sectorial, sino que debe integrarse de manera transversal en la política de la ciudad y, en el caso catalán, en la coordinación con otros niveles institucionales. El Plan Estratégico de Turismo de Barcelona (2020), establece que la gestión turística es “inseparable de la ciudad” y subraya la importancia de una gobernanza participativa que invo-

lucre a diversos actores públicos, privados y sociales para definir políticas y estrategias comunes.

Entre las principales medidas adoptadas por la Administración catalana se encuentra el impulso a la creación de espacios de deliberación y coproducción de políticas, como el Consejo de Turismo y Ciudad, que permite articular las diversas demandas y perspectivas de vecinos, operadores turísticos y gestores públicos. Este órgano de coordinación es fundamental para abordar la problemática del turismo masivo, ya que facilita el intercambio de información y el consenso en torno a medidas regulatorias orientadas a mitigar impactos sociales y urbanos, tales como la sobrepresión en infraestructuras y la crisis de vivienda (Bacigalupo, 2024).

La estrategia de gobernanza se sustenta también en la integración de políticas sectoriales, donde la coordinación interinstitucional entre el Ayuntamiento de Barcelona, la Diputación y la Generalitat, junto con entidades clave como el Puerto, el Aeropuerto y organismos vinculados al turismo, resulta decisiva para lograr una respuesta coordinada en múltiples escalas geográficas. La actualización constante de los marcos normativos y la adaptación de instrumentos de planeamiento urbanístico –como la revisión de ordenanzas y mecanismos fiscales– se han configurado como medidas esenciales para evitar la especulación inmobiliaria y garantizar el acceso a la vivienda de la población residente (Plan Estratégico de Turismo de Barcelona, 2020).

Además, el uso de herramientas tecnológicas de inteligencia turística, basadas en big data y en el desarrollo de observatorios como el Observatorio de la Actividad Turística, ha permitido que la toma de decisiones se fundamente en datos abiertos y precisos. Estos instrumentos permiten monitorear en tiempo real los flujos de visitantes, ajustar la capacidad de carga de los distritos saturados y desarrollar planes de movilidad turística que reduzcan los impactos negativos sobre el transporte público y la infraestructura urbana. Por otro lado, el compromiso con la sostenibilidad se ve reforzado por la creación de esquemas de certificación propios, como Bios-

phere-Barcelona, que evalúan el retorno social y medioambiental de las actividades turísticas. Este sistema de certificación se erige, en el marco de la gobernanza pública, como una herramienta clave para distinguir y promover a aquellas empresas y gestiones que cumplen con criterios de turismo responsable, reafirmando la idea de que “lo que es bueno para el ciudadano es bueno para el turismo” (Plan Estratégico de Turismo de Barcelona, 2020).

La adaptación de los planes estratégicos a realidades emergentes –como la necesidad de regular plataformas de economía colaborativa y el control de viviendas de uso turístico ilegales– constituye parte integral de una política pública dinámica. En este sentido, el desarrollo del Plan de Acción Climática de Cataluña se integra como complemento necesario para reforzar las medidas de mitigación de la huella ecológica del turismo y promover la movilidad sostenible (Plan Estratégico de Turismo de Barcelona, 2020). Esta acción conjunta destaca la capacidad de respuesta de la Administración pública para abordar desafíos multifacéticos, desde la gestión de impactos ambientales hasta la promoción de la equidad social en entornos urbanos y periféricos.

“El turismo no lo es todo, pero todo es turismo.” Con esta frase, Marta Domènec, Directora General de Turismo de Cataluña, resume el enfoque integral que inspira la política turística de la comunidad. En una entrevista concedida a la Universidad Autónoma de Madrid, Domènec expuso con claridad los pilares de la nueva gobernanza pública: visión estratégica, participación social y liderazgo transversal.

Desde su llegada al cargo en 2021, Domènec ha impulsado un profundo proceso de transformación que culminó en el Compromiso Nacional por un Turismo Responsable, una hoja de ruta consensuada entre administración, sector privado, vecinos, sindicatos, académicos y profesionales del medioambiente. “Necesitábamos un modelo. No solo planes. Una visión de país a 20 años”, señaló. Este compromiso aborda cuatro grandes ejes: medioambiental, social, territorial e innovador. Entre sus 67 artículos, 23 están dedicados a la sostenibilidad ambiental, un reflejo del peso que

el entorno tiene en la estrategia catalana. Domènec insiste en que el sector debe reconocer sus externalidades y gestionarlas con responsabilidad. “El turismo ya no es solo una actividad económica. Es relación con el residente, es salud, es movilidad, es vivienda”.

Las medidas son concretas: auditorías hídricas en alojamientos, ayudas para eficiencia energética y gestión de residuos, formación en diversidad, accesibilidad y sostenibilidad. La Comisión Europea y la UN Tourism ya han reconocido este modelo como ejemplo internacional de buenas prácticas. “Si no tenemos una mirada de águila, holística, nos limitamos a dar tiros a perdigonazos”, advirtió Domènec. Para ella, el turismo requiere liderazgo, planificación y compromiso compartido, porque afecta –y se ve afectado– por todas las políticas públicas. “Hemos creado una Dirección General pulpo, con tentáculos en todo: educación, urbanismo, clima, territorio. Porque gobernar el turismo es gobernar el país”.

Gestión privada y casos de buenas prácticas

El sector privado, por su parte, juega un rol esencial en la mitigación de los efectos negativos del turismo. Las estrategias de gestión privada en Cataluña han evolucionado hacia modelos que combinan la responsabilidad social empresarial con prácticas de innovación en la prestación de servicios turísticos. Un ejemplo paradigmático lo constituyen las iniciativas implementadas por Hoteles Guitart y su Fundación, que han adoptado políticas integradas de sostenibilidad y cooperación con la Administración pública.

Estas instituciones han desarrollado programas de responsabilidad social empresarial que incluyen la promoción del comercio local, la integración de proveedores locales y la generación de espacios comunitarios para el debate social. “Trabajar en turismo es como ganar el triplete: ayudas a la sociedad, a la empresa y a la persona.” Así lo expresó Cristina Cabañas, presidenta de la Fundación Guitart y directora de Hoteles Guitart, durante una entrevista con la Uni-

versidad Autónoma de Madrid, en la que compartió su visión de una gestión hotelera con propósito, profundamente comprometida con la sostenibilidad social.

Cabañas defiende un modelo empresarial centrado en el orgullo de pertenencia, la inclusión y el impacto social real. “Hablamos mucho de sostenibilidad, pero hay que entenderla en sus tres dimensiones: medioambiental, económica y social. Y la ‘S’ de social es, para mí, la más transformadora”. Su grupo ha desarrollado, desde la Fundación Guitart, programas de formación e inserción laboral para jóvenes en riesgo de exclusión, personas con discapacidad psíquica o colectivos vulnerables. Estas iniciativas, realizadas en colaboración con Fundación Barça, Fundación Eurofirms y Fundación Aspronis, han permitido incorporar a más de 70 personas a la plantilla hotelera. “Algunos me paran por la calle y me dicen: ‘usted me cambió la vida’”, cuenta con emoción.

El impacto interno es igual de notable. “Cuando un trabajador ve que su compañero se ha formado con nosotros y hoy tiene un empleo estable, eso genera orgullo. Y fidelización”. Para Cabañas, el llamado salario emocional –acompañar al personal, adaptar horarios, escuchar sus necesidades– es una herramienta clave en la gestión del talento, especialmente entre las nuevas generaciones. “Ya no buscan solo un sueldo, buscan valores”. Además, la fundación canaliza ayuda directa a la comunidad: durante la pandemia distribuyeron 1.000 panes diarios y proporcionaron ordenadores y cobertura a escolares sin acceso digital. La transparencia y el contacto directo con los equipos son también parte de su liderazgo: “Cada año desayuno con todos los departamentos. Escuchar al que empuja el carro del comedor es tan importante como ver los informes de resultados”.

Frente a la turismofobia o los prejuicios hacia la industria, Cabañas es clara: “Los hoteles no somos el problema. Estamos haciendo las cosas bien, pero no lo estamos contando. Tenemos que salir y mostrarlo”. Su apuesta es clara: un turismo que genere riqueza, cohesión social y bienestar, con empresas que lideren con valores.

Cabe resaltar que la transformación hacia una gestión privada comprometida con la sostenibilidad no ocurre de forma aislada, sino que se sustenta en una estrecha relación con el entramado institucional y normativo de la región. Las experiencias acumuladas en la aplicación de medidas innovadoras y en la participación en proyectos colaborativos han permitido que los actores privados desarrollen competencias en áreas como la eficiencia energética, la gestión de residuos y la optimización de recursos hídricos. Estas experiencias son utilizadas no solo para mejorar la operatividad de sus establecimientos, sino también para colaborar en iniciativas conjuntas de generación y difusión de buenas prácticas en el sector turismo.

En conclusión, el caso de Cataluña demuestra que la mitigación de los efectos negativos del turismo requiere un abordaje integral que conjugue estrategias de gobernanza pública con iniciativas de gestión privada innovadoras, donde la participación, la transparencia y la responsabilidad compartida son elementos esenciales. La experiencia acumulada en la implementación de medidas como el Plan Estratégico de Turismo, el Plan de Acción Climática y las buenas prácticas asociadas a entidades privadas como Hoteles Guitart y la Fundación Guitart, configuran un modelo replicable y adaptable a distintos contextos, que puede servir de referencia para otros destinos en búsqueda de un turismo sostenible y respetuoso.

Este modelo de gobernanza y gestión integrada representa, en definitiva, un ejemplo de cómo la cooperación entre el sector público y el privado puede generar una respuesta efectiva a los desafíos del *overtourism*, permitiendo que la actividad turística se convierta en un motor de desarrollo inclusivo y en un factor que, lejos de deteriorar la calidad de vida, la potencie mediante la concienciación, la innovación y la corresponsabilidad social. La consolidación de estos enfoques implica, a su vez, la generación de una nueva narrativa de destino –una narrativa plural, inclusiva y sostenible– que articule los intereses económicos, sociales y ambientales y que, en definitiva, logre transformar el turismo en una fuerza

positiva para la ciudad y para toda Cataluña.

La experiencia y los resultados alcanzados hasta la fecha invitan a seguir apostando por la integración de políticas y por la innovación colaborativa como herramienta indispensable para afrontar los desafíos futuros. Con ello, se sientan las bases para una nueva era en la gestión turística, en la que la participación activa y la responsabilidad social conjunta permitan transformar el turismo en una potencia al servicio no solo del mercado, sino también del desarrollo social y del bienestar colectivo en Cataluña o en cualquier otro destino.

CONCLUSIONES

La gestión de los efectos negativos del turismo en España requiere un enfoque sistémico, capaz de integrar las múltiples dimensiones que configuran la experiencia turística y su impacto sobre los territorios. A partir del análisis de los casos documentados, puede afirmarse que la sostenibilidad turística no puede quedar relegada a meros códigos de buenas prácticas ni a declaraciones institucionales; requiere de planificación estratégica, coordinación intersectorial, compromiso político y liderazgo ético. La experiencia catalana, especialmente en Barcelona, demuestra que una gobernanza bien estructurada puede equilibrar intereses diversos mediante mecanismos de participación, observación permanente y adaptación normativa.

Uno de los hallazgos más significativos del estudio es el papel de las entidades privadas como agentes de cambio, capaces de incorporar valores sociales y medioambientales a su estrategia empresarial sin perder competitividad. Iniciativas como las de Hoteles Guitart muestran que la sostenibilidad no solo es compatible con la rentabilidad, sino que constituye una ventaja reputacional, una fuente de fidelización del talento y una herramienta de diferenciación en mercados saturados. Esta lógica empresarial se inscribe en una nueva ética del turismo donde la responsabilidad social no es una opción, sino un imperativo para la legitimación del sector.

Asimismo, se destaca la necesidad de repensar la narrativa pública en torno al turismo. La percepción negativa que la población tiene del sector (frecuentemente alimentada por los medios y por prácticas ilegales) puede revertirse mediante una comunicación más transparente, basada en datos verificables, y una mayor visibilidad de las buenas prácticas que ya existen. La creación de alianzas entre administraciones, universidades, medios de comunicación y sector privado es esencial para generar una narrativa alternativa que reconozca las contribuciones del turismo regulado y responsable al bienestar colectivo.

Finalmente, el estudio reafirma la urgencia de diseñar políticas turísticas que respondan no solo a la lógica del mercado, sino también a principios de equidad territorial, justicia social y sostenibilidad ambiental. La implementación de mecanismos de control, incentivos a la innovación sostenible y esquemas de certificación rigurosos debe complementarse con educación ciudadana y participación comunitaria. Solo así podrá construirse un modelo turístico resiliente, capaz de enfrentar las tensiones del presente y de proyectar un futuro donde el turismo sea un factor de cohesión, desarrollo y calidad de vida.

REFERENCIAS

- Ajuntament de Barcelona. (2016). Plan Estratégico de Turismo de Barcelona 2020: Diagnóstico estratégico. *Dirección de Turismo, Gerencia de Empresa y Turismo*. Retrieved from https://ajuntament.barcelona.cat/turisme/sites/default/files/diagnosi_estrategica_v_1_esp.pdf
- Bramwell, B., & Lane, B. (2011). Critical research on the governance of tourism and sustainability. *Journal of Sustainable Tourism*, 19(4-5), 411-421. <https://doi.org/10.1080/09669582.2011.580586>
- Bacigalupo, L. (2024). Modelo de gobernanza e innovación en el posicionamiento y promoción turística internacional de la Ciudad de Buenos Aires: Caso Visit Buenos Aires de la Ciudad de Buenos Aires. *Universidad de San Andrés*. Retrieved from <https://dspaceapi.live.udes.edu.ar/server/api/core/bitstreams/f6a91baf-a9ee-4a36-8937-f274d8360cb5/content>
- Cadarso, M.Á., Tobarra, M.Á., García-Alaminos, Á., Ortiz, M., Gómez, N., Zafrilla, J. (2022). The Input-Output Method for Calculating the Carbon Footprint of Tourism: An Application to the Spanish Tourism Industry. In J. Ren (Ed.) *Advances of Footprint Family for Sustainable Energy and Industrial Systems. Green Energy and Technology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76441-8_3
- CEHAT (2024). Indicadores de triple sostenibilidad de los hoteles españoles. *CEHAT, Estudios propios*. <https://cehat.com/wp-content/uploads/2024/11/Informe-CEHAT-Sostenibilidad-2024-digital.pdf>
- Dredge, D., & Jamal, T. (2015). Progress in tourism planning and policy: A post-structural perspective on knowledge production. *Tourism Management*, 51, 285-297. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.06.002>
- El Confidencial (2024, 14 julio). Turismofobia: ¿desde cuándo España tiene problemas con los visitantes? *El Confidencial, Últimas noticias*. https://www.elconfidencial.com/mundo/2024-07-14/turismofobia-cuando-espana-problemas-visitantes_3923932
- El País (2025, 23 mayo). Ofensiva frente a los abusos turísticos. *El País, Editorial*. https://elpais.com/opinion/2025-05-23/ofensiva-contra-los-abusos-turisticos.html#?prm=copy_link
- Escudero Gómez, L. A. (2019). Residents' Opinions and Perceptions of Tourism Development in the Historic City of Toledo, Spain. *Sustainability*, 11(14), artículo 3854. <https://doi.org/10.3390/su11143854>
- Euronews (2024, 12 julio). Turismo masificado en España: ¿Se hunden las Islas Baleares? *Euronews, Witness*. <https://es.euronews.com/embed/2573160>
- Gil-Saura, I., Ruiz-Molina, M.E. (2019). Sustainable Practices in Spanish Hotels: A Response to Concerns on Quality of Life in Highly Visited Tourism Areas. In A. M. Campón-Cerro, J. M. Hernández-Mogollón, & J. A. Folgado-Fernández. (Eds) *Best Practices in Hospitality and Tourism Marketing and Management. Applying Quality of Life Research*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91692-7_10
- Gössling, S., & Higham, J. (2021). The low-carbon imperative: Destination management under urgent climate change. *Journal of Travel Research*, 60(3), 646-655. <https://doi.org/10.1177/0047287520933679>
- Hall, C. M. (2011). Policy learning and policy failure in sustainable tourism governance: From first- and second-order to third-order change? *Journal of Sustainable Tourism*, 19(4-5), 649-671. <https://doi.org/10.1080/09669582.2011.555555>
- Hiernaux, Daniel, & González, Carmen Imelda. (2014). Turismo y gentrificación: pistas teóricas sobre una articulación. *Revista de geografía Norte Grande*, (58), 55-70. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022014000200004>
- INE (2025, 3 febrero). Estadística de movimientos turísticos en fronteras (FRONTUR). *INE, Nota de prensa*. <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/FRONTUR1224.pdf>
- Márquez, M. F., & Gregori Signes, C. (2019). La construcción discursiva del turismo en la prensa española (verano del 2017). *Revista de Lingüística y Lenguas Aplicadas*, 13, 195-224. <https://doi.org/10.14198/dissoc.13.2.2>
- Martín, J. M. M., Aguilera, J. D. D. J., & Moreno, V. M. (2014). Impacts of Seasonality on Environmental Sustainability in the Tourism Sector Based on Des-

- ination Type: An Application to Spain's Andalusia Region. *Tourism Economics*, 20(1), 123-142. <https://doi.org/10.5367/te.2013.0256>
- Milano, C., Cheer, J. M., & Novelli, M. (2019). Overtourism: A growing global challenge. *Tourism Planning & Development*, 16(4), 353-357. <https://doi.org/10.1080/21568316.2019.1599604>
- Puig, R., Kiliç, E., Navarro, A., Albertí, J., Chacón, L., & Fullana-I-Palmer, P. (2017). Inventory analysis and carbon footprint of coastland-hotel services: A Spanish case study. *The Science of the total environment*, 595, 244-254. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.245>
- Santos-Lacueva, R., & Clavé, S. A. (2017). Discontinuities and limitations of the most recent Spanish tourism plans related to the environmental sustainability of sun and sand tourism. *Cuadernos De Turismo*, 40, 727-730.
- Sotelo Pérez M. (2023). Tourism, sustainability and environment: a sociological approach to the tourism management of the geographical space and the territory in Spain. *Observatorio Medioambiental*, 26, 9-21. <https://doi.org/10.5209/obmd.93018>
- UN Tourism (2018). Tourism for Development – Volume I: Key Areas for Action. *World Tourism Organization*. <https://doi.org/10.18111/9789284419401>

SOBRE LOS AUTORES

Laura Vidal Serrano es profesora e investigadora en el departamento de Organización de Empresas de la Universidad Autónoma de Madrid. Graduada en Turismo, con un máster en Administración de Empresas y Doctora en Economía y Empresa por la misma Universidad. También cuenta con un máster en Turismo Sostenible y Tecnologías de la Información y la Comunicación por la UOC.

Beatriz Narbona Reina es profesora contratada doctora del departamento de Filología Inglesa de la Universidad Autónoma de Madrid, e investigadora en las áreas de gestión de personas y proyectos culturales para el sector turismo y de tecnologías para la educación. Es miembro de dos proyectos competitivos con los grupos de investigación GIDEST y TurUAM de la UAM.

Luis Rubio Andrada es profesor titular del Departamento de Economía Aplicada de la UAM, Delegado de la Decana para el Grado en Turismo y el Grado en Gestión Aeronáutica, Coordinador del Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Del Sector Turismo de la UAM y Presidente de la Comisión de Turismo de AECA.

AGUA DE MAR COMO FUENTE SOSTENIBLE DE AGUA Y RECURSOS ESTRATÉGICOS

VÍCTOR MONSALVO
JUAN ARÉVALO
JAVIER HERNÁNDEZ
ALEJANDRO CRUZ
YOLANDA BARAHONA
NAIARA HERNÁNDEZ

En la actualidad, más de 20.000 plantas desalinizadoras proporcionan un suministro de agua seguro para casi el 8% de la población mundial ubicada en los municipios costeros urbanos más áridos de Europa, África, Australia, América y el Medio y Lejano Oriente. Al igual que otras plantas de tratamiento de agua, las plantas de desalinización de agua de mar (EDAM) generan corrientes sin valor denominada concentrado o salmuera y que consiste en agua de mar concentrada a casi el doble de salinidad.

Las EDAM cuentan con sistemas integrales para monitorizar y prevenir impactos potenciales en los ecosistemas cercanos a las descargas de las EDAM durante todas las fases de diseño, implementación y operación. Se cuenta con una dilatada experiencia mundial de estudios de grandes proyectos de EDAM que permiten establecer estrategias para minimizar los impactos. Los métodos más utilizados para la gestión de concentrados de desalinización de agua de mar incluyen: descarga al océano a través de emisarios; y en EDAM de pequeño tamaño el concentrado puede reducirse mediante

un sistema de descarga cero para su gestión, trasladarse al sistema de alcantarillado cercano o su descarga subterránea a través de pozos y galerías. La última tendencia de la industria de la valorización de concentrados ha abierto la oportunidad de mejorar la sostenibilidad ambiental y económica de EDAM, ya que varios proyectos permiten vislumbrar las tendencias hacia su valorización.

El principal subproducto de las EDAM se conoce comúnmente como concentrado o salmuera. Contiene los compuestos disueltos presentes en el mar que son rechazados por las membranas de ósmosis inversa, utilizadas para obtener agua potable. El concentrado supone el 90-95% del volumen total de descarga de la EDAM. El resto es agua de retrolavado resultante de las limpiezas periódicas de los filtros de pretratamiento, que contiene partículas y otros compuestos retirados del agua de mar antes de su desalinización. Durante la limpieza periódica de los filtros de pretratamiento se genera agua de retrolavado, que contiene partículas y otros compuestos eliminados del agua de la fuente salina antes de la desalinización. El concentrado de las EDAM que utilizan tomas de agua en mar

abierto tiene el mismo color, olor, contenido de oxígeno y transparencia que el agua de mar de origen. Por lo tanto, la descarga de concentrado a las masas de agua no cambia sus características físicas ni tiene impacto estético en el medio acuático. El aspecto visual de la descarga de la EDAM es el mismo que el del agua de mar, es decir, el concentrado es transparente y claro y no tiene impacto estético en el medio ambiente.

Cabe destacar que los procesos de desalinización de última generación empleados en las EDAM modernas utilizan una cantidad muy limitada de productos químicos. Todos los productos químicos añadidos para mejorar la calidad del agua producida son de calidad alimentaria (aprobados para consumo humano), biodegradables y seleccionados específicamente para no causar ninguna toxicidad en la vida marina acuática. A menudo se agregan ácidos e inhibidores de incrustaciones al agua de la fuente de la planta de desalinización para facilitar el proceso de separación de sal. Por lo general, estos aditivos son rechazados por las membranas de ósmosis inversa y se recogen en el concentrado. Sin embargo, estos compuestos acondicionadores de agua de mar se utilizan en concentraciones muy bajas y su contenido no altera significativamente la calidad del agua y concentrado. Las implicaciones ambientales del uso de dichos aditivos se validan antes de su uso, y solo se aplican para el tratamiento del agua de mar los aditivos aprobados por las agencias reguladoras pertinentes y que han demostrado ser inocuos para el medio ambiente.

La industria de la desalinización a menudo se enfrenta a desafíos sobre el impacto potencial de las descargas de salmuera en el medio marino. Sin embargo, la industria de la desalinización y sus reguladores cuentan con sistemas y procedimientos integrales para predecir, monitorear y prevenir posibles impactos ambientales, desde la planificación hasta el diseño, la construcción y la operación.

VALORIZACIÓN DE CONCENTRADOS Y EXTRACCIÓN DE MINERALES

La valorización del concentrado de EDAM está atrayendo una atención significativa

como una fuente potencial de agua y materias primas valiosas, algunas de ellas críticas para el crecimiento industrial sostenible y la transición hacia modelos verdes y digitales. Para fortalecer las capacidades en Materias Primas Críticas (CRM, por sus siglas en inglés) en todas las etapas de la cadena de valor, la Unión Europea implementó la Ley Europea de Materias Primas Críticas. Dentro de este plan de acción, se ha identificado una lista de materias primas críticas con alta importancia económica y elevado riesgo de suministro, promoviendo a su vez la minería innovadora y reciclaje de recursos, en coherencia con el concepto de economía circular.

El aprovechamiento del concentrado de EDAM para la recuperación de compuestos de interés supone un avance hacia la transición a una economía de autosuficiencia para mejorar la resiliencia a largo plazo, generar oportunidades comerciales y económicas, y proporcionar beneficios ambientales y sociales. La Figura 1 muestra las materias primas críticas identificadas en la Unión Europea, indicando el riesgo del suministro, junto con las principales industrias. Los aspectos más relevantes en la estrategia para la comercialización de los elementos recuperados de concentrados de EDAM se resume en la Figura 2.

El concentrado puede utilizarse como fuente de minerales valiosos, como el calcio, el magnesio y el cloruro de sodio. Los elementos de tierras raras también se pueden extraer de la salmuera, incluyendo el litio, molibdeno, vanadio, rubidio, estroncio, etc. Sin embargo, la recuperación de estos elementos presentes en los concentrados de EDAM se enfrenta a varios desafíos adicionales: la presencia de iones que forman compuestos de baja solubilidad, lo que genera riesgo de incrustaciones en los sistemas de separación; la interferencia de otros componentes en la extracción de minerales; y la alta presión osmótica de la salmuera, que reduce la eficiencia de las membranas de separación por presión en concentraciones elevadas.

Las recientes tensiones en el mercado mundial de elementos de tierras raras han llevado la disponibilidad y el suministro de metales raros a la vanguardia del debate sobre la sostenibilidad y la agenda de inves-

FIGURA 1
PROYECTOS DE VALORIZACIÓN DE CONCENTRADOS DE EDAM EN EL MUNDO



Materials in red are critical raw materials. LREEs, HREEs and PGMs are groups of multiple raw materials.

Fuente: Bobba et al. (2020).

FIGURA 2
ESTRATEGIA PARA COMERCIALIZACIÓN DE ELEMENTOS RECUPERADOS EN
CONCENTRADOS DE EDAM



tigación. Estos metales se utilizan para fabricar componentes críticos de numerosos productos ampliamente utilizados, como ordenadores, aviones, automóviles, teléfonos, dispositivos para aprovechar fuentes de energía renovable y dispositivos biomédicos.

El magnesio es uno de los compuestos recuperables de los concentrados de EDAM. Las últimas tendencias tecnológicas muestran que el magnesio está reemplazando al aluminio en las industrias del automóvil, la informática y la telefonía móvil porque es más de un 30% más ligero y de durabilidad comparable. Si bien las fuentes mineras terrestres de magnesio del mundo son bastante limitadas, el concentrado de EDAM contiene varios órdenes de magnitud en cantidades mayores de magnesio que puede recuperarse a un costo de producción competitivo mediante concentración y extracción selectiva.

Existe una creciente conciencia de que el desarrollo y la implementación de tecnologías de energía limpia y productos, procesos e industrias manufactureras sostenibles del siglo XXI también requerirán grandes cantidades de metales críticos y elementos valiosos como el litio, el cesio, el cobalto, el germanio y el vanadio, todo ellos presentes

en los concentrados de EDAM, lo que supone una oportunidad de aprovecharlos para obtener productos tan valiosos.

En resumen, los sistemas de valorización se centran en la recuperación de minerales del concentrado de EDAM, independientemente de la calidad de la corriente líquida restante, con el fin de extraer uno o más minerales que tengan valor comercial y puedan generarse a un costo inferior o competitivo y puedan generarse a un costo inferior o competitivo al de su producción mediante la minería terrestre y/o la producción química comercial. La transformación de la desalinización en un recurso de agua dulce asequible eleva la desalinización de agua de mar a una fuente primaria en lugar de suplementaria de agua para la agricultura, el suministro de agua potable e industrial. Por lo tanto, la valorización del concentrado de EDAM abre un nuevo lugar para proporcionar un suministro de agua sostenible a largo plazo para el mundo en general, teniendo en cuenta que, para muchos minerales y metales estratégicos, su cantidad en el océano supera en varios órdenes las fuentes mineras terrestres conocidas.

Además, la valorización del concentrado de EDAM crea nuevas oportunidades de negocio para que la industria del agua

aproveche la demanda de nuevos equipos, instrumentación y tecnología necesarios para mantener y servir a la industria minera de salmuera. La última tendencia en la adecuación de algunas membranas utilizadas para la nanofiltración de concentrado de EDAM, es una clara indicación del reconocimiento de la industria de la desalinización de la importancia de la minería de salmuera como una nueva oportunidad de negocio.

Durante la última década se han llevado a cabo destacados esfuerzos para buscar soluciones que permitan reducir los residuos y recuperar los recursos presentes en el concentrado. Un elemento central es la implementación de modelos económicos circulares en torno a los subproductos susceptibles de recuperación en las EDAM. Sin embargo, la aplicación a gran escala de las tecnologías ZLD sigue siendo limitada, y las tecnologías ZLD convencionales se enfrentan a obstáculos económicos y energéticos para la extracción asequible de minerales comercialmente valiosos contenidos en el concentrado de EDAM. En la Figura 3 se muestran los proyectos más destacados en

el mundo para la valorización del concentrado de EDAM.

A continuación, se resumen las principales características de los proyectos más destacados de valorización de salmueras en el mundo.

ENOWA

- Complejo industrial con varias tecnologías de desalinización y extracción selectiva al norte de Duba y 13 km al sur del Neom (Arabia Saudita)
- Prevé una capacidad de producir hasta 1,5 millones de m³ al día de agua en 2030. El complejo también producirá un conjunto de productos minerales y químicos que se venderán en mercados nacionales e internacionales y ayudarán a compensar el costo del agua y minimizar los impactos ambientales adversos.
- Recuperación y extracción de: agua, NaCl, KCl, Br, MgCl₂, Mg(OH)₂, CaSO₄

FIGURA 3
PROYECTOS DE VALORIZACIÓN DE CONCENTRADOS DE EDAM EN EL MUNDO



- Tecnologías para la recuperación y extracción: Nanofiltración, concentrador (OARO), cristalizadores y planta producción de sal a vacío

Saline Water Conversion Corporation (SWCC)

- La SWCC cuenta con tecnología propia patentada de descarga cero de líquidos (ZLD), cuyo objetivo es extraer las sales y minerales valiosos del concentrado de EDAM y aumentar la recuperación de agua dulce hasta un 65 %. El objetivo es contribuir al desarrollo de la industria de acuerdo con la visión de los objetivos para el 2030.
- Se espera que la extracción de salmueras de desalación aporte 400 millones de dólares anuales al PIB saudí hasta 2030.
- SWCC ha firmado acuerdos con empresas locales e internacionales para convertir el concentrado en EDAM en productos químicos y sales útiles para las industrias saudíes, tales como agua, Mg, Br, K, Ca y NaCl.
- Tecnologías para la concentración, recuperación y extracción: nanofiltración, ósmosis inversa y concentradores.

HYREC

- Hyrec es un desarrollador, propietario y operador de EDAM, desalinización de alta recuperación y ZLD. Hyrec utiliza un proceso de ósmosis inversa asistida osmóticamente (OARO).
- El proceso OARO permite concentrar los sólidos disueltos hasta casi la saturación, lo que no sólo aumenta la tasa de recuperación de agua desalinizada, sino que también permite producir económicamente sales de gran pureza a partir de la salmuera concentrada.
- Hyrec-Maven: La primera planta OARO del mundo se está construyendo en Indonesia. La planta producirá 25.000 m³/día de agua desalinizada y 220.000 toneladas al año de sal marina de calidad

alimentaria. Hyrec comenzó a trabajar en este proyecto en 2018.

EDAS El Paso

- La empresa UpWell junto a la desalinizadora de agua superficial de El Paso ha instalado una planta para el desarrollo de procesamiento del concentrado, con el objetivo de:
- Recuperación de minerales proporcionando un ZLD (Zero liquid discarg). Compuestos recuperados: NaCl, CaSO₄, NaOH, K₂CO₃, Br, Mg. Rendimiento de producción de agua dulce próximo al 99 %.
- Preservar los recursos acuíferos finitos, produce agua de manera económica y con un bajo impacto en la huella de carbono.

Water and Added Value European (WAVE) Center

El Centro de innovación y desarrollo WAVE (figura 4) se ubica en el municipio de Adeje, en el suroeste de la isla de Tenerife, anexo a la EDAM de La Caleta. Canarias es un lugar estratégico para el desarrollo de soluciones innovadoras en torno a la desalinización, ya que posee un gran número de desaladoras y su climatología favorece el uso de energías renovables acoplados a los procesos de desalinización. Aqualia apuesta por la innovación y desarrollo del ciclo integral del agua para lo que ha construido, con la colaboración de Entemanser y el Ayuntamiento de Adeje, un centro de innovación de referencia denominado Centro WAVE (Water Added Value European Center). El centro cuenta con los recursos materiales y humanos necesarios para la realización de actividades destinadas tanto a la generación de conocimiento científico como a facilitar su desarrollo, transferencia y explotación.

El Centro WAVE, como ejemplo clave de la colaboración público-privada, es un centro abierto a todos los grupos de interés, en el que desarrollar de forma conjunta iniciativas. En el centro se propician colaboraciones de I+D+i con Universidades, Centros

FIGURA 4
CENTRO WAVE (WATER AND ADDED VALUE EUROPEAN CENTER) EN TENERIFE, ESPAÑA



Fuente: Aqualia

de Investigación, Organismos públicos y empresas privadas como un centro abierto en el que desarrollar actividades de forma conjunta y colaborativa.

El Centro está especialmente enfocado al desarrollo de iniciativas relativas, en un marco amplio, a sistemas de desalación de agua de mar, valorización del concentrado y acoplamiento con energías renovables. La configuración del Centro ofrece una plataforma flexible y multipropósito, fácilmente adaptable a las necesidades que van surgiendo y a las nuevas líneas de investigación que se pueden ir desarrollando, adaptándolos al contexto y a las nuevas situaciones que puedan acontecer en cualquiera de sus líneas de acción.

Las diversas instalaciones y el personal altamente cualificado del WAVE, proporcionan una infraestructura única para I+D+i, evaluación, demostración, formación y transferencia de tecnologías de desalinización. El centro cuenta con espacios comunes (oficinas, laboratorio, taller) y áreas dotadas de los servicios para la recepción y operación de tecnologías novedosas, con los siguientes objetivos:

- Promover la introducción en el mercado de tecnologías innovadoras de desalinización y valorización de salmueras.
- Contribuir a la sostenibilidad en un ciclo del agua integrado y circular.
- Contribuir a la conservación de las fuentes de agua y protección del medioambiente.
- Contribuir al desarrollo y competitividad del sector del agua local, regional y nacional
- Generar alianzas público-privadas para favorecer el impacto de las nuevas tecnologías.

La minería de salmuera convencional y los sistemas ZLD utilizan tecnologías basadas en la evaporación natural o térmica, como las balsas de evaporación y/o equipos mecánicos de evaporación térmica para concentrar la salmuera producida por las plantas de desalinización antes de que la salmuera concentrada sea procesada por cristalizadores térmicos. Estas soluciones son intensivas en energía por lo que son viables en geografías con precios de energía bajos. Por contra, en el caso de las balsas de evaporación de salmuera, las

sales mezcladas que cristalizan en el fondo de las balsas se recogen periódicamente. Dependiendo de las condiciones climáticas locales y las tasas de evaporación, la salmuera concentrada resultante puede necesitar cristalizarse mediante procesos térmico-mecánicos.

Uno de los sistemas con los que cuenta el Centro WAVE son balsas evaporativas, diseñadas como una serie de balsas de diferente profundidad y superficie que permiten separar selectivamente minerales de valor comercial. Estos sistemas se caracterizan por un bajo coste de inversión y operación. Sin embargo, son intensivos en espacio y han encontrado una aplicación limitada, principalmente para producir cloruro de sodio, además de minerales de calcio y magnesio. El control de la calidad de los minerales extraídos de los procesos de extracción de salmuera basados en balsas de evaporación es muy sencillo, pero está expuesto a las incertidumbres climáticas. Debido a las grandes necesidades de tierra de las balsas de evaporación solar y los altos costos de capital y energía extremadamente altos de los sistemas de evaporación térmica (generalmente de 4 a 6 veces más altos que los costos de la EDAM que genera el concentrado), su aplicación práctica, especialmente para proyectos de desalinización de agua de mar de tamaño medio y grande, ha sido muy limitada y principalmente impulsada por factores locales como las regulaciones de descarga.

Otra de las soluciones con gran interés comercial es el proceso de nanofiltración (NF). Este sistema avanzado de valorización del concentrado de EDAM separa en dos corrientes: por un lado, minerales monovalentes que se encuentran naturalmente en el agua de mar (dominada principalmente por cloruro de sodio); y por otro, minerales multivalentes (dominada principalmente por sulfato y cloruro de calcio y magnesio).

Esta separación del concentrado en dos corrientes utiliza membrana de NF diseñados específicamente para un rechazo de magnesio de más del 85% y para un bajo rechazo de minerales monovalentes (menos del 15%). Esta separación es importante para producir minerales y metales puros comer-

cialmente viables porque los iones multivalentes (como el calcio y el magnesio) en la corriente de elementos monovalentes se consideran impurezas en los productos de sal comerciales; y viceversa. Además, la corriente de monovalentes puede someterse a un sistema de ósmosis inversa de ultra alta presión (UHPRO, por sus siglas en inglés) para recuperar más agua dulce y concentrar los elementos monovalentes. De manera similar, la corriente de multivalentes se procesa en un clarificador para la precipitación de sales de interés de calcio y magnesio

Los elementos de ósmosis inversa convencionales tienen una sola función: separar el agua dulce de la salmuera. El sistema de valorización de salmuera con elementos de ósmosis inversa selectivos de minerales combina tres funciones: (1) producción de agua dulce; (2) separación y recuperación de minerales específicos, y (3) concentración de los minerales recuperados.

Las membranas de ósmosis inversa selectiva son de tamaño estándar y se pueden aplicar directamente en las EDAM existentes basadas en ósmosis inversa, una característica que facilitaría su adopción en toda la industria a un ritmo acelerado. Los elementos de ósmosis inversa selectiva operan dentro de las mismas presiones de alimentación y flujo que los elementos EDAM con ósmosis inversa estándar y, por lo tanto, la recolección de minerales se completa a una demanda de energía un orden de magnitud menor en comparación con los sistemas de minería de salmuera convencionales (basados en división monovalente-polivalente). El uso de esta nueva generación de sistemas de minería de salmuera permite evitar la necesidad de separación de salmuera monovalente y polivalente y costosos métodos de precipitación química para la recolección de minerales de magnesio y calcio.

Un beneficio importante es que minimiza significativamente el uso de procesos químicos para la extracción de minerales: dichos procesos son reemplazados por sistemas selectivos basados en membranas que utilizan menos de productos químicos y energía.

DESALACIÓN Y GASTRONOMÍA: UN MARIDAJE INESPERADO

Al igual que las depuradoras de aguas residuales se están convirtiendo paulatinamente en estaciones circulares o ecofactorías, capaces de extraer de los procesos de depuración agua regenerada, energía y recursos aprovechables para destinarlos a usos agrícolas o industriales, también las desaladoras pueden hacer lo propio. El departamento de Innovación y Tecnología de Aqualia ha desarrollado esta línea de trabajo en los últimos cuatro años. Hasta ahora, se ha resuelto exitosamente devolver al mar el concentrado de las desaladoras con garantías para no generar un impacto negativo en el medioambiente. Sin embargo, no se extrae el verdadero valor de esta corriente.

El valor de esa concentración es tal que puede dar origen a un componente que prácticamente toda la población, en menor o mayor medida, consume a diario: la sal de cocina. "Alma de Mar", es una línea de sales de mesa *gourmet* creada por Aqualia. Combinando procesos tradicionales e innovadores se obtiene esta sal de alta pureza, gracias a que el propio proceso de la EDAM elimina impurezas del agua de mar, a la que se le han añadido ocho sabores distintos para coronar el producto con un toque *gourmet*.

A diferencia de los procesos más intensivos, Alma de Mar se obtiene mediante un proceso sostenible que utiliza exclusivamente energía del sol y del viento, y que combina el sistema tradicional de extracción de salmuera a partir de agua de mar con las nuevas tecnologías. El proceso productivo es más eficiente y requiere menos espacio porque, gracias a la sinergia con la EDAM, partimos de una concentración de sales superior a la del agua de mar. Dependiendo de las condiciones climáticas (sol y viento, fundamentalmente), adaptamos el proceso para maximizar la recuperación de sal y garantizar su pureza". Y de ahí salen los diferentes destinos de la sal resultante: industrial o alimentario (https://www.youtube.com/watch?v=krqt6B8m_A0&t=23s).

La marca "Alma de Mar" está registrada en 38 países, cumpliendo con la normativa técnico-sanitaria para su uso culinario. El producto es un ejemplo de hasta qué punto se pueden reaprovechar los recursos de los procesos del ciclo del agua. En línea con la Ley Europea de Materias primas críticas pretende garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales para la industria europea y reducir la dependencia con respecto a las importaciones, la recuperación de estos compuestos presentes en el concentrado de las EDAM supone una oportunidad.

SEA4VALUE: RECUPERACIÓN DE MATERIAS PRIMAS CRÍTICAS

Este proyecto ha supuesto un avance destacado en el desarrollo de tecnologías de próxima generación (incluidos los procesos avanzados de concentración y cristalización y los procesos de separación altamente selectivos) para la recuperación de Mg, B, Sc, In, V, Ga, Li, Rb, Mo (ver Figura 5). Ha sentado las bases para su futura asimilación en las EDAM ya existentes y futuras.

La Comisión Europea es muy consciente de la importancia económica y el riesgo de suministro de las materias primas críticas, y por ello activó el proyecto SEA4VALUE, reuniendo un consorcio industrial y de usuarios que representan a toda la cadena de valor (desde el operador de infraestructura de agua hasta la industria de procesamiento) para avanzar en las estrategias de economía circular en torno a la recuperación de materias primas críticas. Ver figura 5.

Los minerales industriales, las materias primas específicas y las materias primas críticas tienen una importancia estratégica para la economía europea y mundial. Son cruciales para los productos de alta tecnología (por ejemplo, teléfonos inteligentes, industria aeroespacial, industria química, energías renovables, equipos médicos, etc.) utilizados en la vida cotidiana y las tecnologías modernas. El acceso sostenible, fiable y sin trabas a las materias primas críticas es una preocupación creciente en la UE y en todo el mundo. Para ello, se ha generado una plataforma

en línea de libre acceso para proporcionar información sobre la composición del concentrado de EDAM en 34 países (www.sea4value.eu). Esta base de datos permite a los operadores y diseñadores identificar las ubicaciones geográficas óptimas para maximizar la recuperación de metales y minerales de la salmuera.

SEA4VALUE ha trabajado en el desarrollo de nuevas membranas selectivas; la producción de nuevos adsorbentes selectivos impresos en 3D; la aplicación de soluciones metalúrgicas avanzadas, como la solvo-metalurgia, los líquidos iónicos y las membranas líquidas soportadas; la mejora de la cristalización de las membranas; y el desarrollo de materiales compuestos poliméricos térmicamente conductores para los intercambiadores de calor que se utilizarán en la destilación multiefecto, al tiempo que se genera confianza para la adopción en el mercado de los elementos recuperados y, por lo tanto, facilitando la llegada al mercado y la aceptación del concentrado de EDAM como nueva fuente de materias primas.

La recuperación de valiosos metales y minerales menores y traza para fines comerciales a partir de concentrado de EDAM es una fuente potencial innovadora de recursos que ha estado aumentando el interés en los últimos años. Los principales benefi-

cios son claros: recuperar metales y minerales valiosos que pueden ser reintroducidos en la fabricación y el procesamiento industrial; reducir el impacto ambiental debido a la disminución del vertido de salmuera; disminuir el costo de capital y gastos operativos (CAPEX y OPEX) de las plantas operativas. SEA4VALUE ha determinado que, teniendo en cuenta el riesgo de suministro, la importancia económica, la concentración y el valor de mercado, la recuperación de materias primas críticas, es decir, boro (B), magnesio (Mg), escandio (Sc), vanadio (V), indio (In) y galio (Ga), y otros elementos no relacionados con el CRM pero aún estratégicos como el litio (Li), el molibdeno (Mo) y el rubidio (Rb), debe convertirse en una prioridad para la industria.

El desafío de extraer materias primas críticas presentes en muy baja concentración en el agua de mar radica en:

- las enormes cantidades de agua que deben procesarse y eliminarse, lo que requiere infraestructura de captación y descarga y cantidades masivas de energía (ver figura 6);
- la preparación de metales y minerales de grado básico a partir de matrices complejas, como las salmueras de agua de mar, requiere una nueva generación completa de tecnologías de separación

FIGURA 5
ELEMENTOS CRÍTICOS Y ESTRATÉGICOS OBJETO DE RECUPERACIÓN EN CONCENTRADO DE EDAM EN EL PROYECTO SEA4VALUE



FIGURA 6
DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO E IMPACTO ESPERADO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES ESTUDIADAS EN EL PROYECTO SEA4VALUE



capaces de recuperar selectivamente los elementos objetivo, lo que ha demostrado ser técnica y rentablemente inviable con las tecnologías de separación actuales;

- la necesidad de desarrollar procesos y tecnologías flexibles capaces de trabajar sinérgicamente para recuperar diferentes elementos en un mismo proceso integrado, aumentando la viabilidad económica y ambiental.

A continuación, se describen las diez tecnologías novedosas estudiadas en SEA4VALUE operadas con el concentrado de EDAM en el Centro WAVE (ver figura 7):

- Membranas de nanofiltración para la separación de iones monovalentes y multivalentes
- Destilación multiefecto avanzada
- Cristalización avanzada de membranas
- Membranas de inclusión de polímeros selectivos de iones
- Electrodialisis con membranas bipolares
- Módulos de adsorción impresos en 3D
- Extracción con disolventes líquidos iónicos

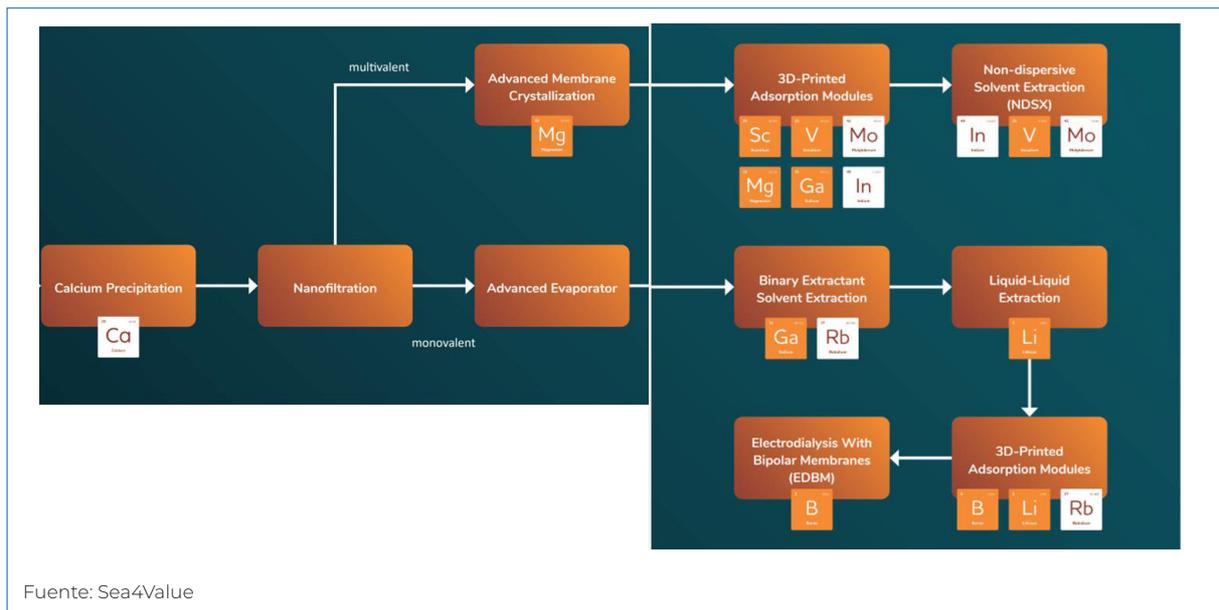
- Extracción con disolventes de extractor binario
- Extracción sinérgica con disolventes combinada con solvometalurgia
- Extracción con disolventes no dispersivos

La validación de estas tecnologías se ha llevado a cabo en el Centro WAVE, donde los procesos descritos se han testado trabajando con concentrado de EDAM. Se han estudiado y optimizado para extraer los elementos diana, que a su vez han sido validados en términos de producción y pureza, además de su aceptabilidad en el mercado de las nuevas fuentes de materiales y viabilidad económica.

CONCLUSIONES

La desalinización supone una herramienta estratégica frente a los riesgos del cambio climático relacionados con la sequía. Se espera que los recientes cambios en la industria de la desalinización permitan avanzar hacia soluciones tecnológicas sin productos químicos y la recuperación de minerales valiosos y metales raros presentes en el concentrado de desaladoras de agua de mar (EDAM), lo que transformará la desalinización en una de las alternativas de su-

FIGURA 7
TECNOLOGÍAS Y ELEMENTOS RECUPERADOS EN EL PROYECTO SEA4VALUE



ministro de agua más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente del siglo XXI, además de una fuente de materias primas críticas.

El papel de la Unión Europea en la promoción de la valorización de concentrados de EDAM a través de la Ley Europea de Materias Primas Críticas demuestra un compromiso firme con la sostenibilidad y la seguridad en el suministro de materiales estratégicos. La extracción de minerales del concentrado de desaladoras de agua de mar no sólo crea la oportunidad de aprovechar el océano para obtener recursos valiosos, sino que también resuelve el problema de la escasez de fuentes terrestres naturales (minas) para ciertos minerales de alto valor económico y estratégico y abre un nuevo lugar para el crecimiento industrial sostenible de muchas geografías. Por lo tanto, la minería de concentrado de desaladoras abre un nuevo lugar para la desalinización sostenible y asequible y es la clave para aprovechar la fuente de agua más abundante del planeta.

A través de tecnologías avanzadas de membranas y procesos híbridos, es posible recuperar materiales críticos y esenciales para la transición industrial verde y digital. Este enfoque no solo permite mejorar la eficiencia

en el uso del agua y los minerales, sino que también reduce los impactos ambientales asociados a la minería convencional. La integración de estos avances tecnológicos dentro de los principios de economía circular facilitará el crecimiento económico, generará nuevos mercados y contribuirá a la reducción del impacto ambiental de otros procesos de minería convencional.

Los desafíos técnicos en la recuperación de minerales de salmueras incluyen la presencia de interferencias químicas y la baja concentración de algunos elementos que dificulta los procesos tradicionales de separación. Sin embargo, el uso de nuevas tecnologías ofrece soluciones prometedoras. A pesar de que aún son escasos los proyectos de valorización del concentrado en EDAM, existen ejemplos pioneros en los que poder validar las soluciones tecnológicas y sobre los que generar nuevas oportunidades de mercado en torno a los elementos recuperados.

REFERENCIAS

- Bobba et al (2020). Critical raw materials for strategic technologies and sector in the EU. file:///C:/Users/MONSALVOV559/Downloads/critical%20raw%20materials%20for%20strategic%20technologies-ET0420034ENN.pdf

Mori, M.; Stropnik, R.; Sekavčnik, M.; Lotrič, A. (2021). Criticality and Life-Cycle Assessment of Materials Used in Fuel-Cell and Hydrogen Technologies. *Sustainability*, 13, 3565. <https://doi.org/10.3390/su13063565>

Loganathan, P., Naidu, G., & Vigneswaran, S. (2017). Extracción de minerales valiosos a partir de agua de

mar: una revisión crítica. *Ciencias Ambientales: Investigación y Tecnología del Agua*, 3(1), 37-53.

Aconsejable: el costo de la desalinización (<https://www.advisian.com/en/global-perspectives/the-cost-of-desalination>).

SOBRE LOS AUTORES

Víctor Monsalvo es Responsable del Área de Ecoeficiencia en Aqualia. Preside el Comité de I+D de la IDRA y es miembro del Water Positive Think Tank y Foro de Expertos de Economía Circular de Castilla La-Mancha. Víctor es Doctor en Ing. Química. Ha desarrollado más de 50 proyectos de innovación, editor de 4 libros, coautor de 3 capítulos, 8 patentes, 1 modelo de utilidad, más de 110 comunicaciones y galardonado con 7 reconocimientos.

Juan Arévalo es Jefe de Proyectos en el Departamento de Innovación y Tecnología de Aqualia. Licenciado en Ciencias Ambientales, y Doctor en Ingeniería Ambiental por la Universidad de Granada. Cuenta con 20 años de experiencia en la industria trabajando en el sector de la innovación aplicado al agua.

Javier Hernández es Graduado en Química por la Universidad de La Laguna. Actualmente trabaja como Técnico de I+D en el Área de Ecoeficiencia del Dpto. De innovación y Tecnología en Aqualia, implicado en los estudios de postratamiento de agua y valorización de salmuera.

Alejandro Cruz integrado en el equipo del Departamento de Sistema de Gestión corporativo de Aqualia para asegurar su despliegue y mejora en la compañía. Es licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid y máster post-grado en gestión ambiental empresarial por la Escuela Superior de Eindhoven (Países Bajos). Es además profesor en diversas Escuelas de Negocio.

Yolanda Barahona es jefa del departamento de Sostenibilidad en Aqualia. Licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales ha dedicado los últimos 27 años de su carrera a Aqualia ocupando diversas posiciones, obteniendo una visión integral de las operaciones de la compañía.

Naiara Hernández es licenciada en Química, tiene un máster en Electroquímica y es doctora en Tecnologías Electroquímicas por la Universidad de Alicante. Actualmente trabaja como jefa de proyectos de I+D en el Área de Ecoeficiencia del Dpto. de Innovación y Tecnología en Aqualia.

ECONOMÍA INDUSTRIAL
ISSN 0422-2784

SUSCRIPCIÓN ANUAL

ECONOMÍA INDUSTRIAL (4 NÚMEROS AL AÑO)			
	ESPAÑA 1 año	EUROPA 1 año	RESTO DEL MUNDO 1 año
SUSCRIPCIÓN	40,00 €	40,00 €	40,00 €
Gastos de envío en España	3,60 €	5,24 €	6,68 €
Mas 4% de IVA Excepto Canarias, Ceuta y Melilla	1,74 €		
TOTAL	45,34 €	45,24 €	46,68 €

EJEMPLARES SUELTOS

ECONOMÍA INDUSTRIAL			
	ESPAÑA 1 ejemplar	EUROPA 1 ejemplar	RESTO DEL MUNDO 1 ejemplar
NÚMERO SUELTO	15,00 €	15,00 €	15,00 €
Gastos de envío en España	0,90 €	1,31 €	1,67 €
Mas 4% de IVA Excepto Canarias, Ceuta y Melilla	0,64 €		
TOTAL	16,54 €	16,31 €	16,67 €

Suscripciones y venta de ejemplares sueltos

Ministerio de Industria y Turismo. Centro de Publicaciones.

C/ Panamá, 1. Planta 0, despacho 11.

Teléfonos: 91 349 43 66 (suscripciones y ventas)

Correo electrónico: CentroPublicaciones@mintur.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES
CENTRO DE PUBLICACIONES

BUILDING CAPACITY FOR NET ZERO TRANSITION THROUGH A PLACE-BASED APPROACH TO BUSINESS SUPPORT ECO-SYSTEM

POLINA BARANOVA

NICOLA LYNCH

Net Zero policy initiative is a key area of the national policy in response to climate change. The UK Government's 'Net Zero by 2050' (Net Zero) policy initiative is an ambitious transition agenda and one that is arguably world leading. Although the UK is responsible for just 2% of global emissions and approximately 5% of historical emissions (Statista, 2023), Net Zero has been an important policy agenda for every UK government since 2008. Today, it is often positioned as 'the economic opportunity of the 21st century' (Skidmore, 2023: 20). Despite opportunity laden policy discourse, Net Zero actions and plans have been subject to varying degrees of success, criticism and are recognised as 'a colossal challenge' (National Audit Office, 2020: 7).

Net Zero is a fast-paced policy agenda set out to respond to the climate change concerns and to address sustainable development challenges. It is rapidly developing in the UK as a part of the national and local industrial development strategies to balance national and regional economic development with sustainable development and community building. Net Zero policy is represented across many regions in the UK. For

example, in England, through 26 regional authorities there are clear commitments towards clean growth and net zero targets (www.businessboardnetwork.co.uk), and in Scotland and Wales, through the governmental commitments, to low carbon and climate change solutions (www.gov.scot/policies/climate-change and <https://gov.wales/wales-commits-net-zero-2050-sets-out-ambitions-get-there-sooner>).

Achievement of the net zero ambitions is becoming synonymous with a notion of net zero transition. In fact, Turner et al., (2020) view Net Zero as a systemic transition in how people live and do business in different local areas and regions within nations. Despite the recognition and anticipation of net zero opportunities globally, in most regional contexts the net zero policy lacks consistency in target setting, design of policy interventions and policy implementation. Additionally, the policy discourse on Net Zero fails to communicate the transitional nature of the challenge which is associated with complex socio-economic changes that require capacity building for transformation building at a multi-level, i.e. local, regional, national and international.

EAST MIDLANDS: CARBON EMISSIONS TREND 2005-2021

The East Midlands carbon footprint was 8.43% of the UK emissions in 2021, a decline of 0.06% from the 2018 position. Figure 1 shows an overall trajectory of the decline in the regional and national territorial carbon emissions from 2005 till 2021 in the UK and the East Midlands. The Department for Business, Energy and Industrial Strategy figures report a decline of the 39% in the national territorial emission and 30% in the East Midlands over the period of this time period. Despite the continuous declining trend, a first rise in the carbon emissions was recorded in 2021 both for the UK and the East Midlands at 7% and 10%, respectively.

A closer look at the emission sources confirms transport is responsible for 35% of the regional carbon footprint closely followed by industry at 30% (Figure 2). "Domestic carbon emissions" account for just under a quarter (24%) of the regional emissions; Whilst both public sector and commercial are contributing 4% of the emissions each in the region. To a lesser extent, Agriculture

and land-use change and forestry (LU-LUCF) account for 2% and 1%, respectively, of the regional emission. Waste management including landfill and other waste management regional schemes had the lowest carbon emission contribution at 0.02% in 2021.

This pattern of regional carbon emission has not changed significantly since 2005 where industry and Transport accounting for 28% and 27% of the regional carbon emissions respectively. Overall, these two sectors accounted for over a half of the carbon emissions in the East Midlands in 2005 and 65% in 2021. There has been a reduction in carbon emissions in every single category except transport and industry over the 16-year period. The biggest drop in over half of the 2005 emissions has been reported in the waste management category during the same period (DESNZ, 2023).

NET ZERO BUSINESS SUPPORT IN THE EAST MIDLANDS

The review of the national and regional net zero policy highlights a gap in articulating

FIGURE 1
CO2 TERRITORIAL EMISSIONS IN THE UK AND EAST MIDLANDS, 2005-2021

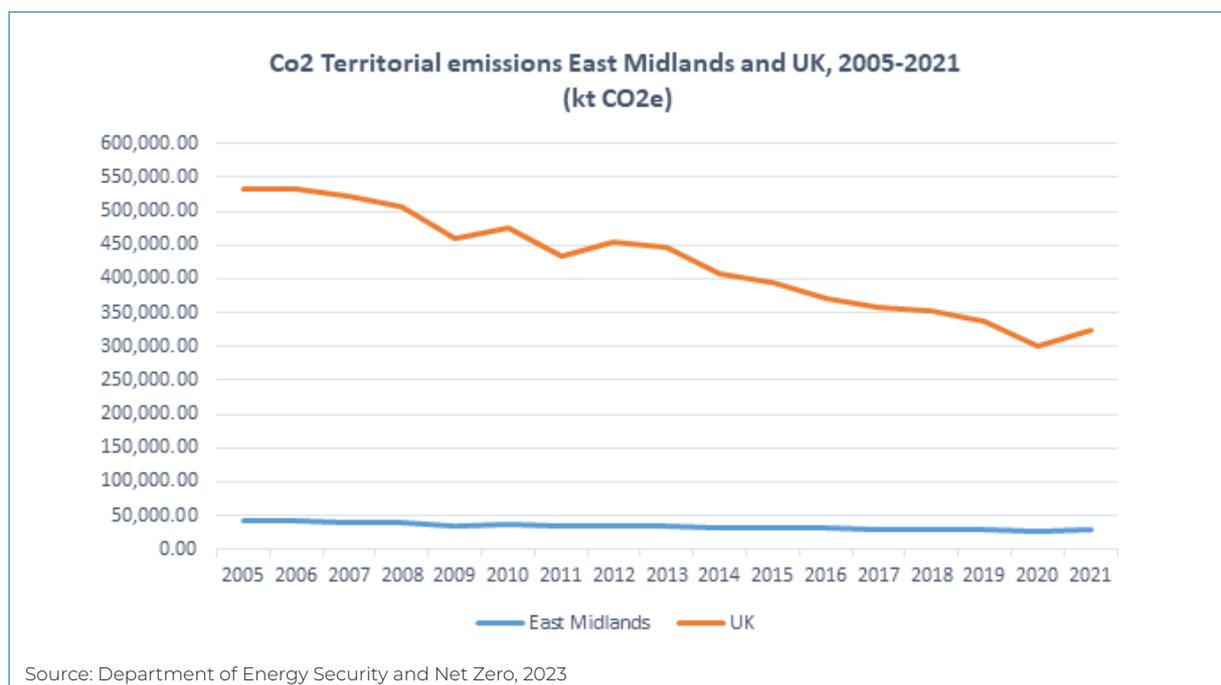
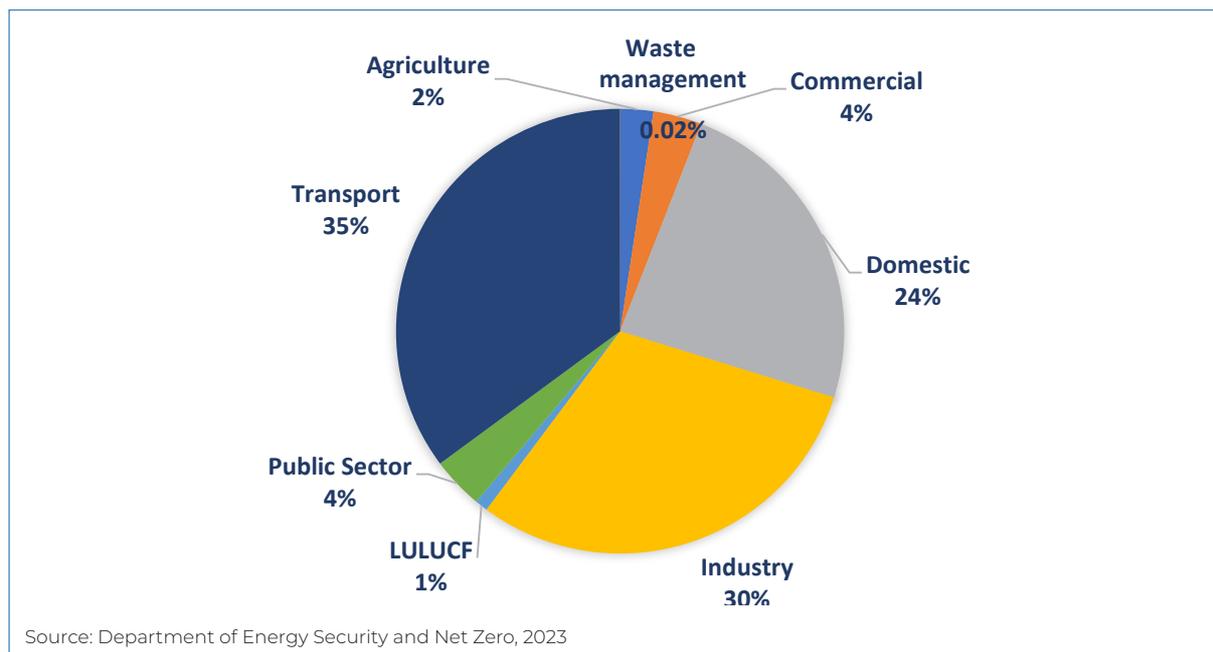


FIGURE 2
CO₂ EMISSIONS BY GHG SECTOR IN THE EAST MIDLANDS, 2021



the role of business support in the net zero transition. The policy lacks considerations for the approach, pace, scope and scale of the support that would prepare businesses to successfully engage with the biggest transformation of the business environment as a result of the net zero transition in the coming years. Figure 3 presents a summary of policy gaps in articulation of the role of business support in the net zero transition.

The prevailing policy discourse in relation to net zero business support is largely about energy efficiency initiatives and decarbonisation. Although these are well recognised opportunities of the net zero transition, they are deemed to be 'easy wins' and do not require significant operational and behavioural changes in businesses. Other opportunities exist around development and commercialisation of the new product and service offerings, and supporting businesses towards green growth (OECD, 2011) but they are not sufficiently articulated in the policy discourse. This requires a holistic understanding of the transformation that businesses would undertake as part of the net zero transition. Such a transformation involves re-imagining the purpose of business in society and redefining approaches

to sustainable growth through contribution to place and communities.

The policy mixes mainly target manufacturing, power, energy, digital and transport sectors rather than projecting a balanced view of the net zero support towards both manufacturing and services sectors. Rural businesses see little relevance and there are no clear pathways of engagement with Net Zero. This widens the policy-practice gap between the rural communities and the local and regional net zero policy ambitions leading to unrealistic targets and ineffective policy design (Peters et al., 2018).

Broadly speaking, the mechanisms for net zero business support are yet to be fully understood, as these programs are implemented through Growth Hubs, Chambers of Commerce, or regional universities. Business support programmes supported previously by EU funding streams such as the European Regional Development Fund (ERDF) are no longer available for the UK. Most of the business support funding comes from the UK Shared Prosperity Fund (UKSPF). Despite the change of funding source, the approach to and configuration of the business support remains the same – provision of business support ac-

FIGURE 3
POLICY ARTICULATION OF THE ROLE OF BUSINESS SUPPORT IN THE NET ZERO TRANSITION

Topic	What is articulated	What is not articulated
Business and Net Zero transition	Business is pivotal to the net zero transition as the bulk of investment and innovation is expected from the private sector (HM Treasury 2021). SMEs are core target for growth and the future of net zero (Skidmore 2023).	Configuration of the business support at the central and local levels including considerations for multi-stakeholder approach in creating business support ecosystem for the net zero transition.
Types of support	Government needs to act to enable SMEs to actively participate and benefit from the transition. Access to finance is part of the solution (Skidmore 2023).	Net zero business support beyond an energy-efficiency and decarbonisation focus.
Characteristics of support	Introduce a package of measures including a one-stop shop for SMEs to get decarbonisation advice with a carbon foot-printing tool, develop a strengthened low-carbon advisor/auditor role for SMEs and develop an effective financing strategy to support SME decarbonisation (CCC 2022).	Manufacturing focus dominates investment priorities, whilst services sector is downplayed. Urban vs rural business challenges of engagement with the net zero transition.
Support mechanisms/ platforms	Utilization of role models — use sector-specific forums to provide evidence, case studies, information and advice to encourage businesses to actively decarbonize (Skidmore 2023).	Net zero support as a mechanism for accelerating the transition of regional and local entrepreneurial ecosystems towards Net Zero. Collaboration and cross-sector solutions to support net zero innovation and decarbonisation.
Net zero/green skills	Net zero skills are critical to the success of the net zero transition. A comprehensive assessment of when, where, and in which sectors there will be skill gaps specific to Net Zero. This should include consideration of particular barriers to labour market entry into occupations (CCC 2022)	Upskilling of business advisors to support the net zero transition. Considerations for pace and scope of training as well as the numbers of the advisers to be trained.

Source: Baranova (2023)

ording to decarbonisation themes such as energy efficiency grants, information and advice; renewables grants and advice, and other. There is a distinct lack of a *strategic, place-based and whole-system approach* in stimulating the local entrepreneurial eco-system towards Net Zero.

Figure 4 presents an overview of the net zero business support programmes in the East Midlands. Our analysis reveals that

Derbyshire and Nottinghamshire, recently merged into East Midlands Combined Authority (EMCCA), offer a greater variety of business support programmes compared to Leicestershire. Out of 10 pro-environmental support themes, only four are offered in Leicestershire; mainly in the areas of energy efficiency grants, advice and information; renewable energy use and adoption advice and information; and generic net zero advice and information.

FIGURE 4
NET ZERO BUSINESS SUPPORT PROVISION ACROSS DERBYSHIRE AND NOTTINGHAMSHIRE,
AND LEICESTERSHIRE GROWTH HUBS

Business support towards the net zero transition	Derbyshire and Nottinghamshire	Leicestershire
Energy-efficiency advice and information	x	x
Net Zero advice and information	x	x
Renewable energy use and adoption advice and information	x	x
Energy-efficiency grants	x	x
Eco-innovation advice and information	x	
Sustainability/net zero/clean growth network	x	
Eco-innovation grants	x	
Green growth grants	x	
Renewable sources of energy adoption grants	x	
Retrofit grants for households and communities		

Source: Baranova and Lynch (2024)

Derbyshire and Nottinghamshire net zero business support programmes target various areas beyond energy efficiency and resource efficiency focus. There are funding streams in Derbyshire and Nottinghamshire to support eco-innovation grants and eco-innovation advice and information. There are grants to support green growth strategy of the local businesses, as well as renewable sources of energy adoption grants in place. There are established regional pro-environmental networks; some networks are with a general focus on sustainability; whilst others have a focus on Net Zero, clean growth and the development of hydrogen technology and infrastructure. The initiative led by a former D2N2 Local Enterprise Partnership, Cadent, and some of the region's leading organisations such as Uniper, Toyota, Midlands Engine, East Midlands Freeport and Leicester and Leicestershire Enterprise Partnership resulted in the formation of a new industrial partnership called "East Midlands Hydrogen", which is expected to become the UK's largest inland hydrogen cluster.

Further analysis of the policy document and business support initiatives reveals the supply-side and demand-side policies to support development of the market for net

zero goods and services as a necessary prerequisite of the net zero transition.

ENABLING NET ZERO TRANSITION: DEMAND-SIDE AND SUPPLY-SIDE INCENTIVES

Demand-side policies aim to achieve net-zero emissions, which generally focus on reducing the consumption of goods and services that generate carbon emissions. These policies focus on influencing consumer behaviour by encouraging sustainable practices and driving the adoption of low-carbon alternatives. On the other side, supply-side policies aim to decrease the carbon footprint of production processes, increase availability of low-carbon energy sources, and promote innovation in clean technologies. Section below gives an overview of a sample of the demand and supply side policies in the East Midlands region (2019-2024). From a demand-side perspective, the following were the main areas of policy incentives identified:

- Education and awareness campaigns;
- Behavioural interventions;
- Investment in infrastructure;

- Circular economy initiatives prompting recycling, reuse and resource efficiency;
- Green Procurement Policies;
- Community engagement and participation; and to a lesser extent
- Regulations and standards.

Examples of Demand-side policy incentives in the East Midlands

- **Education and awareness campaigns:** Leicester City supported 170 local companies through 'Go Green' workshops and 90 to sign-up to an online sustainability platform through the Leicestershire LEP growth hub. They also developed an interactive climate change game kiosk for young people which has been used more than 2,500 times in museums, schools and at city events. Examples of these activities include, (i) growing the Eco-Schools scheme in Leicester, with 65 schools now achieving Green, Flag awards, the largest number within any local council area in the UK, (ii) supporting 9 local schools to make their own climate emergency declarations and 27 to sign up to the Let's Go Zero campaign, (iii) Carrying out research on reducing the climate impact of school meals and delivering a workshop to 14 local schools on this issue, (iv) launching a new Plastic Clever Schools award to encourage a reduction in single-use plastic consumption, and (v) working with the city's Arts & Museums service to create and distribute a home learning pack on sustainability to more than 900 children. The City Council has also provided carbon literacy training to c.108 decision makers within the council, and to students and staff members in city schools (900 and 100, respectively).
- **Behavioural interventions:** The D2N2 Energy strategy outlined that there are numerous channels for promoting behaviour change. Including for example, social media, advice stalls, community events and home visits. They referenced the work of the Community Climate Ac-

tion Network (see for example <http://www.everybodys-talking.org/>). The collaboration of partners is recommended to pool resources and expertise while expanding potential outreach. Nottingham City Council is driving behaviour change among staff and citizens. It has an innovative eTEACHER project which is building an app to empower building users to become more energy efficient. Meanwhile, the National Ice Centre is continuing its well-established behaviour change programme which achieved 9% total bill savings in its first year (Schools – Family Learning Programme – National Ice Centre (national-ice-centre.com)).

- **Investment in infrastructure:** According to Derby City Council's Climate Change Action Plan 2022-24, several actions are proposed for future developments. They plan on undertaking a property review process using EPC and DEC ratings as a guide; there are recommendations that all new buildings achieve a mandatory 'A-rated' EPC, LED lighting will be installed across the whole council property estate reducing lighting costs by 20% at each site, and they aim to ensure carbon reductions by installing new boilers. They will provide additional solar PV systems to properties that house the elderly and vulnerable; whilst they will also use green technologies and low carbon materials as part of any tender process for material supply chains and new contracts.
- **Circular economy initiatives** prompting recycling, reuse and resource efficiency: In 2021, Leicestershire County Council trialed new recycled and low carbon products and techniques in necessary highway improvements, which recycled 5,000 tyres and saved 30 tCO₂e, compared to conventional resurfacing techniques. The Council's pilot project will go on to inform other local authorities as a case study on how to reduce emissions within highways projects across the UK. The Leicestershire Food Plan looks at how they can reduce the environmental footprint of food, including carbon emissions associated

with food production and consumption. Leicestershire Traded Services (LTS) is the Council's trading arm and provides school meals to over 32,000 children a day. LTS achieved Gold Food For Life Served Here for these meals, which includes 15% spend on organic produce, 5% on free range pork and poultry and reformulation of recipes to include 20% less meat by adding beans and pulses.

- **Green Procurement Policies:** Councils across the East Midlands region have encouraged a holistic view of procurement procedures. For example, Nottinghamshire County Council, through their Procurement Strategy, place emphasis on environmental considerations, including key performance indicators and targets for tenders and contracts (where appropriate). Leicestershire's Energy infrastructure strategy highlights that the Melton Borough Council requires development proposals, including refurbishments, to demonstrate that they have sourced their materials locally and through reused, recycled and renewable sources, and that these materials have been 'transported in the most sustainable manner and have low embodied energy.
- **Community engagement and participation:** In Derbyshire, the council, after identifying their targets and priority actions, are now looking to work with the community to understand the best way to deliver their strategy. The council, in their Climate Change Strategy, made a number of commitments. For example, they will ensure that elected members and offices will engage with community groups, residents, schools and businesses to map existing or ongoing work on climate change; and they will understand the role that the County Council can play in supporting those activities. They will also work with partners such as businesses, the private sector and the Local Authority Energy Partnership to develop demonstrator projects to be used to build understanding on retrofitting buildings and decentralised energy systems.

- **Regulations and standards:** According to their Energy Infrastructure Strategy, Leicester City Council released a Development Management Policies document (July 2017) as part of its new Local Plan consultation process. In this document, the Council suggests that planning policy for major new developments will follow an energy hierarchy in which firstly energy use is minimised, secondly energy is supplied efficiently, and thirdly energy is supplied through renewable sources. The Council also supports a 'fabric first' approach where buildings 'must be constructed of high-quality energy efficient fabric before the energy efficiency of heating systems is considered.

Whilst from a supply-side perspective, the key areas included:

- Investment in renewable energy infrastructure;
- Funding support;
- Energy efficiency measures and green growth support; and
- Infrastructure development for Low-Carbon Transportation.

Unsurprisingly, examples of supply-side policies are less in abundance compared to demand-side initiatives.

Examples of Supply-side policy incentives in the East Midlands

- **Investment in renewable energy infrastructure:** Nottingham City Council owns its heat network through Enviroenergy, and the smart heat meter it provides (EEMonitor). It set-up the not-for-profit energy supplier Robin Hood Energy with the aim of making energy more affordable for all. The Council has been successful with a range of awards in recent years, covering everything from the work on solar generation, to innovation in retrofit and being named, in collaboration with key city partners, as Huawei's leading Smart City for energy in 2017. As well as this, the Energy Research Accelerator (ERA) is investing

in projects which demonstrate the generation, storage and use of new technologies. One of ERA's demonstration projects is at Trent Basin in Nottingham. Trent Basin is a housing development in Nottingham which provides the full-scale demonstration of an integrated energy system using solar, battery and thermal ground source energy generation. The project involves the University of Nottingham and the developer Blueprint, with support from Nottingham City Council. People living in Trent Basin benefit from renewable energy being produced through a solar farm on the site. The energy generated through this is stored in a battery, supplied by Tesla, the largest community battery in Europe. It can store 2.1 MWh of energy, delivering 500kW of power – enough energy to boil 170 kettles simultaneously for four hours. Local energy generated and stored on site is managed by a community energy company which provides energy services to residents. This includes storing and selling locally generated energy to the grid at peak times. Profits made by the energy company helps to cut energy bills for residents.

- **Funding support:** Leicester City Council provided £1.17 million in grants to 208 local businesses to increase energy efficiency and reduce carbon emissions through the ERDF-funded Green BELLE grant project. As well as this, since 2017 Leicestershire County Council has been a delivery partner with Leicester City Council in the Green BELLE project. The project provided 50% grant funding, up to a maximum of £10,000, to Small or Medium-Sized Enterprises (SMEs) across the city and the county, to support them in reducing carbon emissions from their businesses. The project aims to reduce annual carbon emissions by over 1,500 tonnes of CO₂e. Measures supported included the installation of LED lighting, insulation, double glazing, solar panels, and improved heating and lighting controls. Almost £1m has been awarded to businesses during the life of the project. Nottinghamshire County Council allocated £550,000 in 2021/22 for projects that support the delivery of the Coun-

cil's Corporate Environment Strategy actions. Approval and funding was given to several projects, including, improvements to Mansfield Bus Station, including LED lighting and solar panels a pilot of photovoltaic glass to power bus shelter lighting and digital display on a mobility hub in Ollerton, and green spaces habitat management. Nottingham and Nottinghamshire Energy Grants (N2EG) provided support for numerous clients. One client, for example, had LED lighting fitted, changed their electric heating to gas central heating and installed cavity wall and loft insulation. This resulted in the reduction of their first quarter utility bills from £2,771 to £949.

- **Energy efficiency measures and green growth support:** D2N2 Energy strategy highlights the award-winning Derby and Derbyshire Energy Efficiency project (D2EE), a partnership with the University of Derby and Derbyshire County Council. The Council provides bespoke energy consultancy and grants to help small and medium sized businesses (SMEs) save energy and carbon emissions and reduce the cost of their energy bills. The project has completed 330 energy audits and advisory reports for SMEs and awarded 136 grants totalling £845,000. This will save SMEs an estimated £325,000 per year on energy bills and 1,169 tonnes of Greenhouse Gas (GHG) emissions. Over £1m of private sector investment in energy efficiency has been leveraged. D2EE ended 31st October 2019. Nottingham Sustainable Enterprise Centre and the technology-focussed Infinity Park Derby (located within an Enterprise Zone) also complement the business accommodation and clustering offer. In addition to the initiatives above, businesses have been supported through networking and collaboration by the University of Derby's Low Carbon Business Network, the East Midlands Chambers of Commerce's Sustainability Forum and annual Sustainability Summit.
- **Infrastructure development for Low-Carbon Transportation:** Leicester City set up a 'Big Bus Plan' with local bus

operators, including action to, (i) replace 116 diesel buses with electric models saving 2,053 tCO₂e per year, (ii) electrify the Park & Ride and Hospital Hopper services and launch the new, free Hop! electric shuttle bus route around the city centre, (iii) introduce the first multi-operator integrated tap-on, tap-off bus ticketing system in the UK to provide best-value tickets for passengers, and (iv) create new bus lanes and priority routes, alongside improved bus information signage. They also committed to expanding their network of 20 mph zones to cover more than 1,400 city streets, installing 70 new charging points for electric vehicles in the city, and continuing to make Leicester safe, accessible and friendly for walking and cycling, with projects such as, developing a Covid-19 Transport Recovery Plan, which provided pop-up walking and cycling lanes during the pandemic, they added 8.3 km of cycling routes, taking the citywide total up to 68km, provided active travel education in over 80 city schools through the Living Streets, and introduced the Next Steps and Big Walk and Wheel projects, delivering Bikeability cycle training to 3,220 students.

The D2N2 Energy strategy highlights the present-day Go Ultra Low (GUL) initiative which aims to promote the uptake of ultra-low emission vehicles. GUL leads the new regional electric vehicle charging network ensuring coverage across the two counties and cities. This network, which includes local Councils and Charge Your Car in association with Chargemaster, offers local residents reduced tariffs and includes the delivery of 230 new charging points. Addressing the wider aspects of low-emission vehicle supply and demand, the LEVEL initiative (Low Emission Vehicle Enterprise and Learning) has delivered training courses, skills workshops, master classes and conferences. It also has facilitated project collaborations and brought innovative ideas for intelligent mobility solutions to the area. This is a collaboration between Derby City Council, Nottingham City Council, Cenex and CleanTech Business Ltd and receives funding via OLEV's Nottingham Go Ultra Low (GUL) programme.

Our review of the regional policy and business support programmes confirm infrastructure development for low-carbon technologies are the most cited supply-side interventions by the local councils. As for demand-side, education and awareness raising campaigns, and investment in infrastructure projects are incentives promoted by all city and county councils in the region.

Our study of regional business support ecosystem identified the following features of effective net-zero business support:

- **Place-based approach** to design and implementation which includes working with local councils, businesses and communities to design support mechanisms that target both supply side and demand side of the net zero support provision. The supply side activities must include work with support and training providers to ensure their net zero offer is up-to-date and customer focused. As for the demand side, the businesses need to be informed and stimulated to uptake the net zero business support, grants and up-skills the workforce for net zero transition.
- **Targeted support for net zero strategic sectors** is important to ensure the focused approach to stimulating priority sectors that develop technologies that are essential for carbon reduction and green innovation. These sectors require up-front investment in technology development, skills development and commercialisation. In the UK such sectors include hydrogen; offshore wind; carbon capture and storage; and green finance (Skidmore, 2023).
- **Address knowledge and information gaps** by providing information and guidance and establish online platforms for businesses to take opportunities for green growth regionally, nationally and internationally. Organise regular training workshops, webinars, and seminars on topics such as green technology, sustainable business practices, and financial management tailored to the needs of green entrepreneurs

- Strengthen competitiveness and **encourage internationalisation strategies of local businesses**. There are significant opportunities at international net zero markets, they must be well understood by the businesses if they are to be accessed (McKinsey 2021, 2022). Relevant skills and support mechanisms must be in place to support successful international growth of local businesses.
- **Green skills development** is integral to net zero business support provision. Develop and launch a comprehensive training programme for business support professionals to develop their green skills and competences. Green skills development outcomes must be designed in any net zero support programme; the outcomes must be monitored, reported and evaluated on.
- **Multi-stakeholder collaborations** for the delivery of net zero support solutions. It is necessary to forge strong partnerships with universities, colleges, and research institutions to integrate green entrepreneurship into academic curricula, facilitate research collaboration, and offer student placements. Develop business support governance system in the region to ensure variety, continuity and place specificity of the business support provision long term.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Successful Net Zero transition requires an effective business support eco-system at a regional and national level. As businesses are increasingly focusing on net zero growth opportunities across both domestic and international markets, the broadening of the scope and availability of the support is becoming critical. Business support should go beyond the traditional focus on energy efficiency and renewable energy. It should include development of the competences in the areas of competitive strategy, responsible management and leadership, eco-innovation (i.e. green innovation, green funding and finance), collaborative working and stakeholder management to name

just a few. Such skills need to be developed over time and require a *transformational approach* in the delivery of business support (Baranova, 2024). This is a radically different approach to transactional, short-term business support interventions prevailing across the pro-environmental business support programmes.

Policy community is advised to ensure that net zero business support needs to become an integral part of the local industrial strategies and strategic economic plans. A review of the net zero transition needs to be undertaken to understand the risks and the impact of the transition in the locality. The eco-system approach to the design of the agile business support provision opens opportunities for multi-stakeholder collaborations and partnerships in the design and delivery of the business support interventions. As a result, capacity for net zero transition strengthens through stimulation of demand for green growth skills, learning, knowledge exchange and green innovation.

Businesses are advised to approach the capability development towards Net Zero holistically and with a strategic outlook. Although energy efficiency might be a starting point of the net zero journey, broader green skills and competences are required to succeed in the fast-emerging green market niches. It is important that businesses engage in a proactive dialogue with the policy community to shape the net zero policy and the business support mechanisms. Multi-stakeholder collaboration for Net Zero needs to be encouraged including development of collaborative mechanisms, digital platforms for collaboration and effective Net Zero national and regional governance.

REFERENCES

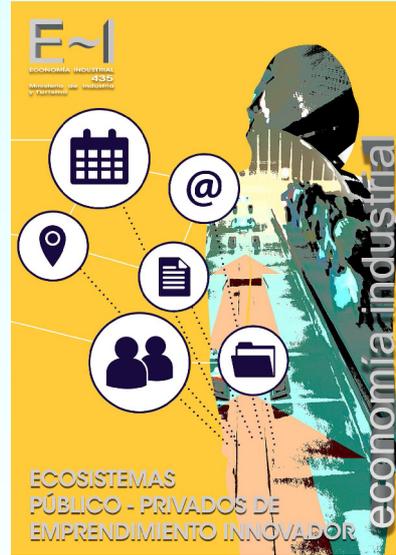
- Baranova, P. (2023). 'Place-based business support towards net zero: enabling through the place-policy-practice nexus'. *Journal of the British Academy*, 11(4):57-95 <https://doi.org/10.5871/jba/011s4.057>.
- Baranova, P. (2024). 'Supporting Green Business Growth: Towards a Transformative Approach', Andersen, T.J. (Ed.) *Sustainable and Resilient Global Practices: Advances in Responsiveness and Adaptation* (Emerald Studies in Global Strategic Responsiveness), Emerald Publishing Limited, Leeds,

- pp. 81-98. <https://doi.org/10.1108/978-1-83797-611-920241005>
- Baranova, P., and Lynch, N. (2024) 'Developing business support provision for Net Zero Transition: a place-policy-practice nexus improvement approach' on Campos, Baranova, Lynch, Sosa (Eds) Toolkits for regulators and policymakers to succeed in policy-driven sustainable industrial transformation, People4 Consultancy Report, March 2024.
- Climate Change Committee (CCC) (2022). *2022 Progress Report to Parliament. The CCC's Annual Assessment of UK Progress in Reducing Emissions*, accessed through <https://www.theccc.org.uk/publication/2022-progress-report-to-parliament/#key-messages> on 02.03.24.
- Climate Change Committee (CCC) (2023). Progress towards reaching Net Zero in the UK. An update to the CCC's June assessment of the Government's progress in reducing emissions in line with the UK's climate targets, October 2023, accessed through <https://www.theccc.org.uk/uk-action-on-climate-change/progress-snapshot/> on 23.03.24.
- Department for Business, Energy and Industrial Strategy (DBEIS) (2017). *Industrial Strategy: Building a Britain Fit for the Future*, accessed through <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-strategy-building-a-britain-fit-for-the-future> on 25.03.24.
- DBEIS (2021a). *Green Jobs Taskforce Report*, accessed through <https://www.gov.uk/government/publications/green-jobstaskforce-report> on 8.03.24.
- Department of Energy Security and Net Zero (DESNZ) (2023). UK local authority and regional greenhouse gas emissions national statistics, Department for Energy Security and Net Zero and Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 29 June 202, accessed through <https://www.gov.uk/government/collections/uk-local-authority-and-regional-greenhouse-gas-emissions-national-statistics> on 12.02.24 on 01.02.24.
- HM Treasury (2021). *Build Back Better: Our Plan for Growth*, accessed through <https://www.gov.uk/government/publications/build-back-better-our-plan-for-growth> on 12.11.23.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V. et al (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24, doi:10.1017/9781009157940.001.
- LLEP (2018). Energy Infrastructure Strategy for Leicester and Leicestershire, Element Energy and Cambridge Econometrics, November 2028, accessed through <https://llep.org.uk/app/uploads/2020/11/Energy-Infrastructure-strategy.pdf> on 24.03.24.
- LLEP (2021). Economic Growth Strategy 2021-2030 – Leicester and leicestershire, accessed through <https://llep.org.uk/app/uploads/2021/12/LLEP-Economic-Growth-Executive-Summary.pdf> on 20.03.24.
- McKinsey (2021). Opportunities for UK businesses in the net-zero transition, Report, accessed through <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/opportunities-for-uk-businesses-in-the-netzero-transition> on 22. 03.24.
- McKinsey (2022). The transition to Net Zero. What it would cost, what could it bring, Report accessed through <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-what-it-could-bring#/> on 02.02.24.
- National Audit Office (2020). Achieving Net Zero, Report – value for money, 4 December 2020, accessed through <https://www.nao.org.uk/reports/achieving-net-zero/#publication-details> on 25.03.2024.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2011). Towards Green Growth. A Summary for Policy Makers, OECD Council Meeting at Ministerial Level, Paris, 25–26 March 2011, accessed through <https://www.oecd.org/green-growth/48012345.pdf> on 03.02.2024.
- Peters, B.G., Capano, G., Howlett, M., Mukherjee, I., Chou, M.H. & Ravinet, P. (2018). *Designing for Policy Effectiveness: Defining and Understanding a Concept*, Cambridge, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108555081>
- Skidmore, C., Rt. Hon. (2023). *Mission Zero: Independent Review of the UK Government's Approach to Delivering Zero*, January 2023, accessed through https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1128689/mission-zero-independent-review.pdf on 10.10.23.
- Statista (2023). Cumulative carbon dioxide emissions in the United Kingdom from 1750 to 2020, accessed through <https://www.statista.com/statistics/1224173/cumulative-co2-emissions-united-kingdom-since-1750/#:~:text=Despite%20annual%20CO2%20emissions%20in,biggest%20carbon%20polluter%20in%20history> on 01.03.24.
- Turner, K., Katris, A. and Race, J. (2020). 'The need for a Net Zero Principles Framework to support public policy at local, regional and national levels.' *Local Economy*, 35 (7): 627–634 doi:10.1177/0269094220984742.

ABOUT THE AUTORS

Polina Baranova is Associate Professor in Strategy and Sustainability, Derby International Business, University of Derby, UK.

Nicola Lynch is Head of the Department of Accounting and Economics, South East Technological University, Ireland.



ÚLTIMOS NÚMEROS



Editada por el Ministerio de Industria y Turismo
ISSN: 0422-2784; e-ISSN: 2444-4324
DEPÓSITO LEGAL: M 1227-1964
NIPO (papel): 217-24-005-2; NIPO (línea): 217-24-006-8

Acceso a los números publicados

www.economiaindustrial.es
<https://www.mintur.gob.es/es-es/publicaciones>

Suscripciones y venta de ejemplares sueltos

Ministerio de Industria y Turismo.
Centro de Publicaciones
Correo electrónico: CentroPublicaciones@mintur.es

COLABORACIONES

EL CRECIMIENTO ECONÓMICO IMPULSADO POR LA INNOVACIÓN: PREMIO NOBEL DE ECONOMÍA 2025 CONCEDIDO A MOKYR, AGHION Y HOWITT

ANTONIO HIDALGO NUCHERA

La Real Academia Sueca de Ciencias ha otorgado el Premio Nobel de Ciencias Económicas del año 2025 a los profesores Joel Mokyr, Philippe Aghion y Peter Howitt *"por haber explicado el crecimiento económico impulsado por la innovación"*. La mitad del premio ha correspondido a Joel Mokyr *"por haber identificado los prerequisites para un crecimiento sostenido a través del progreso tecnológico"*, y la otra mitad conjuntamente a Philippe Aghion y Peter Howitt *"por la teoría del crecimiento sostenido a través de la destrucción creativa"*.

Antes de entrar a analizar los principales aspectos que caracterizan los avances que han sido objeto del reconocimiento, es de interés dar una breve reseña académica de los profesores galardonados. Joel Mokyr, de origen holandés, es desde 1974 profesor de la Northwestern University de Illinois (USA). Ha sido editor jefe de la Oxford Encyclopedia of Economic History, y dirige la serie de libros "The Princeton University Press Economic History of the Western World". Philippe Aghion na-

ció en París y su experiencia académica le ha llevado por diferentes universidades (Instituto de Tecnología de Massachusetts, Nuffield College de Oxford, University College de Londres, Harvard, y London School of Economics). Desde 2015 es profesor en el Collège de France donde ocupa la Cátedra en "Instituciones, innovación y crecimiento". Peter Howitt, de origen canadiense, es profesor de Ciencias Sociales en la Universidad de Brown (USA) desde el año 2000, donde actualmente es profesor emérito. Fue presidente de la Asociación Canadiense de Economía en 1993-1994. En 2020, tanto él como Aghion recibieron el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en el área de Economía, Finanzas y Gestión de Empresas.

EL CRECIMIENTO SOSTENIDO A TRAVÉS DEL PROGRESO TECNOLÓGICO

La evidencia empírica nos demuestra que, durante los dos últimos siglos, por primera

vez en la historia, el mundo ha experimentado un crecimiento económico sostenido, lo que ha permitido sacar de la pobreza a un gran número de personas y ha sentado las bases de nuestra prosperidad actual. Mokyr, basándose en fuentes históricas, planteó que la historia humana está cargada de ineficiencia y que el pasado rara vez ha sido un ejemplo de eficiencia económica, e identificó el motivo de que en estos dos últimos siglos el crecimiento económico se haya convertido en una nueva norma, frente al estancamiento que era la norma de periodos anteriores.

En su libro titulado "Twenty-Five Centuries of Technological Change. An Historical Survey", publicado en 1990, pone de relieve que la búsqueda de un mecanismo que ayude a explicar el progreso económico ha sido una preocupación para los economistas en los últimos años. Desde ámbitos como la Teoría Económica, la Historia Económica y la Teoría del Crecimiento Económico, entre otros, se han propuesto interpretaciones para analizar cómo se caracterizan estas situaciones, surgiendo diversas visiones que explican el crecimiento económico, el cual puede ocurrir como resultado de diferentes factores:

- Crecimiento que deriva del capital o crecimiento Soloviano (en referencia a Robert Solow). Dado que la producción per cápita depende de la relación capital-trabajo, la formación neta de capital a un ritmo más rápido que el crecimiento de la población conduce al crecimiento económico definido como un aumento de la producción per cápita.
- Crecimiento que deriva de la expansión comercial o crecimiento Smithiano (en referencia a Adam Smith), que conduce a una más eficiente asignación de recursos. Una eficiente división del trabajo induce a un crecimiento de la productividad a través de la especialización y la adaptación de las habilidades a las tareas.
- Crecimiento que deriva de otros efectos de escala diferentes a la división del trabajo, como el crecimiento de la población. Si bien está aceptado que este crecimiento conduce a un mayor nivel de ingresos per cápita y, aunque estos

efectos de escala pueden entrar en conflicto con la presencia de rendimientos decrecientes, existen costes fijos indivisibles (carreteras, escuelas) que pueden implementarse de forma eficiente solamente con grandes poblaciones.

- Crecimiento que deriva del incremento del stock de conocimiento y que incluye tanto el progreso tecnológico, como el cambio en las instituciones, conocido como crecimiento Schumpeteriano (en referencia a Joseph Schumpeter). Por progreso tecnológico, Mokyr entiende cualquier cambio en la aplicación de información de un proceso productivo que da como resultado un producto en el que se han empleado menos recursos, o la producción de mejores o nuevos productos. Y aquí se incorporan tres conceptos específicos: la invención o creación de nueva información; la innovación o implementación de la invención; y la difusión por la que cada vez más agentes acceden a los productos. Sin embargo, cuando la información es enteramente nueva, Mokyr incorpora el término de creatividad tecnológica, entendido como nuevas formas de aplicar conocimiento para mejorar las técnicas de producción.

Estas cuatro formas de crecimiento se refuerzan entre ellas con diferentes combinaciones y complejidad, lo que hace que el crecimiento no pueda ser explicado por un solo factor actuando de manera aislada. Por ejemplo, los efectos de escala impulsados por el crecimiento demográfico conducen al cambio tecnológico debido a que una mayor población implica una mayor probabilidad de que nazcan nuevos inventores. Por otra parte, los crecimientos Schumpeteriano y Soloviano son complementarios en la dinámica del cambio tecnológico pues, para Mokyr, la aproximación de la Teoría Económica al considerar la tecnología como otro factor de producción, junto a la tierra y el capital, no es una explicación útil del cambio tecnológico y de su impacto en el crecimiento económico y, además, no permite proporcionar una explicación a la evolución histórica del proceso tecnológico.

A este razonamiento añade que el curso histórico del cambio tecnológico ha sido

irregular, afirmando que *“en casi todo el transcurso de la historia humana el cambio tecnológico no se llevó a cabo, contra lo que ocurre actualmente, en laboratorios de investigación especializados pagados por presupuestos destinados a investigación y desarrollo, y según las estrategias formuladas por los planificadores de las grandes empresas, bien informados por los analistas de mercado. El cambio tecnológico se producía principalmente por medio de nuevas ideas que surgían, si no al azar, al menos en una forma difícil de predecir, y no contó con elementos de planeación y cálculos precisos de una relación coste-beneficios”* (Mokyr, 1990), lo que pone de relieve que la relación entre ciencia y cambio tecnológico es relativamente reciente en la historia del progreso tecnológico.

Desde esta perspectiva de la argumentación, Mokyr se preguntó sobre *¿cuál es el motor del cambio tecnológico?, ¿cómo fue posible que el cambio tecnológico fuese exitoso en Europa occidental durante los períodos de la Revolución Industrial? y ¿por qué no se produjo este tipo de situación en otras regiones del mundo?* Las respuestas a estas preguntas las encuentra en la relación existente entre innovación e invención. En primer lugar, Mokyr hace explícita la diferencia entre ambos conceptos, poniendo en primer plano el hecho de que son actividades complementarias y no sustitutivas. En segundo lugar, la invención no explica la innovación y la complementariedad entre ambas *“es una de las razones por las que sólo pocas sociedades han sido creativas tecnológicamente”* (Mokyr, 1990). Así, demostró que antes de la Revolución Industrial, a menudo faltaban las explicaciones científicas sobre porqué una nueva innovación funcionaba de forma exitosa y, sin ese conocimiento, era difícil que los inventos se sucedieran unos a otros en un proceso con impulso propio.

La conexión entre innovación e invención es un elemento sustancial en la explicación de procesos como la Revolución Industrial en la Inglaterra de fines del siglo XVIII. Para comprender mejor esta conexión, Mokyr hace referencia a la existencia de dos tipos de conocimiento: el conocimiento proposicional, que es entender por qué algo funciona de cierta manera, y el conocimiento

prescriptivo, que tiene que ver con cómo desarrollar instrucciones o indicaciones prácticas para poder hacer las cosas. Este flujo constante entre el conocimiento proposicional y el conocimiento prescriptivo tiene que activarse para poder crear o detonar algo a lo que denomina ciclos de innovación. Pero, junto a esta relación, Mokyr identifica otros elementos inherentes al desarrollo del cambio tecnológico que sintetiza en los siguientes aspectos:

- El ingenio y la creatividad requieren de sociedades libres.
- Las instituciones económicas y sociales tienen que dirigir a los innovadores potenciales.
- La innovación y la invención requieren de sociedades que acepten la diversidad y la tolerancia.

Centrándose en el cambio tecnológico, la Teoría Económica pone de relieve que el incremento en el potencial productivo de la economía de un país es el resultado del cambio tecnológico, de forma que se expande la frontera de la curva de posibilidades de producción y, de forma complementaria a este proceso, aumenta el bienestar de la sociedad. Si bien Mokyr comparte este punto de vista y lo identifica en su descripción del progreso tecnológico de los países que analiza, va más allá de este enfoque teórico, describiendo los elementos específicos que acompañan estos procesos.

El análisis que desarrolla Mokyr implica una doble perspectiva micro y macro, pues si bien los procesos de innovación se desarrollan a nivel unitario (por emprendedores o empresarios), es necesario analizar el tipo de entorno que hace a los individuos más innovadores, y qué estímulos, incentivos o temores impulsan a una economía a disponer de una mayor capacidad de fomentar la creatividad tecnológica. En este sentido, identifica dos condiciones como elementos centrales del avance del cambio tecnológico en la época de la Revolución Industrial que explican que sus efectos en la transformación de la economía no fueron efímeros: por un lado, la interacción dinámica entre invención e innovación y su aplicación en los procesos económicos y, por otro, que los

inventos encontraron una aplicación práctica, en un principio dilatada en el tiempo, pero posteriormente los procesos de aplicación se han ido acortando. De esta forma, se consolidó la superioridad tecnológica de Europa occidental, más allá de algunas críticas teóricas, porque *“en dos siglos cambió la vida cotidiana de las personas más de lo que ésta había cambiado en los anteriores 7000 años”* (Mokyr, 1993). Por tanto, concluye que el cambio tecnológico requiere que las invenciones vayan de la mano con la innovación, de forma que aquellas sociedades que no son capaces de innovar no pueden desarrollar un proceso sostenible de cambio. Además, apoya el criterio de que en la creación tecnológica intervienen de forma conjunta la realidad material y el azar, la organización política de los países, el impulso creador de los individuos, la acción de los gobiernos, la abundancia y la escasez, reconociendo que el cambio tecnológico no es neutral para los países y que tiene costes sociales por obsolescencia de especialidades, migraciones y otros factores.

De manera conclusiva se puede resaltar que la aproximación teórica de Mokyr pone de relieve que el cambio tecnológico, impulsado por los avances científicos y la innovación que se potencian mutuamente y crean un proceso de retroalimentación positiva, conduce a un crecimiento económico sostenido. Pero en el mismo influyen otros factores necesarios de diferentes tipos: económico (inversión y apoyo a los inventores), social (una sociedad tolerante y abierta al cambio), ideológico (libertad de elección y de creatividad), y político (libertad). Por último, y para completar este análisis, es de interés destacar que Mokyr analiza el cambio tecnológico como un proceso de tipo evolucionario, lo que implica que la innovación se comporta como los organismos vivos, es decir, como procesos de tipo dinámico. De esta manera los cambios son similares a los que se producen en los organismos vivos y se asimila el proceso a la selección (las especies más fuertes sobreviven) y la mutación (nuevas ideas), en la misma manera que se enfoca en la Biología Evolucionista en la actualidad. En este sentido, la evolución tiene una *“trayectoria dependiente”*, lo que permite explicar los movimientos no predecibles del cambio tecnológico.

EL CRECIMIENTO SOSTENIDO A TRAVÉS DE LA DESTRUCCIÓN CREATIVA

Aghion y Howitt analizaron una nueva línea de investigación que había recibido escasa atención en la literatura sobre crecimiento endógeno y que se basa en las innovaciones industriales que mejoran la calidad de los productos. Esta nueva línea introduce en la teoría del crecimiento endógeno el factor de la obsolescencia, que implica que los mejores productos vuelven obsoletos a los anteriores, e incorpora la idea de Schumpeter sobre la destrucción creativa: *“El impulso fundamental que pone en marcha y mantiene en funcionamiento el motor capitalista proviene de los nuevos bienes de consumo, los nuevos métodos de producción o transporte, los nuevos mercados... Este proceso revoluciona incesantemente la estructura económica desde dentro, destruyendo sin cesar la antigua y creando una nueva. Este proceso de destrucción creativa es la esencia del capitalismo”* (Schumpeter, 1942).

Siguiendo esta línea de investigación construyeron en 1992 un modelo matemático de crecimiento a través de la destrucción creativa que genera la innovación (cada innovación consiste en un nuevo bien intermedio que puede utilizarse para producir un nuevo producto de manera más eficiente que antes), incidiendo en que la tasa de crecimiento esperada de la economía de un país depende del volumen de recursos dedicados a la innovación en todos los sectores. El crecimiento resulta exclusivamente del progreso tecnológico, el cual, a su vez, es resultado de la competencia entre empresas que generan innovaciones, las cuales se motivan por la perspectiva de obtener rentas monopólicas al patentar una innovación exitosa.

El modelo de Aghion y Howitt demuestra que el equilibrio en una economía se determina mediante una ecuación de diferencias prospectiva, según la cual el volumen de recursos dedicados a innovación en un período determinado depende del volumen de recursos esperado para el período siguiente, de forma similar a la ecuación de diferencias que define el equilibrio en el modelo monetario de dos períodos con

generaciones superpuestas (Azariadis, 1981; Grandmont, 1985). Específicamente, el modelo asume, siguiendo a Schumpeter, que las innovaciones individuales son lo suficientemente importantes como para afectar a toda la economía, y que el volumen de recursos dedicados a la innovación en un período depende negativamente del volumen esperado para el período siguiente, a través de dos efectos:

- El primero es el de la *destrucción creativa*, pues el beneficio de la innovación en este período es la perspectiva de obtener rentas monopólicas en el período siguiente. Estas rentas solo perdurarán hasta que se produzca la siguiente innovación, momento en el que el conocimiento subyacente quedará obsoleto, por lo que el valor presente esperado de las rentas depende negativamente de la tasa de llegada de la siguiente innovación. La expectativa de mayor innovación en el próximo período aumentará dicha tasa y, por consiguiente, desalentará la innovación en este período.
- El segundo efecto es un efecto de equilibrio general relacionado con el salario de la mano de obra cualificada. Para que sea coherente con las condiciones del equilibrio del mercado laboral, la expectativa de mayor innovación en el próximo período debe corresponderse con una expectativa de mayor demanda de mano de obra cualificada en dicho período, lo que implica la expectativa de un salario real más alto. Unos salarios más altos en el próximo período reducirán las rentas de monopolio que pueden obtenerse mediante el conocimiento exclusivo de cómo producir los nuevos productos. Por tanto, la expectativa de mayor innovación en el próximo período desalentará la innovación en este período al reducir el flujo de rentas que se espera que obtenga un innovador exitoso.

Este razonamiento, plasmado en el modelo, de la dependencia negativa de la innovación actual respecto a la futura tiene dos implicaciones relevantes. La primera implicación es la posible existencia de lo que Aghion y Howitt denominaron *trampa del estancamiento*, es decir, un equilibrio cíclico en el que el nivel de innovación oscila de

manera determinista entre dos niveles en cada período, pudiendo llegar a ser cero, lo que implica que la actividad innovadora no es constante, sino que pasa por auges y caídas predecibles. La segunda implicación es que la tasa de crecimiento promedio de la economía no necesariamente aumenta con un incremento en la productividad de la innovación. En particular, un cambio en un factor que aumente la productividad de la innovación en algunos países puede desalentarla en otros, al incrementar la amenaza de obsolescencia que enfrentan los nuevos productos en esos otros países, hasta tal punto que la tasa de crecimiento promedio se reduce.

Aghion y Howitt plantearon que su modelo ganaría en riqueza y realismo si se introdujera el capital, ya sea capital físico o humano que represente el cambio tecnológico, o capital de I+D que influya en la tasa de aparición de innovaciones. De esta forma, en 1998 publicaron el artículo "Capital accumulation and innovation as complementary factors in long-run growth", en el que se preguntaron si el crecimiento se debe en última instancia a la acumulación de capital o a la acumulación de conocimiento (progreso tecnológico). Hasta entonces se argumentaba que, si bien ambas fuerzas contribuyen positivamente al crecimiento a corto plazo, solo la tasa de progreso tecnológico tiene un efecto a largo plazo. Según esta visión, la acumulación de capital desempeñaba, en el mejor de los casos, un papel pasivo de apoyo que afectaba únicamente al nivel de producción, no a la tasa de crecimiento a largo plazo (Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991).

Su planteamiento se basa en que esta visión es errónea y proponen que el capital y la innovación son dos variables que determinan el nivel de producción en cualquier momento, es decir, deberían ser procesos complementarios que desempeñen un papel fundamental. Más específicamente, así como la acumulación de capital no puede sostenerse indefinidamente sin progreso tecnológico que compense la disminución de los rendimientos, el progreso tecnológico tampoco puede sostenerse indefinidamente sin la acumulación de capital que se utilice en el proceso de I+D que genera

innovaciones y en el proceso de producción que las implementa.

Estos argumentos los formalizan en un modelo de crecimiento endógeno que combina elementos del modelo neoclásico de acumulación de capital de Solow-Swan y el modelo de destrucción creativa de Aghion-Howitt desarrollado en 1992. Un aumento en la tasa de subvención al capital incrementará el incentivo no solo para acumular capital, sino también para innovar, a través de dos canales. Primero, el aumento del stock de capital inducirá un mayor nivel de I+D mediante un efecto de escala, es decir, aumentará la renta nacional y, por tanto, la demanda de los productos creados por los innovadores exitosos, incrementando la recompensa a la innovación. Segundo, el aumento del stock de capital reducirá el coste del capital a largo plazo y, por consiguiente, el componente de capital del coste de I+D.

La importancia de este modelo se refleja en tres ámbitos. En primer lugar, se demuestra que la inversión es un determinante relevante del crecimiento a largo plazo y no refuta en absoluto la teoría del crecimiento endógeno basada en la innovación. Al contrario, implica que la acumulación de capital desempeña un papel crucial en la promoción del crecimiento económico. Si bien la innovación es el determinante inmediato del crecimiento a largo plazo, su nivel se verá afectado por el incentivo para acumular capital. En segundo lugar, los resultados ofrecen soluciones viables a los gobiernos que se enfrentan a diferentes problemas al intentar aumentar el crecimiento mediante la subvención directa de la I+D, lo que se debe a que implica que un subsidio generalizado a la acumulación de capital puede ser un medio tan eficaz para estimular el progreso tecnológico y el crecimiento a largo plazo como un subsidio directo a la I+D. Dicho subsidio podría funcionar no induciendo una mayor tasa de progreso tecnológico mediante el aprendizaje práctico o aumentando la velocidad a la que las nuevas tecnologías se incorporan a nuevos bienes de capital, sino más bien incrementando la recompensa a las innovaciones que requieren capital para su producción e implementación. En tercer lugar, la incorporación de nuevas tecnologías en

el capital físico, que algunos han considerado como una posible razón por la que la acumulación de capital influye en el ritmo del progreso tecnológico, puede ser menos importante que su papel como insumo para la innovación.

COMENTARIOS FINALES

Para finalizar esta reseña es de interés hacer referencia a las declaraciones realizadas por Philippe Aghion a una entrevista concedida días después de haberle comunicado la concesión del Premio Nobel de Economía. En la misma, y en aras del crecimiento económico, instó a Europa a aprender de Estados Unidos y China, quienes, según él, *“han encontrado la manera de conciliar la competencia y la política industrial”*. Además, reconoció que *“En Europa, en nombre de la política de competencia, nos hemos vuelto muy contrarios a cualquier forma de política industrial. Creo que tenemos que evolucionar en ese sentido y encontrar formas de conciliar la política industrial en áreas como la defensa, el clima, la inteligencia artificial y la biotecnología, en las que somos muy buenos y tenemos una investigación muy buena”*.

Ante estas afirmaciones cabe preguntarse cuál debería ser la reacción de la Unión Europea (y España): no seguir la estrategia de estos países por considerar que muchas de las medidas pueden considerarse ayudas de estado y competencia desleal, o tomar buena nota de su experiencia y apoyar el relanzamiento de la inversión en tecnología y en medios de fabricación, en sectores estratégicos. Siguiendo a Aghion, habría que inclinarse por esta segunda alternativa, en el entendido de que en caso de optar por la primera se estaría condenando a nuestra industria a competir con una desventaja permanente.

REFERENCIAS

- AGHION, P. AND P. HOWITT (1992). *“Model of growth through creative destruction”*. *Econometrica*, 60(2), 323-351. <https://doi.org/10.2307/2951599>
- AGHION, P. AND P. HOWITT (1998). *“A Schumpeterian Perspective on Growth and Competition”*. In: Cori-

- celli, F., Matteo, M.D., Hahn, F. (eds). *New Theories in Growth and Development*. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-26270-0_2
- AGHION, P. AND P. HOWITT (2006). "Joseph Schumpeter lecture appropriate growth policy: A unifying framework". *Journal of the European Economic Association*, 4(2-3), 269-314. <https://doi.org/10.1162/jeea.2006.4.2-3.269>
- AGHION, P. AND P. HOWITT (2007). "Capital, innovation, and growth accounting". *Oxford Review of Economic Policy*, 23(1), 79-93. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grm007>
- AZARIADIS, C. (1981). "Self-fulfilling prophecies". *Journal of Economic Theory*, 25(3), 380-396. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(81\)90038-7](https://doi.org/10.1016/0022-0531(81)90038-7)
- GRANDMONT, J.M. (1985). "On endogenous competitive business cycles". *Econometrica*, 53, 995-1045. <https://doi.org/10.2307/1911010>
- GROSSMAN, G.M. AND E. HELPMAN (1991). "Innovation and Growth in the Global Economy". Cambridge, MA: MIT Press.
- HOWITT, P. AND P. AGHION (1998). "Capital accumulation and innovation as complementary factors in long-run growth". *Journal of Economic Growth*, 3, 111-130. <https://doi.org/10.1023/A:1009769717601>
- MOKYR, J. (1990). "Twenty-Five Centuries of Technological Change. An Historical Survey". Taylor & Francis.
- MOKYR, J. (1993). "La Palanca de la Riqueza. Creatividad Tecnológica y Progreso Económico". Alianza Universidad.
- MOKYR, J. (2005). "The intellectual origins of modern economic growth". *The Journal of Economic History*, 65(2), 285-351. <https://doi.org/10.1017/S0022050705000112>
- MOKYR, J. (2005). "Long-Term Economic Growth and the History of Technology". In: Aghion, P., Durlauf, S.N. (eds). *Handbook of Economic Growth*, Volume 1, Part B, pages 1113-1180. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01017-8](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01017-8).
- MOKYR, J. (2010). "The Contribution of Economic History to the Study of Innovation and Technical Change: 1750-1914". In: Hall, B.H., Rosenberg, N. (eds). *Handbook of the Economics of Innovation*. Volume 1, pages 11-50. North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01002-6](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01002-6).
- MOKYR, J. (2013). "Cultural entrepreneurs and the origins of modern economic growth". *Scandinavian Economic History Review*, 61(1): 1-33. <https://doi.org/10.1080/03585522.2012.755471>
- ROMER, P.M. (1990). "Endogenous technological change". *Journal of Political Economy*, 98(5), Part 2, S71-S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- SCHUMPETER, J.A. (1942). "Capitalism, Socialism and Democracy". New York: Harper and Brothers.

SOBRE EL AUTOR

Antonio Hidalgo Nuchera es Catedrático de Organización de Empresas en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y director de la Cátedra de Política Industrial UPM-MINTUR. Ha sido Vicerrector de Asuntos Económicos de la UPM en el periodo 2016-2024. Su docencia e investigación se centran en las áreas de Economía, Gestión de la Innovación y Política Industrial. A nivel internacional, ocupó el cargo de Director Técnico del Programa CYTED en el periodo 2005-2006, y ha llevado a cabo evaluaciones de programas internacionales como IBEROEKA y CIBIT con la Secretaría General de los Estados Iberoamericanos (SEGIB). Es miembro del Consejo de Redacción de la revista *Economía Industrial*.



MINISTERIO
DE INDUSTRIA
Y TURISMO

ESTUDIOS TURÍSTICOS



Estudios Turísticos es una revista semestral que se publica desde 1963. Su contenido desarrolla una visión pluridisciplinar sobre aspectos diversos de la Industria del Turismo tanto desde una perspectiva sectorial como histórica. Los autores son personas de reconocido prestigio en su campo que aportan un valor seguro a esta publicación.

A pesar de su larga historia, Estudios Turísticos es una publicación viva que se adapta a las nuevas exigencias editoriales. Con un estilo moderno y a todo color, sus números monográficos profundizan en los temas más actuales del mundo del Turismo, colocando a la publicación a la vanguardia de las revistas profesionales.

Coedición de Turespaña y el Ministerio de Industria y Turismo.
ISSN 0423-5037; NIPO 217-24-015-4

Acceso a los números publicados

<https://estudiosturisticos.tourspain.es/>
<https://www.mintur.gob.es/es-es/publicaciones>



Suscripciones y venta de ejemplares sueltos

Ministerio de Industria y Turismo.
Centro de Publicaciones
Correo electrónico: CentroPublicaciones@mintur.es



ECONOMIC ACTIVITY AND PATENTS

CARLOS TURMO BLANCO

We present in that work the results of an empirical study conducted by cross-referencing the main International Patent Classification (IPC) assigned to Spanish published patents with the economic activity classifications of the Spanish firms that hold these patents. This approach allows us to correlate economic activity with technological innovation. Industry level data on patenting is informative for policy makers because knowledge output of industries can be used as an indicator to evaluate technology or industrial policies. In studies at the industry level, patents have to be matched to sectoral classifications of industries, what is not easy with the known tools.

Previous attempts to study the relations between economic activity and patents with the use of the classifications of patents and firms have been carried out by Lybbert & Zolas [1] and Dorner & Harhoff [2]. The first one uses statistical algorithms based in text and keywords to match patents to its economical classification. Doner's approach uses inventors to identify the precise industrial origin of inventions and thus the economical fields. Those works aimed to build an improved concordance table.

In our previous studies, Turmo [3] & [4], we have published results on the relationship between economic activity and trademarks. In those studies, the Nice classification of trademarks were compared to the economic classifications of the assignees. Statistics from information theory have been instrumental in characterizing these classi-

fications and analyzing the relationships between them. Information theory offers various parameters for measuring entropy and information, thereby enabling us to develop intuitive statistical tools for analyzing the classifications. These tools are applied here to patents and economic activity classifications showing the entropy and mutual information between the IPC and NACE classifications, indicating the extent to which these classifications share information. Relating economic activity to patents has been a significant objective for policymakers in innovation; our work sheds light on this subject

CLASSIFICATIONS

One fundamental intellectual need is to classify things, a principle at the heart of scientific inquiry. Scientific work necessitates the establishment of classification systems that are universally recognized within the scientific community, enabling the sharing of observational results. Classifications, whether theoretical or empirical, are typically designed to create a set of mutually exclusive categories. The intended purpose of a classification often dictates its structure and development.

National Activity Classification for Economy, NACE

The National Activity Classification for Economy (NACE) is a statistical tool uti-

lized at the national level to facilitate economic activity studies. The United Nations organized the UN Statistical Commission to ensure the provision of homogeneous systems worldwide. The outcome is the UN Statistical Commission's recommendations for a Uniform Industrial International Classification. Following these guidelines, the European Union has developed NACE (Regulation (EC) No 1893/2006 of the European Parliament and of the Council on the European Classification of Economic Activities) to harmonize economic classification systems across Europe. NACE is a four-digit code system that provides a framework for the collection and presentation of a wide range of statistical data related to economic activity in various fields, including production, employment, and national accounts. In Spain, Royal Decree 474/2007 establishes the National Classification of Economic Activities 2009 (CNAE), which is mandated for use by all government bodies and is utilized in this study. Throughout this article, we refer to it by its English acronym, NACE.

NACE is structured hierarchically, starting with 21 sections labeled A to U at the first level. The second level, comprising 88 divisions, is identified by a two-digit numerical code describing different economic activities. These divisions are further divided into 272 groups at the third level, identified by a three-digit code, with the first two digits corresponding to their division. The most detailed level consists of 629 classes describing specific economic activities. Economic activities of firms may be classified not just at the class level but sometimes also at the group or division level.

The classification code for a firm is self-reported at the time of registration or when annual accounts are submitted to the Spanish Commercial Registry (Registro Mercantil). This classification may change over time. For details on the uncertainty of NACE data, refer to Christensen [5].

International Patent Classification, IPC

The International Patent Classification (IPC) is an elaborate hierarchical system that encompasses sections, classes, sub-

classes, and groups. The latest IPC edition includes eight sections, around 120 classes, approximately 630 subclasses, and about 69,000 groups. It categorizes all technological fields into sections labeled A to H, ranging from "Human necessities" to "Electricity". Each section is further divided into classes, subclasses, and groups, providing a detailed framework for identifying technical features in patent documents. This classification facilitates patent examiners and other technology experts in conducting searches to determine prior art during the novelty and inventive step assessment of a patent application. Despite advancements in technology that ease patent information searches, the intellectual effort of patent experts globally is pivotal in maintaining and updating IPC classifications to keep pace with technological evolution. The IPC is managed by the World Intellectual Property Organization (WIPO), with ongoing contributions from patent office experts worldwide to ensure its relevance and accuracy.

Legal person tax identification number (NIF - Número de Identificación Fiscal)

The tax identification number allocated to Spanish firms by the tax authority bridges the gap between the economic and technical classifications. This number enables the association of firm's economic activity classifications with the main technical fields designated by the patent examiner for a firm's patent invention content.

DATA SET

We have collected data on Spanish patents, including European patents, national patents, and utility models, with applicants being legal entities registered in Spain, from January 1, 1990, to April 2020. Each record includes the publication date, application number, applicant name, applicant tax number (NIF), main IPC Classification, and the NACE classification corresponding to the legal entity. NACE classifications were

obtained through the use of the tax identification number. Patents attributed to firms lacking a known NACE classification were excluded. Any minor errors encountered were rectified using available internet databases.

In a collection of 190.688 published patents, we found 104.847 owned by legal persons. We were able to allocate the NACE classification of the owners to 57.059 patents. The reduction of the sample is not even in the different kinds of legal persons but it cannot affect the relation between patents and the economic activity of the patent owner.

From the Tax Identity number we can differentiate the sort of Legal Persons being most of them, 78,85%, filed by firms in the A and B categories (44.994 patents filed by private run firms). Public sector (P-S) have filed 9.436 applications (16,54%). Public sector patents are filed mainly by universities and research institutions.

Our dataset encompasses information on 57,059 patents, comprising 4,323 European patents, 27,412 Spanish patents, and 25,324 utility models. These patents were applied for by 14,521 distinct firms or institutions.

INFORMATION THEORY STATISTICS

Information theory was developed by Shannon to study communications. Since then it has been applied in a wide range of fields. i.e. in Ecology by Margalef [6] or in Patent Classification by Costantea et al. [7]

In our previous research, we incorporated information theory statistics to analyze the NACE and NIZA classifications and their interrelations. Information theory offers intuitive analytical tools, such as entropy and mutual information, to examine and characterize classifications. These tools enable us to measure the shared information between classifications and the entropy of one classification in relation to another. Importantly, this latter metric aids in predicting the most likely classification of a patent based on the economic classification of the producing firm, and vice versa, effectively showing the information one classification reveals about the other.

The use of a contingency table to cross-reference both classifications assists in elucidating their interrelationships. Such statistics find also application in mathematical methods for the automatic generation of classifications and in algorithms for automatic classification. The formulas applied in our study include:

Classification entropy (here for IPC Classes)

$$H(IPC\ classes) = - \sum_{i=1}^n p(IPC\ classes(i)) * \log_2(p(IPC\ classes(i))) \quad \text{Eq. (1)}$$

One classification entropy depending upon the other (IPC, depending upon NACE here)

$$H(ipc | cnae) = - \sum_{i=1}^n p(ipc(i)) * \log_2(p(ipc(i))); \quad cnae = j \quad \text{Eq. (2)}$$

Mutual information:

$$MI(ipc, cnae) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \log_2 \frac{p(ipc(i), cnae(j)) * p(ipc(i), cnae(j))}{p(ipc(i)) * p(cnae(j))} \quad \text{Eq. (3)}$$

Normalized Mutual Information. Two ways to calculate it, NMI:

$$NMI(ipc, nace) = \frac{MI(ipc, nace)}{\sqrt{H(ipc) * H(nace)}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Normalized Mutual Information allows us to compare Mutual Information of classifications regardless their size.

Joint Entropy

$$H(ipc, nace) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(ipc(i), nace(j)) * \log_2(p(ipc(i), nace(j))) \quad \text{Eq. (5)}$$

Information Variation

$$IV(ipc, nace) = H(ipc) + H(nace) - 2I(ipc, nace) \quad \text{Eq. (6)}$$

In all formulas, only cells containing data are considered, treating empty cells as having zero entropy.

The maximal entropy value correlates with the classification size, i.e., the number of cells available for patent classification (N). The highest entropy occurs in a classification where all cells are equally probable. Maximal Entropy grows asymptotically with the number of cells.

RESULTS

This section offers a detailed quantitative analysis of the dataset, employing information theory statistics to elucidate the relationship between IPC and NACE classifications.

Legal persons

The NIF contains information about the legal form of the company or type of entity.

Table 1 depicts the distribution of the sort of legal entities in the dataset that we are using for our study. Information should be interpreted cautiously as in the creation of the sample not all sorts of legal persons are represented equally.

Entropy information

Following the methodology from our previous work on trademarks and economic sectors, we calculated the entropy values using Information Theory Statistics. Shannon defined Entropy to measure the uncertainty and information content within communication channels. Application of equation (1) to IPC and NACE classifications yielded the following entropy values at different levels as shown in Table 2.

These figures suggest similar entropy levels for IPC and NACE, albeit with lower entropy for NACE compared to our trademark study (6.96 bits for Groups and 8.33 bits for Classes), underscoring the narrower economic activity range patents cover.

TABLE 1
FREQUENCY OF PATENT HOLDERS BY LEGAL ENTITY SORT

Frequency of firms	%		Legal person sort	Patents	Patents per legal person
4.182	28,80	A	Public Limited Companies	21.982	5,256
9.786	67,39	B	Limited Liability Companies	23.012	2,352
1	0,01	D	Limited Partnership	4	4,000
11	0,08	E	Joint ownerships and oder entities lacking legal personality	22	2,000
144	0,99	F	Cooperative societies	1.285	8,924
246	1,69	G	Associations	1.262	5,130
16	0,11	J	Civil Societies	21	1,313
12	0,08	P	Local Corporations	21	1,750
102	0,70	Q	Public Institutions	9.396	92,118
10	0,07	R	Congregations & religious institutions	32	3,200
8	0,06	S	State Administration & Autonomous Community Institutions	19	2,375
3	0,02	V	Economic Interest Grouping	3	1,000

Source: Author own work

**TABLE 2
CLASSIFICATIONS ENTROPY**

Classifications Entropy		Entropy
IPC	Classes	5,670
	Subclasses	7,771
NACE	Divisions	5,005
	Classes	7,333

Source: Author own work

Joint entropy

We also determined the Joint Entropy Equation (5) for IPC and NACE, revealing insights into their interrelation. As Table 3 shows joint Entropy increases with the granularity of the classification. Joint Entropy would be the sum of both classifications entropies if they would not share any information at all and it would be the value of the highest one if they share all the information.

**TABLE 3
JOINT ENTROPY OF BOTH
CLASSIFICATIONS**

Join Entropy		NACE	
		Divisions	Classes
IPC	Classes	9,527	11,037
	Subclasses	11,141	12,265

Source: Author own work

Mutual information

Mutual Information analysis, Eq. (3), demonstrates how much one classification reveals about the other. Notably, as Table 4 shows, Mutual Information increases as we go down to more granular levels of the classifications. Mutual Information for IPC Classes vs. NACE Divisions is 1.148 bits and vs. Classes 1.966 bits while IPC Subclasses

vs. NACE Divisions yields 1.635 bits, and vs. NACE Classes 2.837.

**TABLE 4
MUTUAL INFORMATION OF THE
CLASSIFICATIONS**

Mutual Information		NACE	
		Divisions	Classes
IPC	Classes	1,148	1,966
	Subclasses	1,635	2,839

Source: Author own work

Normalized mutual information

Normalized Mutual Information, Eq. (4), calculated to facilitate comparison across classification sizes, confirms that deeper classification levels share more Mutual Information as seen in Table 5. This trend contrasts with our trademark study, highlighting the unique interplay between patent classifications and economic sectors.

Normalized Mutual Information for IPC Classes vs. NACE Divisions is 0.351, increasing to 0.730 for IPC Subclasses vs. NACE Classes.

**TABLE 5
NORMALIZED MUTUAL INFORMATION**

Normalized Mutual Information		NACE	
		Divisions	Classes
IPC	Classes	0,351	0,545
	Subclasses	0,457	0,730

Source: Author own work

Meila [8] introduces the variation of information, inverse of Mutual Information, as a function that measures the distance between two partitions of the same data set. In accordance to existing terminology, such a function is called a criterion for comparing partitions. Meila stresses the intuitive value of the Information Theory metrics. Those metrics are all interrelated and Information Variation can be calculated from the entropies of both classifications and their mutual information.

Dependent entropy

Dependent Entropy, Eq. (2) defined as the entropy of one classification given knowledge of the other, enables the comparison of classifications through contingency tables. Lower dependent entropy values suggest a strong relationship between classifications at the analyzed hierarchical level, indicating a high degree of predictability in one classification based on knowledge of the other. We present the results of crossing NACE Divisions within IPC Classes, NACE Classes within IPC Classes, IPC Classes within NACE Divisions and IPC Subclasses within NACE Divisions. That is, dependent entropy at different levels of both classifications.

NACE divisions within IPC classes

Analysis of the frequencies of NACE divisions within IPC classes (Table 6 A & B in annexes) highlights the most economically active sectors in patent filing across various technological fields:

The predominant fields in our data set include Medical or veterinary science (A61), Furniture and domestic appliances (A47), and Materials handling (B65), with these three fields alone accounting for 40% of patent activity among Spanish firms.

Notably, sectors such as Building (E04), Agriculture (A01), Measuring and testing (G01), and Vehicles (B60) also show significant patent activity.

These data provide valuable insights into the dominant sectors of Spanish patent activity, reflecting the nation's innovation landscape. To carry this analysis we will focus on the IPC classes with the highest and lowest values of entropy.

Low Entropy Examples: IPC Class A43 (Footwear) shows exceptionally low entropy, primarily due to its significant association with the manufacture of leather and related products (NACE Division 15). Similarly, IPC Class C07 (Organic Chemistry) demonstrates low entropy, with a substantial portion of patents belonging to the pharmaceutical sector (NACE Division 21).

High Entropy Fields: Conversely, areas like Agriculture (A01) and Shipbuilding (B63) exhibit high entropy, indicating a wide vari-

ety of economic sectors involved in patenting activities within these fields, making it challenging to predict the NACE classification based on the IPC class.

NACE classes within IPC classes

Further analysis at the NACE class level (Table 7 A & B in annexes) reveals that Organic Chemistry (C07) and Biochemistry (C12) show low dependent entropy, reflecting a concentrated pattern of patenting activity within specific economic activities, notably in research and pharmaceuticals.

In contrast, fields such as Material Handling (B65) display high entropy, suggesting a broad diversity of economic activities contributing to patent filings in this area. From a statistical point of view, knowing the field in which they protect patents does not help much to know in which NACE class they are classified.

IPC classes within NACE divisions

This section examines the distribution of IPC Classes across various NACE Divisions, (Table 8 A & B in annexes), identifying the economic sectors most active in patent filings:

Eight economic activities each account for over 2,000 patents, led by education (Division 85) with 6,042 patents and followed closely by wholesale trade (Division 46), machinery manufacturing (Division 28), and fabricated metal products (Division 25), among others.

Interestingly, only half of these top divisions are associated with manufacturing, with the remaining sectors relating to services, impacting the mutual information between classifications due to their diverse nature.

These eight divisions represent more than half (53.59%) of the patents in the dataset, highlighting the significant concentration of patent activity within specific economic sectors.

Low Entropy Divisions are mainly found among manufacture divisions. Division 21 (pharmaceuticals) displays exceptionally low entropy, especially in IPC Classes A61 (medical or veterinary science) and C07 (organic chemistry), indicating a strong alignment between this economic sector and specific technological fields.

Division 17 (paper products) also shows low entropy, primarily in IPC Class B65 (material handling), suggesting a concentrated patenting effort in areas directly related to the division's focus.

Division 10 (Food Industry) shows low entropy but the innovation area where they file most of the patents corresponds to A23 Class in the Packaging field.

Contrastingly, divisions like wholesale trade (46), retail trade (47), and education (85) exhibit high entropy, reflecting their service-oriented nature and the diverse technological fields in which they file patents, thus showing low prediction value of these classifications. Results show that Division 46 is responsible of a high number of patents because the firms in this Division are really goods producers. As all the firms producing goods sell their products, Division 46 should be reserved to firms whose main activity is wholesale trading and not goods producing. Division 46 has many product-oriented firms under a service activity classification what impacts in the results.

Although we would not expect service oriented divisions to have lower entropy values, we found some of them, like telecommunications (61) and health activities (86), that do as they align closely with specific IPC Classes (H04 and A61, respectively).

Other Service-oriented divisions (72, 80, 85), despite their high patent filing frequencies and entropy values, provide valuable insights into the research and educational activities of the entities involved, underscoring their role in the broader innovation ecosystem. We have observed that some research institutions have been wrongly classified in division 80 and should be in 72.

This analysis shows the complexity and diversity of the relationship between economic activities and patent filings, highlighting sectors with concentrated innovation efforts as well as those with broader, more diverse technological interests.

IPC subclasses within NACE divisions

The analysis extends to the distribution of IPC Subclasses across NACE Divisions (Table 9 A & B in annexes), revealing:

Entropy values are generally higher for IPC Subclasses compared to Classes, indicating greater diversity and specificity in patent filings within more detailed technological areas.

Division 17 (paper products) and Division 21 (pharmaceuticals) showcase low entropy, highlighting a concentrated pattern of patent activity in specific technological subclasses relevant to their economic activities.

At this IPC subclass level Division 10 (food industry) relates to B65D subclass, dealing with innovation in packaging, showing that the innovative activity of the food industry relates mainly to the packaging technology.

Contrastingly, divisions like 28 (machinery manufacturing) and 71 (architectural and engineering activities) exhibit high entropy, suggesting a broad range of technological innovations stemming from these sectors.

DISCUSSION

Patents show a lower entropy value compared to trademarks, suggesting a narrower range of economic sectors involved in patent production. This reflects a focused innovation landscape where significant patent activity is concentrated in a few key technological sectors.

The analysis underscores a clear distinction between manufacturing and service sectors in terms of their patent filing behaviours and the related technological fields. While manufacturing sectors often show lower entropy, indicating a close match with specific IPC fields, service sectors tend to have higher entropy due to their broader and more varied innovation activities. However, few service sectors (Telecommunications and Health activities) show innovation activity in very specific IPC fields.

The study highlights the complexities of creating concordance tables between economic and patent classifications, exacerbated by the dynamic nature of IPC classifications adapting to technological advancements. Nevertheless, some fields show predictive properties as they share more mutual information allowing us to build concordance tables. The Information Theory Statistics provide us with metrics that allow us to measure the predictabil-

ity of one classification based on the other one. Each category within the classification has different predictability.

The fact that Division 46 houses many firms that are actually product oriented ones is a problem that distorts the analysis of this information.

Patent classifications serve as economic indicators, yet the findings caution against overly simplistic interpretations of patent activity as direct representations of industry-wide innovation, especially in sectors like food industry where innovation in packaging is significant.

CONCLUSION

This analysis provides valuable insights into the dynamics of patent filings across economic sectors, illustrating the intricate relationship between sectoral economic activities and technological innovation. It emphasizes the diversity of innovation across sectors, the specific alignment between certain economic activities and technological fields, and the challenges in using patent data to fully capture the breadth of innovation activities across the economy.

The use of the Spanish Tax Identification system allows us to carry the empirical study linking the main IPC classification of the Spanish patents to the economic activity of the patent holders.

Information theory statistics proves to be a useful tool to analyse patent and economic classifications and it could be helpful to further developing the classifications.

Knowing the information that each classification has from the other one allows us to build concordance tables with quantitative information.

The detailed examination enriches our understanding of the innovation ecosystem, underscoring the need for nuanced

approaches in linking economic activities with patent data to inform innovation policy and research.

Theory Information Statistics as can provide tools to develop and improve classifications as they allow to measure information and shared information between classifications.

REFERENCES

- [1] Lybbert, T. & Zolas, N. (2014): "Getting patents and economic data to speak to each other: An 'Algorithmic Links with Probabilities' approach for joint analyses of patenting and economic activity", *Research Policy* 43 (2014) 530-542. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.09.001>.
- [2] Dorner, M & Harhoff, D. A novel technology-industry concordance table based on linked inventor-establishment data, *Research Policy*, Volume 47, Issue 4, 2018, Pages 768-781, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.02.005>.
- [3] Turmo C., *Actividad económica y marcas: Análisis de la relación entre la clasificación de actividades económicas CNAE y la clasificación de marcas de NIZA* *Economía Industrial* 413 (2019) 149-170
- [4] Turmo C., *Actividad económica y marcas; productos versus servicios*, *Economía Industrial* 415 (2020) 127-139
- [5] Christensen J., The ability of current statistical classifications to separate services and manufacturing. *Structural Change and Economic Dynamics* (2013) 47-60 <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2013.06.002>
- [6] Margalef, R. (1958) *Information Theory in Ecology*. *General Systems*, 3, 36-71.
- [7] Costantea, Ioana, Boț, Radu & Wanka, Gert, Patent document classification based on mutual information feature selection, *Italian Journal of Pure and Applied Mathematics*, 23 (2008) 121-136
- [8] Meilă M., Comparing clusterings—an information based distance, *Journal of Multivariate Analysis* 98 (2007) 873-895. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2006.11.013>

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank Mr. Carlos Escalante (CABSA DIGITAL SOLUTIONS) and Iberinform for providing us the NACE classifications we have used in our data set.

ABOUT THE AUTHOR

Carlos Turmo Blanco is Technical Adviser at the Information Technology Division of the Spanish Patent and Trademark Office (OEPM), where he is responsible for Data Protection. He holds a PhD in Biology and has extensive experience in IT management, e-government, open data, and data protection, both at the OEPM and other Spanish public institutions.

ANNEXES

TABLE 6 A
NACE DIVISIONS DEPENDING ON IPC CLASSES

IPC Class	Frequency	Entropy	NACE Division	%								
A 01	2.222	1,367	85	14,54	28	12,96	46	10,04	22	6,93	80	6,93
A 21	229	0,971	10	31,88	28	26,64	46	5,68	27	5,24	85	5,24
A 22	259	1,035	28	33,59	10	15,83	46	9,65	22	8,49	47	3,86
A 23	1.357	1,091	10	24,32	28	14,08	46	11,35	80	11,35	85	11,35
A 24	71	1,213	46	12,68	85	12,68	12	11,27	17	9,86	18	8,45
A 41	309	1,151	46	23,95	14	17,15	13	14,24	47	8,41	32	3,24
A 42	107	1,216	46	15,89	13	13,08	22	13,08	45	6,54	47	6,54
A 43	480	0,944	15	39,79	46	23,96	22	3,96	32	3,96	68	3,54
A 44	245	1,075	46	26,53	32	20,82	47	8,98	24	5,31	15	4,49
A 45	518	1,225	46	26,83	22	15,06	32	7,72	47	4,83	85	4,05
A 46	81	0,886	22	35,80	32	24,69	86	7,41	25	6,17	13	4,94
A 47	4.391	1,299	31	20,36	46	14,64	25	9,79	22	6,99	27	5,03
A 61	4.726	1,200	85	20,50	21	14,90	72	11,45	46	9,86	80	7,93
A 62	172	1,393	25	12,79	46	11,05	26	6,98	72	6,40	85	6,40
A 63	1.238	1,061	32	45,48	46	10,26	85	6,95	47	3,88	74	3,23
B 01	1.197	1,208	85	29,41	80	15,46	28	6,35	72	6,10	46	5,26
B 02	90	1,014	28	45,56	71	5,56	72	4,44	85	4,44	24	3,33
B 03	47	1,204	28	14,89	38	10,64	85	10,64	80	8,51	25	6,38
B 04	12	0,788	28	41,67	25	8,33	26	8,33	27	8,33	33	8,33
B 05	361	1,199	28	29,36	46	13,30	20	6,65	85	6,65	22	5,82
B 06	19	0,753	80	36,84	28	15,79	46	15,79	29	10,53	85	10,53
B 07	88	1,201	28	26,14	72	9,09	85	7,95	25	6,82	46	6,82
B 08	136	1,283	28	19,85	46	9,56	71	9,56	25	8,09	85	5,88
B 09	67	1,197	85	17,91	28	13,43	80	11,94	71	7,46	20	5,97
B 21	322	1,077	28	34,78	25	12,42	64	7,76	85	7,14	24	5,90
B 22	122	1,126	85	18,85	72	13,11	28	11,48	46	10,66	80	7,38
B 23	518	1,027	28	39,38	25	10,42	27	8,49	85	8,49	72	5,60
B 24	145	0,921	28	37,93	23	22,76	46	8,97	64	6,21	25	3,45
B 25	312	1,102	25	29,81	28	18,27	46	8,01	85	7,69	72	6,09
B 26	150	0,975	28	39,33	25	15,33	46	11,33	71	5,33	22	4,00
B 27	153	1,154	28	15,69	16	13,73	25	13,07	46	12,42	85	9,15
B 28	348	1,016	28	40,23	23	13,22	25	7,47	45	5,75	46	5,17
B 29	500	1,249	22	14,00	46	14,00	28	13,60	71	9,80	72	9,20
B 30	89	0,766	28	60,67	64	5,62	46	4,49	68	4,49	22	3,37
B 31	211	0,953	46	28,44	17	19,43	28	18,01	1	7,58	35	3,79
B 32	224	1,376	22	13,39	46	8,04	85	7,59	23	6,70	16	5,80
B 33	5	0,217	85	80,00	80	20,00						
B 41	283	0,944	28	49,47	18	7,07	46	5,65	22	5,30	20	4,59
B 42	256	1,258	18	19,92	17	12,89	46	10,55	73	7,81	74	7,42
B 43	50	1,158	46	18,00	32	12,00	72	8,00	85	8,00	17	6,00
B 44	106	1,207	23	15,09	28	14,15	85	11,32	46	9,43	22	6,60
B 60	2.103	1,087	29	39,90	46	9,22	71	8,27	28	7,04	25	4,33
B 61	206	0,903	30	48,54	49	12,62	47	4,37	71	4,37	85	3,88
B 62	887	1,208	46	24,92	29	19,05	32	6,31	85	4,74	25	4,51
B 63	252	1,375	71	14,68	85	13,49	28	7,94	30	5,56	46	4,76
B 64	160	1,112	30	23,75	71	16,25	85	14,38	28	8,75	72	6,25
B 65	4.381	1,300	22	15,57	17	15,36	28	13,10	46	12,23	25	4,95
B 66	573	1,104	28	35,25	64	9,77	25	8,03	24	7,16	46	5,41
B 67	263	1,141	46	20,91	28	19,39	22	12,17	11	9,89	25	6,08
B 68	21	0,876	15	33,33	13	14,29	28	14,29	14	9,52	22	4,76
B 81	28	0,599	85	35,71	26	28,57	80	25,00	72	7,14	64	3,57
B 82	121	0,624	85	44,63	80	28,10	72	16,53	11	3,31	35	1,65
C 01	235	0,981	85	30,21	80	25,11	72	11,06	20	8,09	24	2,98
C 02	418	1,278	85	22,25	72	7,89	20	7,42	28	7,18	36	6,94
C 03	114	1,052	20	22,81	27	18,42	23	14,04	71	7,02	80	7,02
C 04	334	1,061	85	25,45	80	19,16	23	11,98	46	8,38	72	7,78
C 05	105	0,892	20	42,86	85	17,14	80	8,57	46	6,67	38	3,81
C 06	26	0,586	20	50,00	64	23,08	84	15,38	43	3,85	70	3,85
C 07	1.050	0,869	21	28,57	85	22,95	80	14,67	46	12,29	72	8,57
C 08	268	1,189	85	22,39	20	14,18	80	11,57	72	7,84	22	6,34
C 09	156	1,130	20	23,72	85	16,03	80	12,82	46	8,97	72	7,69

Source: Author own work

TABLE 6 B
NACE DIVISIONS DEPENDING ON IPC CLASSES

IPC Class	Frequency	Entropy	NACE Division	%	NACE Division	%	NACE Division	%	NACE Division	%	NACE Division	%
C 10	103	1,125	80	15,53	71	14,56	85	13,59	46	7,77	64	7,77
C 11	79	0,855	20	43,04	85	13,92	80	10,13	10	7,59	46	6,33
C 12	1,070	0,907	85	34,11	72	20,09	80	20,09	86	4,86	21	2,34
C 13	4	0,602	28	25,00	46	25,00	55	25,00	72	25,00		
C 14	5	0,699	20	20,00	45	20,00	46	20,00	72	20,00	80	20,00
C 21	32	1,020	72	25,00	85	15,63	80	12,50	24	6,25	28	6,25
C 22	97	0,966	24	19,59	72	19,59	80	18,56	85	14,43	71	6,19
C 23	92	0,919	85	27,17	80	22,83	72	19,57	64	5,43	24	4,35
C 25	58	1,124	72	17,24	85	17,24	25	8,62	27	8,62	24	6,90
C 30	15	0,383	80	53,33	85	40,00	72	6,67				
C 40	2	0,000	85	100,00								
D 01	47	0,734	28	53,19	13	10,64	46	8,51	85	6,38	32	4,26
D 02	13	0,614	13	38,46	28	30,77	14	15,38	46	7,69	72	7,69
D 03	68	0,810	13	48,53	46	13,24	14	10,29	85	7,35	27	4,41
D 04	42	0,951	28	28,57	13	21,43	27	9,52	46	7,14	72	7,14
D 05	10	0,518	28	40,00	46	40,00	14	10,00	31	10,00		
D 06	450	0,865	27	51,78	28	11,33	22	6,00	64	4,00	13	3,78
D 07	7	0,641	13	42,86	27	14,29	28	14,29	64	14,29	85	14,29
D 21	33	0,927	85	39,39	84	12,12	46	9,09	17	6,06	80	6,06
E 01	653	1,381	25	11,03	42	9,04	71	8,42	43	7,20	22	6,43
E 02	349	1,278	71	13,75	85	12,32	43	9,74	24	9,17	23	6,59
E 03	366	1,162	22	19,95	23	15,57	46	12,84	28	9,02	25	5,19
E 04	2,958	1,296	25	18,66	23	11,56	46	10,01	43	7,40	22	6,22
E 05	984	1,043	25	44,82	46	8,23	27	6,00	29	5,89	24	3,46
E 06	926	1,044	25	35,96	16	12,96	46	9,83	24	5,29	22	4,97
E 21	80	1,160	28	16,25	42	13,75	43	11,25	84	8,75	71	7,50
F 01	117	1,083	85	23,08	29	14,53	91	12,82	27	10,26	28	6,84
F 02	170	1,041	29	32,94	85	13,53	26	9,41	27	7,65	28	4,71
F 03	505	0,884	28	48,91	85	10,10	71	8,91	35	6,34	72	5,15
F 04	130	1,086	28	30,77	46	13,85	27	7,69	82	6,92	72	6,15
F 15	34	0,877	27	20,59	28	17,65	85	17,65	25	14,71	46	14,71
F 16	1,729	1,284	25	13,71	46	13,30	28	12,61	27	11,16	22	8,91
F 17	62	0,831	46	50,00	32	11,29	25	6,45	35	4,84	20	3,23
F 21	691	0,985	27	41,53	46	20,26	25	4,78	26	4,34	22	2,75
F 22	14	0,958	25	21,43	43	14,29	77	14,29	24	7,14	27	7,14
F 23	252	1,101	27	23,41	25	21,43	28	9,92	64	9,13	46	5,56
F 24	1,167	1,173	27	28,02	25	9,17	35	7,63	46	6,77	85	6,26
F 25	292	1,199	27	18,49	64	14,38	28	13,70	25	7,88	43	6,85
F 26	32	1,028	28	21,88	46	15,63	25	9,38	43	9,38	23	6,25
F 27	38	1,029	28	15,79	23	13,16	46	13,16	20	10,53	24	10,53
F 28	131	1,017	29	37,40	85	9,92	25	9,16	28	6,11	27	4,58
F 41	182	1,002	25	37,91	47	12,09	46	9,89	13	5,49	26	4,95
F 42	74	0,903	25	31,08	20	28,38	46	12,16	64	4,05	28	2,70
G 01	2,152	1,130	85	37,17	72	11,52	80	9,39	26	6,32	71	4,51
G 02	274	1,037	85	35,77	46	12,04	72	11,31	26	6,93	27	5,47
G 03	77	1,271	85	19,48	72	9,09	26	7,79	74	6,49	80	6,49
G 04	23	0,921	46	30,43	26	17,39	47	8,70	72	8,70	85	8,70
G 05	280	1,221	85	21,43	27	15,71	46	7,50	26	7,14	28	6,79
G 06	751	1,254	85	29,16	62	10,25	72	8,39	46	6,52	71	6,52
G 07	556	1,230	28	30,40	46	10,25	74	10,07	26	6,12	71	4,32
G 08	259	1,372	85	13,51	46	9,65	26	8,88	27	7,72	71	6,95
G 09	756	1,411	73	13,89	18	13,76	46	8,99	25	5,29	27	4,89
G 10	87	1,115	85	26,44	74	11,49	28	9,20	61	8,05	32	6,90
G 11	59	1,113	22	23,73	18	11,86	46	11,86	15	8,47	80	6,78
G 12	13	0,958	80	23,08	29	15,38	26	7,69	27	7,69	28	7,69
G 16	2	0,000	86	100,00								
G 21	41	0,949	24	24,39	72	19,51	85	17,07	35	7,32	71	7,32
H 01	1,309	1,045	27	34,68	26	16,42	85	12,38	46	6,65	80	3,44
H 02	862	1,031	27	41,30	85	11,48	46	7,08	26	6,38	28	5,34
H 03	140	0,895	85	34,29	26	23,57	71	8,57	80	7,14	64	6,43
H 04	945	1,082	61	28,68	85	15,34	26	14,07	46	8,04	62	6,14
H 05	391	0,764	27	57,03	26	15,09	46	4,86	85	3,32	25	2,56

Source: Author own work

TABLE 7 A
NACE CLASSES DEPENDING ON IPC CLASSES

| IPC class | Frequency | Entropy | NACE class | %
|-----------|-----------|---------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|------|
| A 01 | 2.222 | 6,14153 | 8543 | 12,42 | 2830 | 10,58 | 8030 | 6,93 | 2229 | 4,19 | 4661 | 3,78 |
| A 21 | 229 | 4,8314 | 2893 | 17,47 | 1071 | 15,28 | 1043 | 6,11 | 1072 | 4,80 | 2751 | 4,80 |
| A 22 | 259 | 4,61613 | 2893 | 29,34 | 1013 | 9,27 | 2222 | 8,11 | 6209 | 2,70 | 6820 | 2,70 |
| A 23 | 1.357 | 5,8105 | 8030 | 11,35 | 8543 | 9,80 | 2893 | 9,29 | 1043 | 3,76 | 7211 | 3,24 |
| A 24 | 71 | 4,74765 | 8543 | 12,68 | 1200 | 11,27 | 1712 | 8,45 | 1812 | 5,63 | 3212 | 4,23 |
| A 41 | 309 | 5,95017 | 4642 | 7,12 | 1414 | 4,53 | 1320 | 4,21 | 1413 | 4,21 | 4641 | 3,56 |
| A 42 | 107 | 5,04889 | 1399 | 10,28 | 2219 | 6,54 | 7740 | 6,54 | 2229 | 5,61 | 4649 | 5,61 |
| A 43 | 480 | 4,24217 | 1520 | 39,17 | 4642 | 10,83 | 4616 | 3,33 | 4624 | 3,13 | 2219 | 2,29 |
| A 44 | 245 | 5,29544 | 3212 | 11,84 | 3213 | 6,94 | 4672 | 6,53 | 4648 | 5,71 | 2454 | 4,90 |
| A 45 | 518 | 5,97399 | 2229 | 11,58 | 4649 | 5,98 | 3240 | 5,21 | 4645 | 4,25 | 8543 | 3,86 |
| A 46 | 81 | 3,45837 | 2229 | 29,63 | 3291 | 20,99 | 8623 | 7,41 | 2593 | 6,17 | 1392 | 4,94 |
| A 47 | 4.391 | 6,52044 | 3109 | 11,36 | 2229 | 4,78 | 3103 | 4,74 | 2751 | 4,24 | 3101 | 3,69 |
| A 61 | 4.726 | 5,1188 | 8543 | 18,35 | 2120 | 13,04 | 8030 | 7,94 | 7211 | 5,57 | 4646 | 4,91 |
| A 62 | 172 | 5,82928 | 2651 | 5,81 | 2599 | 5,23 | 8543 | 5,23 | 4690 | 4,65 | 7219 | 4,65 |
| A 63 | 1.238 | 4,64531 | 3240 | 39,98 | 8543 | 5,57 | 4649 | 5,09 | 3230 | 4,85 | 4690 | 2,26 |
| B 01 | 1.197 | 5,14697 | 8543 | 26,15 | 8030 | 15,37 | 7112 | 3,76 | 7219 | 3,43 | 2899 | 2,34 |
| B 02 | 90 | 4,92283 | 2893 | 12,22 | 2830 | 10,00 | 2829 | 6,67 | 7112 | 5,56 | 2891 | 4,44 |
| B 03 | 47 | 4,73832 | 8543 | 10,64 | 8030 | 8,51 | 2899 | 6,38 | 2120 | 4,26 | 2599 | 4,26 |
| B 04 | 12 | 2,9183 | 2893 | 33,33 | 2599 | 8,33 | 2660 | 8,33 | 2751 | 8,33 | 2899 | 8,33 |
| B 05 | 361 | 5,89649 | 2830 | 8,31 | 4669 | 6,65 | 8543 | 6,09 | 2229 | 4,43 | 2829 | 4,16 |
| B 06 | 19 | 2,89785 | 8030 | 36,84 | 2931 | 10,53 | 4690 | 10,53 | 8543 | 10,53 | 2651 | 5,26 |
| B 07 | 88 | 5,23898 | 2830 | 7,95 | 8543 | 6,82 | 2892 | 5,68 | 7219 | 5,68 | 2893 | 4,55 |
| B 08 | 136 | 5,89332 | 2893 | 5,88 | 8543 | 5,88 | 7111 | 4,41 | 7112 | 4,41 | 4669 | 3,68 |
| B 09 | 67 | 4,53282 | 8543 | 14,93 | 8030 | 11,94 | 2812 | 8,96 | 3811 | 5,97 | 7112 | 5,97 |
| B 21 | 322 | 5,45855 | 2849 | 9,32 | 6420 | 7,76 | 8543 | 6,83 | 2899 | 6,52 | 2891 | 4,04 |
| B 22 | 122 | 4,70025 | 8543 | 16,39 | 8030 | 7,38 | 2891 | 6,56 | 4669 | 6,56 | 4110 | 5,74 |
| B 23 | 518 | 5,53467 | 2849 | 9,85 | 8543 | 7,14 | 2829 | 6,95 | 2841 | 6,18 | 2891 | 5,60 |
| B 24 | 145 | 4,40911 | 2391 | 20,00 | 2849 | 19,31 | 2841 | 8,28 | 6420 | 6,21 | 2829 | 3,45 |
| B 25 | 312 | 5,21708 | 2573 | 23,08 | 8543 | 7,69 | 2824 | 4,49 | 2829 | 2,88 | 7112 | 2,88 |
| B 26 | 150 | 5,3042 | 2893 | 8,00 | 4669 | 6,67 | 2571 | 5,33 | 2895 | 5,33 | 2829 | 4,67 |
| B 27 | 153 | 5,2506 | 2573 | 10,46 | 8543 | 8,50 | 2899 | 7,84 | 1621 | 5,23 | 1629 | 5,23 |
| B 28 | 348 | 5,35551 | 2892 | 13,22 | 2849 | 10,06 | 2899 | 8,33 | 2829 | 5,17 | 2361 | 3,45 |
| B 29 | 500 | 5,62 | 4669 | 9,40 | 7112 | 9,20 | 2229 | 7,80 | 7219 | 6,60 | 8543 | 4,20 |
| B 30 | 89 | 4,46739 | 2829 | 15,73 | 2822 | 10,11 | 2899 | 10,11 | 2849 | 7,87 | 2893 | 5,62 |
| B 31 | 211 | 3,98253 | 4669 | 27,01 | 1721 | 14,69 | 2895 | 11,37 | 123 | 7,58 | 3519 | 3,79 |
| B 32 | 224 | 6,05109 | 8543 | 6,25 | 2229 | 5,80 | 7112 | 4,46 | 2222 | 3,13 | 2849 | 3,13 |
| B 33 | 5 | 1,37095 | 8543 | 60,00 | 8030 | 20,00 | 8532 | 20,00 | | | | |
| B 41 | 283 | 4,67463 | 2896 | 21,20 | 2899 | 13,43 | 1812 | 6,01 | 2829 | 5,65 | 2849 | 4,24 |
| B 42 | 256 | 5,21697 | 1812 | 17,58 | 1723 | 9,38 | 7311 | 7,42 | 7420 | 5,86 | 4649 | 3,52 |
| B 43 | 50 | 4,65418 | 3240 | 10,00 | 4690 | 10,00 | 3101 | 6,00 | 4762 | 6,00 | 8543 | 6,00 |
| B 44 | 106 | 5,3345 | 8543 | 11,32 | 2849 | 10,38 | 2331 | 4,72 | 1812 | 3,77 | 2370 | 3,77 |
| B 60 | 2.103 | 5,2423 | 2910 | 18,12 | 2932 | 16,36 | 7112 | 7,89 | 2920 | 4,95 | 8543 | 3,99 |
| B 61 | 206 | 3,68193 | 3020 | 47,09 | 4900 | 6,31 | 4779 | 3,88 | 8543 | 3,88 | 7112 | 3,40 |
| B 62 | 887 | 5,66086 | 4649 | 12,85 | 2932 | 10,26 | 2910 | 5,19 | 3240 | 4,74 | 4618 | 4,62 |
| B 63 | 252 | 5,57 | 7112 | 12,30 | 8543 | 10,71 | 3011 | 3,57 | 9102 | 3,17 | 4520 | 2,78 |
| B 64 | 160 | 4,21829 | 3030 | 23,75 | 7112 | 13,13 | 8543 | 13,13 | 2822 | 6,88 | 7211 | 3,75 |
| B 65 | 4.381 | 6,56159 | 1721 | 13,74 | 2222 | 7,40 | 2229 | 5,68 | 2829 | 2,44 | 2899 | 2,19 |
| B 66 | 573 | 4,97824 | 2822 | 25,65 | 6420 | 9,77 | 2410 | 6,46 | 7112 | 3,66 | 2932 | 3,49 |
| B 67 | 263 | 5,53422 | 2893 | 11,03 | 2221 | 7,98 | 1105 | 7,22 | 4649 | 5,70 | 2899 | 4,18 |
| B 68 | 21 | 3,03963 | 1512 | 33,33 | 1392 | 14,29 | 1419 | 9,52 | 2829 | 9,52 | 2229 | 4,76 |
| B 81 | 28 | 2,15804 | 8543 | 32,14 | 2630 | 28,57 | 8030 | 25,00 | 7219 | 7,14 | 6420 | 3,57 |
| B 82 | 121 | 2,73698 | 8543 | 35,54 | 8030 | 28,10 | 7211 | 9,09 | 8532 | 6,61 | 7219 | 5,79 |
| C 01 | 235 | 3,94155 | 8543 | 26,81 | 8030 | 25,11 | 7219 | 7,66 | 2011 | 3,40 | 2013 | 2,55 |
| C 02 | 418 | 5,52074 | 8543 | 18,18 | 3600 | 6,94 | 7112 | 5,50 | 7219 | 4,55 | 2059 | 2,87 |
| C 03 | 114 | 4,49777 | 2751 | 17,54 | 2030 | 10,53 | 2012 | 8,77 | 8030 | 7,02 | 7112 | 6,14 |
| C 04 | 334 | 4,90411 | 8030 | 19,16 | 8543 | 17,66 | 8541 | 6,59 | 7219 | 5,69 | 4673 | 3,29 |
| C 05 | 105 | 3,59601 | 2015 | 37,14 | 8543 | 15,24 | 8030 | 8,57 | 3821 | 3,81 | 4613 | 2,86 |
| C 06 | 26 | 1,946 | 2051 | 50,00 | 6420 | 23,08 | 8422 | 15,38 | 4322 | 3,85 | 7022 | 3,85 |
| C 07 | 1.050 | 3,72758 | 8543 | 19,62 | 2120 | 17,52 | 8030 | 14,67 | 2110 | 11,05 | 4646 | 7,33 |
| C 08 | 268 | 5,02201 | 8543 | 19,40 | 8030 | 11,57 | 3103 | 3,73 | 7211 | 3,73 | 7219 | 3,73 |
| C 09 | 156 | 4,8538 | 8543 | 15,38 | 8030 | 12,82 | 2030 | 8,97 | 7219 | 7,69 | 2059 | 5,13 |

Source: Author own work

TABLE 7 B
NACE CLASSES DEPENDING ON IPC CLASSES

IPC class	Frequency	Entropy	NACE class	%	NACE class	%	NACE class	%	NACE class	%	NACE class	%
C 10	103	4,45804	8030	15,53	8543	12,62	6420	7,77	7111	7,77	7112	6,80
C 11	79	3,96302	2041	27,85	8030	10,13	2042	8,86	8543	8,86	1043	5,06
C 12	1.070	3,84806	8543	29,63	8030	20,09	7211	11,68	7219	6,54	8541	2,62
C 13	4	2	2893	25,00	4621	25,00	5510	25,00	7211	25,00		
C 14	5	2,32193	2016	20,00	4531	20,00	4664	20,00	7219	20,00	8030	20,00
C 21	32	3,90252	8543	15,63	8030	12,50	7211	9,38	7219	9,38	3831	6,25
C 22	97	3,98827	8030	18,56	8543	14,43	2444	10,31	7219	10,31	7112	6,19
C 23	92	3,7208	8030	22,83	8543	21,74	7211	7,61	7219	7,61	6420	5,43
C 25	58	4,32116	8543	17,24	7219	12,07	8030	6,90	2751	5,17	3299	5,17
C 30	15	1,27291	8030	53,33	8543	40,00	7219	6,67	104	0,00	110	0,00
C 40	2	0	8543	100,00								
D 01	47	3,0493	2894	44,68	2829	8,51	1320	6,38	8543	6,38	3299	4,26
D 02	13	2,93121	2894	30,77	1392	15,38	1310	7,69	1320	7,69	1399	7,69
D 03	68	3,98927	1320	29,41	1414	8,82	1392	7,35	8543	7,35	1396	4,41
D 04	42	3,57948	2894	28,57	1395	11,90	2732	9,52	7219	7,14	8543	7,14
D 05	10	2,32193	2894	40,00	4616	20,00	1431	10,00	3103	10,00	4645	10,00
D 06	450	3,52378	2751	50,89	2894	6,22	2829	4,00	6420	4,00	2222	2,89
D 07	7	2,52164	1310	28,57	1320	14,29	2732	14,29	2815	14,29	6420	14,29
D 21	33	3,22301	8543	39,39	8411	12,12	4669	6,06	8030	6,06	1043	3,03
E 01	653	6,10279	2511	6,89	7112	6,13	8543	5,36	4211	4,90	3020	4,29
E 02	349	5,58299	7112	11,46	8543	11,17	2452	4,58	2451	3,72	2361	3,15
E 03	366	5,02677	2342	14,75	2229	13,93	2814	6,01	4674	6,01	4110	4,10
E 04	2.958	6,49355	2511	8,76	2512	5,92	8543	5,41	4673	3,58	7112	3,31
E 05	984	4,80963	2572	32,01	2512	7,11	2790	4,98	4674	3,56	2932	2,74
E 06	926	4,96683	2512	26,67	1623	11,02	2599	3,24	4674	3,24	4672	2,81
E 21	80	4,49862	2892	12,50	8430	8,75	4339	7,50	7112	7,50	4213	6,25
F 01	117	4,32738	8543	19,66	2932	12,82	9102	12,82	2711	5,98	2811	4,27
F 02	170	4,08854	2932	27,06	8543	13,53	2611	9,41	2711	4,71	7219	4,12
F 03	505	3,53421	2811	46,14	8543	9,50	7112	8,32	3519	4,55	7219	2,38
F 04	130	4,67218	2813	20,00	2751	6,92	8299	6,92	7219	5,38	4643	4,62
F 15	34	4,20881	8543	14,71	2711	8,82	2790	8,82	4669	8,82	2511	5,88
F 16	1.730	6,46443	2814	5,38	4674	4,22	2229	3,76	2221	3,41	2599	3,30
F 17	62	3,76788	4671	37,10	3250	6,45	3299	4,84	4690	4,84	2011	3,23
F 21	691	4,64141	2740	35,75	4647	7,38	4652	4,20	2611	2,89	2790	2,60
F 22	14	3,52164	2529	14,29	7740	14,29	2420	7,14	2521	7,14	2751	7,14
F 23	252	4,51589	2751	22,62	2521	14,68	6420	9,13	2823	4,37	7490	3,57
F 24	1167	5,20007	2751	24,85	3519	7,20	8543	5,66	6420	4,20	7112	3,86
F 25	292	4,9132	2751	18,15	6420	14,38	2825	7,19	4322	5,14	8543	4,79
F 26	32	4,47641	2899	9,38	2893	6,25	4321	6,25	4669	6,25	7112	6,25
F 27	38	4,70175	2352	7,89	2011	5,26	2030	5,26	2443	5,26	2452	5,26
F 28	131	3,88423	2932	37,40	8543	9,16	2521	6,87	3519	3,82	2751	3,05
F 41	182	4,13146	2540	36,81	4764	9,34	2651	3,30	2932	3,30	1396	2,75
F 42	74	3,28182	2540	31,08	2051	28,38	4618	6,76	6420	4,05	2899	2,70
G 01	2.153	4,85112	8543	33,55	8030	9,06	7211	5,48	7219	5,11	7112	3,53
G 02	274	4,49491	8543	34,67	7211	6,57	7219	4,38	8030	4,38	2670	4,01
G 03	77	4,69942	8543	18,18	8030	6,49	2670	5,19	7220	5,19	2790	3,90
G 04	23	4,08878	2652	8,70	4648	8,70	4690	8,70	7211	8,70	8543	8,70
G 05	280	5,26423	8543	20,00	2751	7,50	2790	5,36	7112	5,00	2611	3,57
G 06	751	5,24465	8543	27,30	7112	5,86	7211	5,46	6209	4,93	8030	2,93
G 07	556	5,32722	2899	17,27	7490	10,07	2829	9,71	2611	3,78	7112	3,24
G 08	259	5,74766	8543	11,58	7112	6,18	6209	4,63	4321	4,25	4652	3,86
G 09	756	6,11832	1812	12,43	7311	12,17	2229	3,57	8543	3,04	6820	2,78
G 10	87	4,23512	8543	26,44	7490	10,34	2829	9,20	3220	4,60	6120	4,60
G 11	59	4,58144	2229	11,86	1512	8,47	2222	6,78	8030	6,78	8299	6,78
G 12	13	3,18083	8030	23,08	2932	15,38	2651	7,69	2711	7,69	2893	7,69
G 16	2	1	8610	50,00	8690	50,00	104	0,00	110	0,00	111	0,00
G 21	41	3,4762	2446	24,39	7219	17,07	8543	14,63	7112	7,32	3517	4,88
H 01	1.309	5,12382	8543	11,54	2740	11,08	2630	10,08	2790	8,94	2712	4,43
H 02	862	5,23959	2712	12,88	2732	11,14	8543	11,02	2740	4,99	2790	4,41
H 03	140	3,49314	8543	33,57	2630	16,43	7112	8,57	6420	6,43	8030	6,43
H 04	945	4,59637	6120	17,35	8543	15,03	2630	11,43	6190	10,69	7112	5,08
H 05	391	3,3701	2751	51,92	2611	8,44	2630	5,12	8543	3,32	2740	2,56

Source: Author own work

TABLE 8 A
IPC CLASS DEPENDING ON NACE PRODUCT DIVISIONS

NACE Division	Frequency	Entropy	IPC Class	%								
1	122	0,912	A 01	36,89	B 31	13,11	B 65	12,30	A 23	11,48	A 61	7,38
2	20	0,977	A 01	30,00	A 61	10,00	B 60	10,00	E 04	10,00	A 47	5,00
3	15	0,783	A 01	33,33	A 22	13,33	B 01	13,33	B 65	13,33	G 03	13,33
5	33	1,075	C 04	18,18	C 02	15,15	C 08	12,12	B 65	9,09	C 03	9,09
6	3	0,477	B 42	33,33	F 03	33,33	G 09	33,33				
7	7	0,759	C 13	28,57	B 01	14,29	C 05	14,29	G 07	14,29	G 09	14,29
8	51	1,153	C 04	17,65	B 28	11,76	C 01	9,80	E 04	9,80	A 01	7,84
9	2	0,301	C 04	50,00	F 16	50,00	A 01	0,00	A 21	0,00	A 22	0,00
10	806	0,837	A 23	40,94	B 65	25,06	A 21	9,06	A 47	5,71	A 22	5,09
11	192	1,185	B 65	23,44	B 67	13,54	C 12	9,38	A 23	6,77	A 47	6,77
12	18	0,661	A 24	44,44	A 01	16,67	B 65	16,67	E 05	11,11	E 06	5,56
13	650	1,342	A 47	23,38	B 65	12,15	E 04	6,92	A 41	6,77	D 03	5,08
14	129	1,062	A 41	41,09	A 47	7,75	D 03	5,43	A 01	4,65	A 61	4,65
15	275	0,625	A 43	69,45	A 45	5,82	A 44	4,00	B 65	3,27	A 47	2,55
16	588	1,032	A 47	25,00	E 06	20,41	E 04	14,29	B 65	12,41	F 16	4,76
17	966	0,612	B 65	69,67	A 47	9,83	B 31	4,24	B 42	3,42	G 09	1,86
18	528	1,156	B 65	19,89	G 09	19,70	A 47	15,34	B 42	9,66	A 63	5,11
19	7	0,587	A 47	28,57	B 60	28,57	B 67	28,57	B 01	14,29		
20	1.265	1,498	A 61	14,39	A 01	10,67	B 65	7,83	E 04	5,22	A 23	4,51
21	1.134	0,514	A 61	62,08	C 07	26,46	C 12	2,20	B 65	2,03	A 23	1,94
22	2.520	1,321	B 65	27,06	A 47	12,18	E 04	7,30	A 01	6,11	F 16	6,11
23	952	1,200	E 04	35,92	A 47	8,19	E 03	5,99	B 28	4,83	E 01	4,41
24	623	1,437	E 04	17,17	E 06	7,87	A 47	7,22	B 66	6,58	F 16	6,10
25	3.744	1,422	E 04	14,74	E 05	11,78	A 47	11,49	E 06	8,89	F 16	6,33
26	1.332	1,452	H 01	16,14	G 01	10,21	H 04	9,98	A 61	5,41	H 05	4,43
27	3.190	1,349	H 01	14,23	H 02	11,16	F 24	10,25	F 21	9,00	D 06	7,30
28	4.725	1,632	B 65	12,15	A 01	6,10	F 03	5,23	F 16	4,61	B 23	4,32
29	1.640	0,978	B 60	51,16	B 62	10,30	F 16	4,63	E 05	3,54	F 02	3,41
30	395	1,231	B 61	25,32	B 64	9,62	B 62	8,61	E 01	7,09	B 60	6,08
31	1.296	0,670	A 47	68,98	A 61	7,64	E 04	2,62	E 06	2,47	F 16	2,47
32	1.390	1,098	A 63	40,50	A 61	15,40	A 47	6,55	B 62	4,03	A 44	3,67

Source: Author own work

TABLE 8 B
IPC CLASS DEPENDING ON NACE SERVICE DIVISIONS

CNAE Division	Frequency	Entropy	IPC Class	%	IPC Class	%	IPC Class	%	IPC Class	%	IPC Class	%
33	319	1,501	A 01	12,85	B 65	11,60	G 01	8,46	B 01	5,02	B 28	4,39
35	351	1,417	F 24	25,36	F 03	9,12	H 01	6,27	G 01	5,70	B 01	3,42
36	91	0,960	C 02	31,87	B 01	20,88	E 03	10,99	G 01	8,79	F 16	5,49
37	29	0,919	C 02	27,59	E 04	17,24	B 01	13,79	B 65	10,34	C 01	6,90
38	144	1,335	B 65	28,47	A 61	4,17	A 62	4,17	C 10	4,17	B 01	3,47
39	13	0,975	A 01	15,38	B 01	15,38	B 65	15,38	A 47	7,69	A 61	7,69
41	493	1,414	E 04	23,73	F 16	9,33	E 01	7,71	A 47	5,48	B 65	4,87
42	277	1,372	E 01	21,30	E 04	9,39	E 02	7,94	C 02	5,42	B 01	4,33
43	923	1,477	E 04	23,73	F 24	6,50	A 47	5,53	E 01	5,09	B 65	4,01
45	287	1,385	B 60	24,74	B 62	7,32	B 28	6,97	A 01	4,18	A 47	3,48
46	5.692	1,607	A 47	11,30	B 65	9,42	A 61	8,19	E 04	5,20	F 16	4,04
47	1.016	1,548	A 47	17,52	A 61	10,43	A 63	4,72	B 65	4,72	A 01	4,04
48	1	0,000	A 41	100,00								
49	164	1,254	B 61	15,85	B 60	15,24	B 65	10,98	G 01	10,98	E 01	9,15
50	27	0,716	E 04	44,44	B 66	18,52	B 63	11,11	B 65	11,11	A 42	3,70
51	2	0,000	G 09	100,00								
52	81	1,278	B 65	16,05	B 60	11,11	E 01	9,88	A 47	6,17	B 63	6,17
53	12	0,688	A 47	41,67	B 65	16,67	G 07	16,67	B 42	8,33	B 62	8,33
55	132	1,404	B 01	17,42	A 01	6,82	A 23	6,82	C 08	6,82	G 01	6,82
56	68	1,173	A 47	20,59	A 23	14,71	B 65	13,24	A 21	7,35	G 07	7,35
58	72	1,211	A 63	16,67	B 42	13,89	A 47	9,72	C 09	9,72	B 65	8,33
59	32	1,100	F 25	15,63	A 63	12,50	B 65	12,50	B 42	9,38	B 67	9,38
60	6	0,577	G 06	33,33	H 04	33,33	G 01	16,67	H 01	16,67		
61	384	0,609	H 04	70,57	G 06	7,03	H 01	3,65	C 08	2,34	G 01	2,08
62	371	1,360	G 06	20,75	H 04	15,63	A 61	5,12	G 01	4,85	G 08	4,58
63	60	1,309	G 06	11,67	G 09	11,67	A 61	6,67	B 05	6,67	B 65	6,67
64	774	1,633	A 47	9,43	B 66	7,24	F 24	6,46	F 16	6,33	F 25	5,43
65	3	0,276	B 65	66,67	B 62	33,33						
66	55	1,150	A 01	18,18	B 65	14,55	G 06	12,73	G 07	7,27	A 45	5,45
68	712	1,522	A 47	10,96	B 65	9,69	E 04	7,58	A 01	6,88	B 62	5,62
69	190	1,270	A 61	30,53	B 65	8,42	G 01	7,37	B 01	4,21	B 60	3,68
70	299	1,471	B 65	12,37	A 61	11,71	A 47	10,70	B 60	6,02	A 01	5,35
71	1.709	1,635	B 60	10,18	E 04	9,83	G 01	5,68	B 65	4,97	F 24	3,63
72	2.563	1,503	A 61	21,11	G 01	9,68	C 12	8,39	A 01	5,66	C 07	3,51
73	418	1,241	G 09	25,12	A 47	15,07	B 65	11,48	A 63	7,42	B 42	4,78
74	573	1,565	A 61	9,77	G 07	9,77	B 65	7,50	A 63	6,98	E 04	4,71
75	2	0,301	A 01	50,00	G 01	50,00						
77	246	1,375	E 04	13,82	A 61	12,60	B 62	10,16	A 47	8,13	F 16	5,28
78	3	0,276	B 26	66,67	G 01	33,33						
79	13	0,726	F 24	30,77	E 03	23,08	A 41	15,38	G 03	15,38	B 62	7,69
80	2.104	1,353	A 61	17,82	C 12	10,22	G 01	9,60	B 01	8,79	A 01	7,32
81	106	1,302	A 01	16,98	E 04	12,26	B 66	10,38	G 09	7,55	B 08	5,66
82	339	1,538	B 65	11,80	A 47	10,62	E 04	7,37	A 61	5,01	H 04	4,72
84	229	1,429	G 01	13,97	A 61	12,23	C 12	7,86	C 07	6,11	G 05	4,37
85	6.042	1,520	A 61	16,04	G 01	13,24	C 12	6,04	B 01	5,83	A 01	5,35
86	450	0,752	A 61	60,22	C 12	11,56	A 01	4,22	G 01	3,78	A 47	3,33
87	47	0,733	A 61	59,57	A 01	4,26	A 45	4,26	C 12	4,26	F 21	4,26
88	13	0,894	A 61	23,08	B 65	23,08	A 01	7,69	A 45	7,69	B 42	7,69
89	1	0,000	A 47	100,00								
90	11	0,781	A 63	27,27	E 04	27,27	B 65	9,09	F 16	9,09	F 21	9,09
91	174	1,462	G 01	10,92	F 01	8,62	C 12	8,05	E 04	6,32	F 03	6,32
92	21	0,876	A 63	28,57	G 07	23,81	B 65	9,52	G 06	9,52	A 43	4,76
93	73	0,995	A 63	38,36	G 07	13,70	E 04	6,85	G 09	6,85	A 01	5,48
94	27	1,245	A 63	14,81	G 06	11,11	A 61	7,41	B 65	7,41	A 01	3,70
95	81	1,220	A 47	33,33	B 41	6,17	G 01	6,17	B 65	3,70	D 06	3,70
96	111	1,138	A 61	27,93	A 01	14,41	E 04	12,61	A 47	7,21	A 63	5,41
98	1	0,000	A 47	100,00								
99	4	0,301	A 41	50,00	A 61	50,00						

Source: Author own work

TABLE 9 A
IPC SUBCLASS DEPENDING ON NACE PRODUCT DIVISIONS

NACE Divisio	Frequency	Entropy	IPC Subclas	%								
1	122	4,415	A 01G	13,11	B 31B	13,11	A 01K	12,30	B 65D	10,66	A 61K	5,74
2	20	3,784	A 01N	15,00	A 61K	10,00	B 60R	10,00	E 04H	10,00	A 01B	5,00
3	15	2,733	A 01K	33,33	A 22C	13,33	B 01D	13,33	C 03B	13,33	A 47J	6,67
5	33	3,813	C 04B	18,18	C 02F	15,15	B 65D	9,09	C 03C	9,09	B 01J	6,06
6	3	1,585	B 42C	33,33	F 03B	33,33	G 09F	33,33				
7	7	2,522	C 12M	28,57	A 63B	14,29	C 04B	14,29	G 06Q	14,29	G 08B	14,29
8	51	4,505	C 04B	17,65	A 01G	5,88	B 28B	5,88	E 04B	5,88	E 21B	5,88
9	2	1,000	C 04B	50,00	F 16K	50,00						
10	806	4,438	B 65D	19,85	A 23L	16,00	A 23G	8,56	A 21D	5,71	A 22C	4,71
11	192	4,710	B 65D	22,92	B 67D	11,98	C 12G	6,77	A 23L	3,65	A 61K	3,65
12	18	3,086	A 24C	22,22	A 01G	16,67	B 65D	16,67	A 24B	11,11	A 24D	5,56
13	650	5,990	B 65D	7,38	A 47L	6,15	A 47G	5,23	D 03D	4,92	A 47C	4,46
14	129	4,629	A 41D	24,03	A 41C	9,30	A 41B	5,43	D 03D	5,43	A 45C	3,88
15	275	2,447	A 43B	66,55	A 45C	4,73	A 44B	4,00	B 65D	2,55	B 68C	2,55
16	588	4,716	E 06B	19,22	A 47F	10,20	A 47B	9,52	B 65D	8,50	E 04F	7,48
17	966	2,614	B 65D	66,98	A 47F	5,59	B 31B	3,00	B 42F	2,17	A 47G	1,86
18	528	4,738	G 09F	19,13	B 65D	17,42	A 47F	10,42	B 42D	6,82	A 63H	3,60
19	7	2,236	A 47F	28,57	B 67D	28,57	B 01J	14,29	B 60P	14,29	B 60S	14,29
20	1.265	6,334	A 61K	10,43	B 65D	6,96	A 01N	5,22	C 11D	2,53	C 02F	2,45
21	1.134	2,677	A 61K	56,79	C 07D	16,84	C 07C	5,47	C 07K	2,03	A 61F	1,76
22	2.520	5,815	B 65D	23,17	A 47G	3,69	F 16L	3,33	A 01G	2,86	A 01K	2,38
23	952	5,502	E 04C	10,19	E 04B	9,03	E 04F	8,40	A 47K	5,25	E 03D	5,04
24	623	6,062	E 04F	6,58	E 06B	6,58	B 66B	5,62	A 47B	4,65	E 04B	3,21
25	3.744	6,543	E 06B	8,65	E 05B	7,45	E 04G	5,21	A 47B	3,63	E 04F	3,61
26	1.332	6,863	H 01Q	6,98	H 01R	3,53	H 04N	3,08	G 01R	2,40	H 05B	2,18
27	3.190	5,921	F 24C	7,93	D 06F	7,27	H 02G	6,99	H 05B	6,74	H 01R	5,92
28	4.725	7,053	F 03D	5,16	B 65B	4,19	B 65G	2,79	B 66B	2,50	A 23N	2,43
29	1.640	5,506	B 60R	18,11	B 62D	7,50	B 60J	6,22	B 60P	4,45	B 60N	4,27
30	395	5,658	B 61F	10,38	B 61D	7,09	E 01B	6,84	B 64C	6,58	B 62K	5,82
31	1.296	3,728	A 47C	34,34	A 47B	22,15	A 61G	7,10	A 47F	6,94	A 47K	2,62
32	1.390	5,223	A 63H	29,14	A 63F	5,18	A 61B	5,04	A 63B	4,17	A 61C	3,17

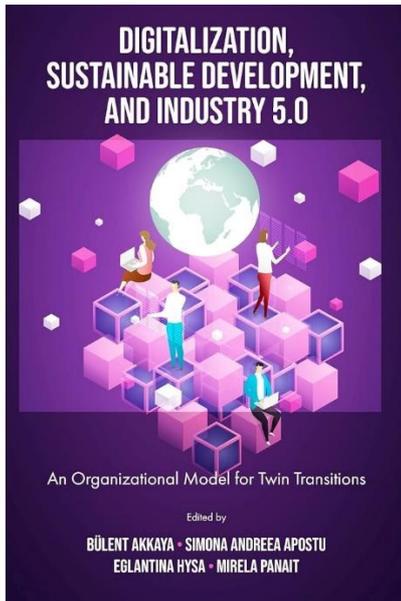
Source: Author own work

TABLE 9 B
IPC SUBCLASS DEPENDING ON NACE SERVICE DIVISIONS

CNAE Division	Frequency	Entropy	IPC Subclass	%	IPC Subclass	%	IPC Subclass	%	IPC Subclass	%	IPC Subclass	%
33	319	6,353	A 01K	7,84	B 01D	4,70	B 65G	4,70	B 65D	4,08	B 28B	2,82
35	351	5,606	F 24J	23,08	H 01L	5,41	F 03D	3,99	F 03G	3,99	B 01D	2,85
36	91	3,728	C 02F	31,87	B 01D	17,58	E 03B	9,89	F 16K	3,30	G 01F	3,30
37	29	3,548	C 02F	27,59	E 04H	13,79	B 01J	6,90	C 01B	6,90	G 01M	6,90
38	144	5,301	B 65F	17,36	B 65D	9,03	B 03B	3,47	A 61L	2,78	A 62C	2,78
39	13	3,393	A 01M	15,38	B 01D	15,38	A 47B	7,69	A 61L	7,69	B 03B	7,69
41	493	6,173	E 04B	7,71	E 04G	6,09	F 16K	5,48	E 04H	4,06	B 65D	3,25
42	277	5,799	E 01B	8,30	C 02F	5,42	E 01F	5,42	E 01C	4,69	E 04G	3,97
43	923	6,599	E 04F	7,91	E 04B	4,88	E 04G	3,90	E 04H	3,79	F 24J	3,03
45	287	6,159	B 28D	6,97	B 60P	5,92	B 60R	4,88	B 62D	4,53	B 60S	3,48
46	5.692	7,238	B 65D	6,31	A 61K	4,01	B 62B	3,32	A 47B	2,27	E 04F	1,74
47	1.016	6,962	A 47B	4,33	A 47C	4,13	B 65D	3,64	E 06B	2,76	A 47G	2,46
48	1	0,000	A 41H	100,00								
49	164	5,517	B 65D	10,37	E 01B	8,54	B 60M	6,10	B 61L	6,10	B 61D	4,88
50	27	3,184	E 04B	25,93	B 66C	14,81	E 04F	14,81	B 65G	11,11	B 63H	7,41
51	2	0,000	G 09F	100,00								
52	81	4,894	B 65D	12,35	E 01F	9,88	G 07B	6,17	B 60P	4,94	B 63B	4,94
53	12	3,022	A 47G	25,00	G 07F	16,67	A 47F	8,33	A 47J	8,33	B 42D	8,33
55	132	5,543	B 01D	8,33	B 01J	8,33	A 01G	4,55	G 01N	4,55	A 23L	3,79
56	68	4,955	B 65D	10,29	A 47J	8,82	A 23L	7,35	G 07F	5,88	A 21D	4,41
58	72	4,571	B 42D	12,50	A 63F	11,11	B 65D	8,33	A 45C	6,94	A 47F	5,56
59	32	4,140	B 65D	12,50	B 67D	9,38	F 25D	9,38	A 63B	6,25	A 63J	6,25
60	6	2,585	G 01D	16,67	G 06F	16,67	G 06Q	16,67	H 01Q	16,67	H 04B	16,67
61	384	3,871	H 04W	26,04	H 04L	22,40	H 04B	7,03	H 04M	6,51	H 04Q	4,43
62	371	6,087	G 06F	9,16	G 06Q	5,12	H 04L	4,85	G 06K	4,58	H 04B	4,58
63	60	5,102	G 09F	10,00	B 05B	6,67	B 65D	6,67	G 06F	5,00	A 61J	3,33
64	774	6,627	B 66B	7,11	F 24C	4,65	F 16K	4,39	F 25D	4,26	A 47J	3,88
65	3	0,918	B 65D	66,67	B 62D	33,33						
66	55	4,506	B 65D	10,91	A 01K	9,09	G 06Q	7,27	G 07F	7,27	A 01D	5,45
68	712	6,626	B 65D	7,02	B 62B	3,79	A 01K	3,09	E 06B	3,09	E 04B	2,95
69	190	5,568	A 61K	12,11	A 61J	5,79	A 61M	5,26	G 01N	4,74	B 01L	4,21
70	299	6,110	B 65D	10,37	A 61K	6,35	A 61F	4,01	B 60R	4,01	A 01G	3,34
71	1.709	7,261	E 04B	3,51	B 60J	3,45	B 29C	2,63	F 24J	2,52	B 60R	2,28
72	2.563	6,846	A 61K	10,42	G 01N	5,54	A 61B	4,80	C 12Q	3,98	C 12N	3,08
73	418	5,072	G 09F	24,40	B 65D	9,33	A 47G	6,22	A 47F	3,83	E 04H	3,35
74	573	6,642	G 07F	6,63	B 65D	5,93	A 63F	3,66	A 61C	3,49	G 09F	2,79
75	2	1,000	A 01K	50,00	G 01G	50,00						
77	246	5,914	A 61F	7,72	B 62D	6,50	E 04G	5,69	B 65D	4,47	B 60J	3,25
78	3	0,918	B 26B	66,67	G 01S	33,33						
79	13	2,412	F 24C	30,77	E 03C	23,08	A 41D	15,38	G 03B	15,38	B 62J	7,69
80	2.104	6,071	A 61K	13,64	G 01N	6,13	B 01J	5,32	C 12N	5,32	A 23L	3,18
81	106	4,969	A 01M	11,32	B 66B	9,43	G 09F	7,55	E 04H	6,60	B 08B	5,66
82	339	6,459	B 65D	7,96	A 47G	5,90	E 04B	3,54	F 04B	2,65	H 04N	2,65
84	229	5,888	G 01N	9,61	A 61K	8,30	C 12N	3,93	C 12Q	3,93	G 05F	3,49
85	6.042	7,039	A 61K	7,65	G 01N	6,11	A 61B	4,55	B 01J	3,33	C 12Q	2,58
86	450	4,489	A 61B	17,33	A 61K	16,89	C 12Q	9,33	A 61C	7,78	A 61F	5,33
87	47	3,576	A 61K	36,17	A 61B	6,38	A 61F	6,38	A 01H	4,26	A 45C	4,26
88	13	3,547	A 61G	15,38	A 01G	7,69	A 45C	7,69	A 61H	7,69	B 42D	7,69
89	1	0,000	A 47F	100,00								
90	11	2,845	E 04H	27,27	A 63H	18,18	A 63J	9,09	B 65D	9,09	F 16B	9,09
91	174	6,053	F 01K	7,47	E 04B	5,17	C 12N	4,02	F 03B	3,45	C 12Q	2,87
92	21	3,268	A 63F	23,81	G 07F	19,05	B 65D	9,52	G 06F	9,52	A 43B	4,76
93	73	4,301	A 63B	19,18	G 07F	13,70	A 63C	8,22	G 09F	6,85	A 63G	4,11
94	27	4,459	A 61B	7,41	A 63C	7,41	B 65D	7,41	G 06F	7,41	A 01K	3,70
95	81	4,896	A 47J	20,99	A 47C	6,17	B 41F	6,17	A 47G	3,70	D 06F	3,70
96	111	4,785	A 61G	17,12	A 01G	8,11	E 04H	7,21	A 01K	6,31	A 47K	6,31
98	1	0,000	A 47B	100,00	A 01B							
99	4	1,500	A 41D	50,00	A 61H	25,00	A 61J	25,00				

Source: Author own work

LIBROS



DIGITALIZATION, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, AND INDUSTRY 5.0

Bülent Akkaya
 Simona Andreea Apostu
 Eglantina Hysa
 Mirela Panait
 (editores)
 Emerald Publishing (2023)
 ISBN-10 1837531919
 ISBN-13 978-1837531912

En los últimos años, investigadores, consultores y profesionales de empresas e instituciones han mostrado un creciente interés por el concepto de transformación digital, estrechamente vinculado al de Industria 4.0. En esencia, se percibían grandes oportunidades para generar eficiencias y aportar valor mediante la aplicación de tecnologías emergentes a las dinámicas industriales, organizativas y de gestión. Cuando ese entusiasmo inicial parecía comenzar a decaer, surge el concepto de Industria 5.0 como una evolución que va más allá de la eficiencia y la automatización, al priorizar la sostenibilidad, la resiliencia y la centralidad del ser humano.

El libro *Digitalization, Sustainable Development, and Industry 5.0*, publicado por Emerald Publishing y subtítulo *An Organizational Model for Twin Transitions*, enfatiza esta transformación paradigmática.

A través de las contribuciones de destacados expertos, explora cómo la digitalización puede alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y contribuir a la construcción de una sociedad más humana y sostenible. La obra ha sido coordinada por cuatro editores de reconocido prestigio: Bülent Akkaya, Simona Andreea Apostu, Eglantina Hysa y Mirela Panait.

El libro es una colección de dieciocho artículos elaborado por cincuenta autores procedentes de universidades e instituciones principalmente europeas, aunque cuenta con alguna contribución de India y Sri Lanka. Se puede observar una amplia diversidad de perfiles en los investigadores lo que garantiza una aproximación interdisciplinar al fenómeno que intenta abordar la obra. Los editores han ordenado esos capítulos a partir de un prefacio que enmarca el tema central: la transición dual (*twin transition*) que el mundo vive desde 2020 a partir de la experiencia del covid19. En ese prefacio podemos encontrar la siguiente reflexión que sintetiza muy bien el espíritu de la obra: "*La metamorfosis de la economía mundial discurre bajo el signo de la digitalización y un proceso nuevo de transición energética (de combustibles fósiles a renovables), la humanidad está tratando de promover un desarrollo sostenible que asegure la preservación de los recursos y el entorno para las próximas generaciones*". Esa *transición dual* es la transformación estructural desde la economía hacia la sostenibilidad y la digitalización, como palancas de cambio de un nuevo paradigma. El principal objetivo de la obra es analizar la intersección entre la digitalización, el desarrollo sostenible y la Industria 5.0, proporcionando una visión holística de cómo las tecnologías emergentes pueden contribuir a una transformación productiva, en todos los sectores y regiones, centrada en el ser humano y en la sostenibilidad.

Al no contar con una estructura claramente definida, cada capítulo es una investigación independiente con objetos de estudio y metodologías diversas (casos de estudio, análisis bibliométricos, ...), si bien todos ellos aportan conclusiones de interés para una mejor comprensión de los tres temas que dan nombre al título: digitalización, desa-

rollo sostenible e industria 5.0. Algunas consideraciones sobre elementos comunes de esos capítulos obedecen a una doble aproximación sectorial y funcional.

Así, y en la perspectiva de las aproximaciones sectoriales:

- El sector salud es abordado de diversas formas en tres capítulos: en el capítulo primero se estudian las tecnologías clave fundacionales (*KETs- Key Enabling Technologies*) en los procesos de cuidado proporcionado por enfermeras; en el capítulo catorce se analizan las tecnologías de la Industria 5.0 en el campo médico; y en el diecisiete se profundiza en el fenómeno del tecnoestrés de trabajadoras en el sector salud.
- El sector financiero es tratado en el capítulo quinto al analizar los resultados de emprendimiento en economías en desarrollo.
- El sector público queda recogido en el capítulo once al revisar las interacciones online que los distintos grupos de interés pueden tener con organismos y administraciones públicas, y también en el capítulo dieciséis al poner foco en la relación entre el modelo *Quintuple Helix* y la Industria 5.0 y la Sociedad 5.0. El *Quintuple Helix* es un avanzado modelo de innovación que tiene como objetivo orientar la innovación hacia el progreso social como consecuencia de la interacción entre cinco subsistemas: educación, economía, entorno natural, sociedad civil y sistema político.
- El sector energético es estudiado bajo el prisma de la eficiencia, en el capítulo diez, o de las políticas de transición energética en el contexto de covid19 y del conflicto de Ucrania, en el capítulo quince.

Por su parte, y en cuanto a las aproximaciones funcionales:

- El área de recursos humanos cuenta con interesantes aproximaciones: en el capítulo cuarto se recogen buenas prácticas y tradiciones en el ámbito de la digitalización para conseguir un desarrollo sostenible; en el capítulo ocho

se pone énfasis en esta función en el contexto digitalizador; en el capítulo diecisiete el tema de interés es el tecnoestrés y síndrome de desgaste profesional (*burnout*) por el trabajo; y en el capítulo dieciocho, la gestión de crisis para convertirlas en beneficios en el desarrollo sostenible.

- El marketing inmersivo derivado del uso de la inteligencia artificial (IA) y de la realidad extendida es objeto de análisis en el ámbito de la Industria 5.0 y de la Sociedad 5.0, en el capítulo quinto.
- El área de tecnología cobra protagonismo de forma indirecta en la mayoría de los capítulos, y de forma directa observamos: en el capítulo primero se introduce el concepto de *Key Enabling Technologies (KETs)*; en el capítulo siete se tratan los aspectos fundamentales de los riesgos de ciberseguridad; y en el capítulo catorce se analizan las tecnologías de la industria 5.0.

En algunos capítulos es posible comprobar cómo ambas aproximaciones se complementan a partir de casos de estudio sobre la implementación de tecnologías digitales en contextos industriales. Muchos capítulos aportan análisis generales funcionales y/o sectoriales, si bien hay otros que delimitan el objeto de estudio de forma más concreta como sucede con el capítulo nueve que se centra en la industria de procesamiento de alimentos en Albania. Todos ellos muestran los desafíos y oportunidades que la adopción de prácticas sostenibles mediante la digitalización, pueden aportar a personas, compañías, organizaciones, y sociedades.

Tanto en el prefacio como en el contenido de los capítulos se observa un análisis evolutivo donde se contextualiza la transición de la Industria 4.0, donde el imperativo es la automatización y la interconectividad, hacia la Industria 5.0, que se caracteriza por poner al hombre en el centro de ese fenómeno y por tanto enfatiza necesariamente en aspectos clave como: la colaboración entre humanos y máquinas, la personalización como fuente de humanización y respeto por las personas, y la sostenibilidad como responsabilidad compartida de mantener los recursos y el estado del planeta.

En algunos momentos de la obra se busca una óptica más amplia que la que delimita la Industria 5.0 y se introduce el concepto de Sociedad 5.0 que es más inclusivo. En este segundo concepto se busca integrar la inteligencia humana con las capacidades avanzadas de las máquinas para asegurar procesos más adaptativos y orientados al bienestar humano. Sin duda la disrupción de las nuevas tecnologías como: inteligencia artificial, realidad aumentada, ciberseguridad, *lean manufacturing*..., supone una dificultad en la estimación de los cursos evolutivos que la humanidad transita.

En la obra se percibe una preocupación constante alrededor de la pregunta de cómo la digitalización puede ser un catalizador para el desarrollo sostenible. Se analizan tecnologías nuevas que están aumentando nuestras capacidades productivas al optimizar todo tipo de procesos, si bien en paralelo también conllevan desafíos para los que aún no estamos preparados como: reducir residuos, mejorar la eficiencia energética, asegurar una adopción de uso equilibrada por parte de las personas, evitar excesos y abusos en el ámbito del trabajo. Es obvio que la trazabilidad y las capacidades de monitoreo en tiempo real pueden ser una solución óptima que permita una gestión más eficiente de los recursos y una reducción de residuos y de la huella de carbono. Los desafíos técnicos de la producción parecen más fáciles de ser resueltos que los desafíos de naturaleza humana que obligan a las personas a adaptarse con mucha velocidad a entornos complejos. En el capítulo segundo se menciona explícitamente el entorno VUCA-RR. Este acrónimo recoge los siguientes descriptores del entorno: volatilidad, incertidumbre, complejidad, ambigüedad, rapidez y radicalidad. La obra ha sido publicada en 2023 y parece que no se ha tenido en cuenta el concepto BANI. Jamais Cascio lo acuñó en 2016 como acrónimo de frágil, ansioso, no lineal, e incomprendible. La encrucijada en la que vive el hombre de nuestro tiempo es de tal orden de magnitud que quizá BANI lo describa mejor que VUCA.

El libro explica muy bien conceptos, modelos y procesos desde un punto de vista teórico. Es posible ver análisis completos de las

distintas revoluciones industriales, o cómo gestionar situaciones en crisis, o cómo lograr una buena comprensión de las nuevas tecnologías emergentes. Pero a la vez se introducen diversos casos de estudio que conectan la teoría con la realidad al ilustrar la aplicación práctica de la digitalización derivada de las tecnologías digitales en entornos industriales. Son casos que muestran cómo empresas de diferentes sectores, tamaño y regiones, junto a organismos e instituciones públicas, han adoptado soluciones digitales para mejorar su sostenibilidad y eficiencia, con la premisa de asegurar un impacto positivo en las personas. Podríamos enumerar algunos ejemplos de forma ilustrativa: la enfermería en hospitales, el negocio de remesas de capital, emprendimiento en Sri Lanka, ejemplos de marketing inmersivo en multimedia, una compañía italiana especializada en seguridad de la información y protección de datos, *lean manufacturing* en pequeñas y medianas empresas, ...

Uno de los aspectos más interesantes de la obra es que tener al hombre como referencia de la digitalización, la sostenibilidad y el nuevo paradigma de Industria 5.0 no puede sustraerse de consideraciones éticas tan relevantes como el efecto negativo que la tecnología puede llegar a tener en los trabajadores y que ha llegado a acuñar el concepto de burnout. La demanda de energía de forma proporcional a un uso cada vez más intenso requiere una profunda reflexión sobre qué modelo usar, donde las energías renovables cobran un gran protagonismo. La relación entre las personas y las empresas que organiza marketing pueden verse afectadas por tecnologías inmersivas que quiebren la confianza por su alta intensidad y baja credibilidad. Aunque no es una constante en la obra la referencia directa con los ODS, es evidente que todos ellos quedan representados por las temáticas y casos de uso elegidos.

La principal contribución de la obra es haber tenido la capacidad de ofrecer un análisis multidisciplinar de la convergencia entre fenómenos, ya de por sí complejos como digitalización, sostenibilidad e innovación industrial, consiguiendo una exposición en conjunto de fácil comprensión. En se-

gundo lugar, se aprecia un claro equilibrio teórico-práctico, al incluir casos de estudio reales, por lo que se ofrece una perspectiva útil que puede ser interesante para académicos y replicable para profesionales de diversos sectores de actividad. Es precisamente la presencia de esa diversidad sectorial y funcional lo que otorga confianza en la reproducibilidad. Otra importante contribución es aportar una visión humanista ya que pone foco en comprender qué efecto tienen las transformaciones en las personas. Finalmente, el hecho de que los investigadores hayan aportado metodologías diversas en sus investigaciones ayuda a comprender el fenómeno que se estudia de una forma amplia y sugiere la posibilidad de encontrar conexiones de un modo ambicioso entre diversas variables de estudio.

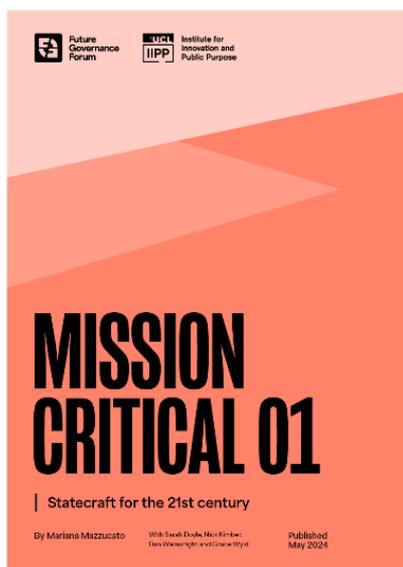
Digitalization, Sustainable Development, and Industry 5.0 es una obra fundamental que reta a quienes pensaban que todas las oportunidades que presenta la transformación digital ya habían sido conseguidas, pero olvidaban la importancia del contexto de la sostenibilidad y la centralidad del ser humano en la industria. De una forma extensa en cuanto a la unidad de estudio y a través de un análisis detallado en los casos prácticos elegidos, el libro ofrece una guía valiosa para académicos, profesionales y responsables de políticas públicas interesados en promover una industria más sostenible, resiliente y centrada en las personas.

José María Visconti Caparrós

ESIC Business & Marketing School

Juan Ramón Campos Blázquez

Universidad Autónoma de Madrid



MISSION CRITICAL 01: STATECRAFT FOR THE 21ST CENTURY

Mariana Mazzucato
 Sarah Doyle
 Nick Kimber
 Dan Wainwright
 Grace Wyld
 Future Governance Forum-Institute for
 Innovation and Public Purpose (2024)

Esta reseña del informe, “*Mission Critical: Statecraft for the 21st Century*”, resulta particularmente relevante, ya que conecta con una de las iniciativas clave del *think tank* *The Future Governance Forum* que provee una infraestructura intelectual y práctica para revitalizar la renovación del Gobierno en el Reino Unido. y refleja la influencia del *Institute for Innovation and Public Purpose* (IIPP) en ámbitos como la innovación, la política industrial y el desarrollo sostenible.

La labor del *think tank* se materializa en cinco iniciativas: *Mission Critical* (Misión Crítica), *Impactful Devolution* (Devolver generando impacto), *Into Power* (Constitución y funcionamiento de la Administración), *Rebuilding the nation* (Reconstruir la nación), y *Systems Change* (Cambios de sistemas).

La autora principal es Mariana Mazzucato, economista italo-estadounidense-británica reconocida por su trabajo en economía de la innovación y el valor público.

Actualmente, es profesora en la *University College London* y directora fundadora del *Institute for Innovation and Public Purpose* (IIPP), galardonada con importantes premios internacionales y con una amplia colección de publicaciones. Para este informe cuenta con tres coautores: Sarah Doyle, Nick Kimbler y Grace Wyld.

Podemos afirmar que el informe propone una guía para impulsar una transformación radical en la forma en que el gobierno británico estructura y ejerce sus funciones. Esa guía se basa en la propuesta de seis principios ejecutores para el Gobierno Británico. La hipótesis de partida para proponer un reto tan ambicioso se argumenta en la idea de que el modelo actual de gobierno no está preparado para enfrentar los desafíos complejos del siglo XXI, como el cambio climático, la desigualdad y la crisis de salud pública.

El informe articula su propuesta en torno a seis principios rectores que conforman un nuevo marco de acción pública orientado a misiones:

- Principio 1: Establecer misiones como prioridad desde el principio orientadas a objetivos audaces que proporcionen una dirección y propósito claros. Deben ser un elemento de unificación entre los miembros del gobierno, si bien deja claro que no todas las responsabilidades deben quedar bajo este marco. Adoptar un enfoque de todo el gobierno, con la entrega de misiones impulsada por una Unidad de Misiones interministerial y equipos de misión.
- Principio 2: Las misiones deben poner el foco en el largo plazo, relacionadas con problemas concretos, pero resolviendo el problema de los ciclos de financiación derivados de cambios políticos para proporcionar estabilidad.
- Principio 3: Las misiones tienen carácter transversal entre sectores y entre la sociedad. Liderar con propósito y gobernar en asociación con agentes diversos, orquestando actores de todos los sectores para trabajar juntos hacia una estra-

tegia industrial orientada a misiones. Es necesario un constante diálogo entre el centro y otros actores, pero los resultados se dirigen desde el centro.

- Principio 4: Las misiones requieren una gestión política activa de coalición. Enviar señales claras de que el gobierno busca establecer alianzas con socios empresariales y sindicales dispuestos a lograr sus misiones, y diseñar la colaboración público-privada para compartir riesgos y recompensas.
- Principio 5: Las misiones se deben basar en una nueva aproximación de diseño político. En contextos cambiantes y desafiantes se impone la necesidad de experimentar nuevas aproximaciones a nuevos problemas, y por tanto aceptar el desacuerdo y la divergencia como parte del modelo.
- Principio 6: Las misiones deben alinear las inversiones públicas y privadas en función de los objetivos. Por tanto, las herramientas, procesos e instituciones financieras públicas deben ser rediseñadas. Renovar el mandato del Tesoro para asegurar la correcta provisión de fondos es un ejemplo.

Una vez que los autores exponen la definición de estos seis principios, el informe se articula en capítulos en donde en cada uno de ellos se exponen recomendaciones y se proporcionan ejemplos prácticos de cómo cada una de estas prioridades puede ser alcanzada. En definitiva, lo que se aporta es una guía de acción de gobierno basada en misiones que buscan liderar con propósito y alcanzar los objetivos bajo el prisma de los socios necesarios.

El informe se basa en entrevistas con expertos: antiguos responsables públicos de administraciones locales y centrales, expertos en política, líderes digitales en el sector público, y líderes de alto nivel en diversos organismos e instituciones. Cuenta con un amplio glosario de términos que permite comprender los principales conceptos con los que se exponen las misiones. Formula un reto que se define como una oportunidad de cambio: de la crisis a la renovación.

Merece la pena destacar la utilización del mapa de misión como elemento organizador conceptual. Este mapa emplea cuatro niveles jerárquicos de organización de los elementos del mapa: 1) Establecimiento de una agenda política y un compromiso civil; 2) Misiones con objetivos claros; 3) Innovación sectorial cruzada; y 4) Porfolio de proyectos y experimentación de abajo a arriba.

A partir de este artefacto teórico proporciona diversos ejemplos de aplicación como la utilización en el IPP, el reto de océanos limpios, o el futuro de la movilidad. Otro aspecto metodológico a destacar es la aportación de un esquema de áreas prioritarias para el impulso de un gobierno que avance en el desarrollo de las misiones. En él se utilizan tres columnas: 1) *Las misiones deberían...* (que recoge los seis principios ya descritos); 2) *Hoy, la realidad es...* (que para cada principio expone el diagnóstico de partida); y 3) *Por tanto, un nuevo gobierno debería...* (que recoge la recomendación que el gobierno tendría que seguir para poder cambiar la realidad).

Resulta también muy útil la aportación de un caso de uso antes de la exposición de los capítulos que recogen las recomendaciones. Este caso de uso se centra en la experiencia del Consejo de Camden ("*Camden's story*"), una iniciativa conjunta con el IIPP que impulsaron en septiembre de 2020 junto a un grupo de expertos y líderes de la comunidad con el objetivo de reducir la desigualdad y crear una economía local más justa, saludable y sostenible. Toda la metodología se construye a partir del trabajo seminal de la profesora Mariana Mazzucato en el IIPP. Se enfoca específicamente en el contexto de un posible gobierno progresista en el Reino Unido, conectando la intención estratégica de un enfoque de misiones con los desafíos prácticos de la gobernanza británica. Además, se apoya en la experiencia del IIPP en la implementación de políticas orientadas a misiones en colaboración con gobiernos y organizaciones de todo el mundo.

El informe cuenta con dos anexos y bibliografía abundante. En el primer anexo se expone una sugerencia de estructura de gobierno orientado a misión. En ella se enu-

meran los actores necesarios para un correcto funcionamiento del gobierno: socios externos, unidad central de las misiones, equipos de las misiones, grupo de líderes de las misiones... y también las relaciones que se derivan entre ellos. El segundo anexo aporta un diseño con consideraciones para establecer un marco de evaluación de la misión. Ese sistema de evaluación debe aportar mejor comprensión, participación amplia y ser prevista desde el principio.

En conjunto, la metodología propuesta combina evidencia empírica, teoría aplicada y diseño institucional para guiar una transición efectiva hacia una gobernanza orientada a misiones.

Para exponer una valoración crítica repasaremos las fortalezas, debilidades, la comparación con otros trabajos de la autora principal y finalmente proporcionaremos un juicio del trabajo.

Así, y en el análisis de fortalezas:

- Innovación conceptual. El informe presenta una visión audaz y coherente de cómo un gobierno puede liderar con propósito, utilizando el concepto de misiones como unidad de gestión orientada a resultados tangibles que resuelven los problemas de los ciudadanos y ayudan a construir una sociedad mejor, de forma que es posible abordar desafíos complejos y fomentar la innovación.
- Aplicabilidad práctica. Al contar con casos de uso ya probados, como el de Camden o ejemplos de mapas de misiones, ofrece recomendaciones concretas y detalladas para implementar un enfoque de gobierno orientado a misiones, lo que facilita su adopción por parte de los responsables políticos. En esa aplicabilidad se reconocen claramente las dificultades y retos organizativos que hay que abordar.
- Enfoque colaborativo. Destaca la importancia de la colaboración entre el gobierno, el sector privado y la sociedad civil, promoviendo un enfoque inclusivo y participativo en la formulación de políticas. Sin duda se confiere al gobierno un rol de orquestador, pero se le recono-

ce su incapacidad para poder acometer los retos que se plantean de forma aislada.

Por su parte, y en el análisis de debilidades:

- Riesgo de implementación. La transición hacia un modelo de gobierno orientado a misiones puede enfrentar resistencia institucional y política, lo que podría dificultar su implementación efectiva. Los autores ponen el foco de las dificultades de implementación en la resistencia del ámbito público, lo que al menos permite concentrar los esfuerzos para resolver el problema.
- Dependencia del liderazgo político. El éxito del enfoque propuesto depende en gran medida del compromiso y la visión del liderazgo político, lo que puede variar según el contexto y el momento. El ciclo político debe quedar subordinado al largo plazo de la misión, y ello implica el compromiso de gestión y de asignación de recursos.
- Medición de resultados. Aunque el informe enfatiza la importancia de establecer objetivos claros, podría beneficiarse de una discusión más profunda sobre cómo medir el éxito de las misiones y evaluar su impacto a largo plazo. Cabe señalar que el informe no desarrolla de forma exhaustiva indicadores clave de desempeño (*KPIs*) que permitan un seguimiento riguroso del impacto.

El enfoque de Mazzucato podría tener una validez universal, a pesar de haberse publicado en un contexto de política del Reino Unido, y contrasta con las investigaciones e informes centrados en políticas tradicionales que se definen por su capacidad para ser efectivas en la corrección de fallos del mercado. En esta obra, en cambio, se propone que el Estado asuma un papel proactivo en la creación de mercados y en la orientación de la innovación hacia objetivos sociales. Otro elemento comparativo fundamental es que frecuentemente se estudian las instituciones públicas como organismos gestores independientes donde es conveniente el aislamiento respecto a actores del ámbito privado. Este informe es

un alegato de colaboración necesaria entre actores públicos y privados. Esta perspectiva está plenamente alineada con su trabajo anterior en *"The Entrepreneurial State"* y *"Mission Economy"*, donde la argumentación es que el Estado ha sido un impulsor fundamental de innovación en áreas como la tecnología y la salud.

Podemos concluir que es un ejemplo de Manual de Buen Gobierno y buenas prác-

ticas. El enfoque de Mazzucato podría servir como hoja de ruta para gobiernos que busquen combinar innovación, legitimidad democrática y eficacia institucional en un contexto global cada vez más desafiante.

José María Visconti Caparrós

ESIC Business & Marketing School

Juan Ramón Campos Blázquez

Universidad Autónoma de Madrid

Selección bibliográfica

- Adilbish, O. E. et al. (2025). Europe's Productivity Weakness: Firm-Level Roots and Remedies. *IMF Working Paper* <http://dx.doi.org/10.5089/9798229002202.001>
- Adomaitis, N. (2025). In Norway, nearly all new cars sold in 2024 were fully electric. *Reuters News*, published 2 January, 2025, Disponible en: <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/norway-nearly-all-new-cars-sold-2024-were-fully-electric-2025-01-02/>
- Al-Haschimi, A., Lorenz Emter, Vanessa Gunnella, Iván Ordoñez Martínez, Tobias Schuler and Tajda Spital (2024), "Why competition with China is getting tougher than ever," *ECB Blog*, Disponible en: <https://www.ecb.europa.eu/press/blog/date/2024/html/ecb.blog240903~57f1b63192.en.html>
- Amore, M. D. (2015). Companies learning to innovate in recessions. *Research Policy*, 44(8), 1574–1583. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.05.006>
- Archibugi, D., Filippetti, A. & Frenz, M. (2013). Economic crisis and innovation: Is destruction prevailing over accumulation? *Research Policy*, 42(2), 303–314. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.07.002>
- Arrighetti, A. & Landini, F. (2023). Sluggish investment, crisis and firm heterogeneity. *Cambridge Journal of Economics*, 47(4), 793–820. <https://doi.org/10.1093/cje/bead015>
- Atkinson, R. (2024). China Is Rapidly Becoming a Leading Innovator in Advanced Industries. *Information Technology & Innovation Foundation*, Disponible en: https://files.reportify.cn/media/production/s_7253a745_7253a745662a54c173c6372216b53c72.pdf
- Baranova, P. (2023). Place-based business support towards net zero: enabling through the place-policy-practice nexus. *Journal of the British Academy*, 11(4), 57-95 <https://doi.org/10.5871/jba/011s4.057>.
- Bauer, M., & Pandya, D. (2024). *EU Autonomy, the Brussels Effect, and the Rise of Global Economic Protectionism*. European Centre for International Political Economy, Disponible en: <https://www.econstor.eu/handle/10419/299177>
- Beck, M., Rivers, N., Wigle, R., & Yonezawa, H. (2015). Carbon tax and revenue recycling: Impacts on households in British Columbia. *Resource and Energy Economics* 41, 40-69. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2015.04.005>
- Blackman, A., Li, Z., & Liu, A.A. (2018). Efficacy of command-and-control and market-based environmental regulation in developing countries. *Annual Review of Resource Economics*, 10(1), 381-404. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-resource-100517-023144>
- Blind, K. (2012). The influence of regulations on innovation: A quantitative assessment for OECD countries. *Research Policy*, 41(2), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.08.008>
- Bramwell, B., & Lane, B. (2011). Critical research on the governance of tourism and sustainability. *Journal of Sustainable Tourism*, 19(4-5), 411–421. <https://doi.org/10.1080/09669582.2011.580586>
- Busom, I. & Vélez-Ospina, J.-A. (2021). Subsidising innovation over the business cycle. *Industry and Innovation*, 28(6), 773–803. <https://doi.org/10.1080/13662716.2020.1801388>
- Cairney, P. and Kippin S. (2023). Environmental policy: Climate Change and Sustainability, in Paul Cairney and Sean Kippin (eds) *Politics and Policy Making in the UK*, Chapter 8, pp.153-186, Bristol University Press, Bristol, UK. <https://doi.org/10.51952/9781529222371.ch008>
- Climate Change Committee (CCC) (2022). *2022 Progress Report to Parliament. The CCC's Annual Assessment of UK Progress in Reducing Emissions*. Disponible en: <https://www.theccc.org.uk/publication/2022-progress-report-to-parliament/#key-messages> on 02.03.24.
- Cluster de Energía. (2024). El sector energético vasco en cifras. Cluster de Energía. <https://www.clusterenergia.com/cluster-en-cifras>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152, Disponible en: <https://api.taylorfrancis.com/content/chapters/edit/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9780080517889-chapter3&type=chapterpdf>
- Cooke, P., Uranga, M.G., & Etxebarria, G. (1998). Regional systems of innovation: an evolutionary perspective. *Environment and Planning A. Economy and Space*, 30(9), 1563-1584. <https://doi.org/10.1068/a301563>
- COP28; IRENA; GRA. (2023): *Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial steps towards 1.5°C*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponible en: https://policycommons.net/artifacts/8341507/cop28_irena_gra_trippling_renewables_doubling_efficiency_2023/9272026/

- Dias da Silva, A., Di Casola, P., Gomez-Salvador, R., & Matthias Mohr (2024). Labour productivity growth in the euro area and the United States: short and long-term developments. *European Central Bank*. Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/ecb/ecbcbbox/202400061.html>
- Draghi, M. (2024). *The future of European competitiveness*. European Commission, Disponible en: Part A: https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en?filename=The+future+of+European+competitiveness+_+A+competitiveness+strategy+for+Europe.pdf Part B: https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The+future+of+European+competitiveness_+In-depth+analysis+and+recommendations_0.pdf
- Dredge, D., & Jamal, T. (2015). Progress in tourism planning and policy: A post-structural perspective on knowledge production. *Tourism Management*, 51, 285–297. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.06.002>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- European Commission (2017). *State of the Union 2017 – Industrial Policy Strategy - Investing in a smart, innovative and sustainable industry*. European Commission. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_17_3185/IP_17_3185_EN.pdf
- European Commission (2024). *Why Europe is losing the race for innovation*. European, Available in: <https://ec.europa.eu/newsroom/eisma/items/826237/en>
- Gössling, S., & Higham, J. (2021). The low-carbon imperative: Destination management under urgent climate change. *Journal of Travel Research*, 60(3), 646–655. <https://doi.org/10.1177/0047287520933679>
- Hall, C. M. (2011). Policy learning and policy failure in sustainable tourism governance: From first- and second-order to third-order change? *Journal of Sustainable Tourism*, 19(4-5), 649–671. <https://doi.org/10.1080/09669582.2011.555555>
- Loganathan, P., Naidu, G., & Vigneswaran, S. (2017). Extracción de minerales valiosos a partir de agua de mar: una revisión crítica. *Ciencias Ambientales: Investigación y Tecnología del Agua*, 3(1), 37-53. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/ew/c6ew00268d>
- McKinsey (2021). Opportunities for UK businesses in the net-zero transition, Report. Disponible en : <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/opportunities-for-uk-businesses-in-the-net-zero-transition> on 22. 03.24.
- Milano, C., Cheer, J. M., & Novelli, M. (2019). Overtourism: A growing global challenge. *Tourism Planning & Development*, 16(4), 353–357. <https://doi.org/10.1080/21568316.2019.1599604>
- Mildenberger, M., Lachapelle, E., Harrison, K., & Stadelmann-Steffen, I. (2022). Limited impacts of carbon tax rebate programmes on public support for carbon pricing. *Nature Climate Change* 12, pp. 141–147. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01268-3>
- Mori, M.; Stropnik, R.; Sekavčnik, M.; Lotrič, A. (2021). Criticality and Life-Cycle Assessment of Materials Used in Fuel-Cell and Hydrogen Technologies. *Sustainability*, 13, 3565. <https://doi.org/10.3390/su13063565>
- Moso, M., & Olazarán, M. (2002). Regional technology policy and the emergence of an R&D system in the Basque country. *The Journal of Technology Transfer* 27(1), 61-75. <https://doi.org/10.1023/A:1013148620724>
- Navarro, M., Valdaliso, J. M., Aranguren, M. J., & Magro, E. (2014). A holistic approach to regional strategies: The case of the Basque Country. *Science and Public Policy*, 41(4), 532-547. <https://doi.org/10.1093/scipol/sct080>
- OECD (2022). Norway’s evolving incentives for zero-emission vehicles. *Case Study of the OECD*. Disponible en: https://www.oecd.org/en/publications/ipac-policies-in-practice_22632907-en/norway-s-evolving-incentives-for-zero-emission-vehicles_22d2485b-en.html
- Rodrik, Dani (2008). Industrial Policy: Don’t Ask Why, Ask How. *Middle East Development Journal* <https://doi.org/10.1142/S1793812009000024>



ÚLTIMOS NÚMEROS



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO

SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES
CENTRO DE PUBLICACIONES

Panamá, 1. Madrid 28036
Tels.: 91 349 43 66 / 51 31
www.min.tur.gob.es