

# IMPACTO DE LA BRECHA DIGITAL EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA COMPETITIVIDAD. UN ENFOQUE BASADO EN TÉCNICAS AVANZADAS DE MACHINE LEARNING

## *IMPACT OF THE DIGITAL DIVIDE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND COMPETITIVENESS. AN APPROACH BASED ON ADVANCED MACHINE LEARNING TECHNIQUES*

José Gesto Rodríguez<sup>1</sup>

 <https://orcid.org/0000-0001-9396-6020>

Recibido: 14-05-2024

Aceptado: 29-05-2024

### Resumen

El desarrollo de la economía y la sociedad contemporánea dependen en gran medida de elementos fundamentales como las competencias digitales entre los ciudadanos y la adopción de tecnologías digitales entre las empresas. En tal sentido, el presente artículo reseña los detalles de un estudio que persiguió como objetivos principales: conocer los factores socioeconómicos clave de la brecha digital entre ciudadanos españoles; identificar los aspectos de la economía y sociedad digitales más asociados al desarrollo sostenible de los países de la Unión Europea; evaluar la relación entre la digitalización y la productividad media de los mismos; así como estudiar la relación entre las patentes en tecnologías digitales y la I+D, y el desarrollo económico y la productividad; analizar en qué medida la transformación digital favorece la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la renta per cápita, la igualdad y la competitividad. Para el logro de tales objetivos, se utilizó la metodología de análisis de datos basada en la aplicación de una técnica de inteligencia artificial con fundamento en *machine learning*, así como en árboles de clasificación y regresión. En general, los resultados más importantes muestran que los factores socioeconómicos de mayor relevancia vinculados a la brecha digital social son la edad, el nivel educativo y la ocupación de la persona; asimismo, se demostró que el nivel de competencias digitales de la población de los países europeos es una variable muy asociada a su nivel de renta per cápita, la igualdad y la productividad.

**Palabras clave:** brecha digital; desarrollo sostenible; competitividad; machine learning.

### Abstract

The development of the contemporary economy and society largely depends on fundamental elements such as digital skills among citizens and the adoption of digital technologies among companies. In this sense, this article reviews the details of a study whose main objectives were: to know the key socioeconomic factors of the digital divide among Spanish citizens; identify the aspects of the digital economy and society most associated with the sustainable development of

---

<sup>1</sup>Dr. Economía, Dr. Alta Dirección, Pos Doctor en Ingeniería, Dr. en Gobierno y AA PP. Investigador independiente. Madrid – España. [campus.off@gmail.com](mailto:campus.off@gmail.com)

the countries of the European Union; evaluate the relationship between digitization and their average productivity; as well as studying the relationship between patents in digital technologies and R&D, and economic development and productivity; analyze to what extent digital transformation favors the achievement of Sustainable Development Objectives related to per capita income, equality and competitiveness. To achieve these objectives, the data analysis methodology was used based on the application of an artificial intelligence technique based on machine learning, as well as classification and regression trees. In general, the most important results show that the most relevant socioeconomic factors linked to the social digital divide are the person's age, educational level and occupation; Likewise, it was shown that the level of digital skills of the population of European countries is a variable closely associated with their level of per capita income, equality and productivity.

**Keywords:** digital divide; sustainable development; competitiveness; machine learning.

### Introducción

En la contemporaneidad, ha sido notorio el significativo avance de la innovación, vinculada al área de las Tecnologías de la Información y la Comunicación [TIC], en paralelo a los innumerables beneficios que se derivan y que están siendo aprovechados por la sociedad moderna; el rápido incremento del uso de internet entre la población mundial (Johnson, 2021) es uno de ellos, con sus consecuentes ventajas. No obstante, han surgido también ciertos riesgos asociados a este fenómeno expansivo de utilización masiva de la tecnología: delitos telemáticos, virus, *cyberbullying*, violación a la privacidad, suplantación de identidad, censura, adicciones relacionadas con el mundo online, por nombrar algunos. Incluso, se han logrado identificar y caracterizar perfiles o grupos sociales con un alto riesgo de exclusión en el uso de las TIC, con perjuicio del aseguramiento del desarrollo sostenible e igualitario y del goce de las bondades de las innovaciones digitales.

Actualmente, existen evidentes diferencias en los indicadores básicos relacionados a la medición de la brecha digital (International Telecommunication Union, 2020) y su repercusión en diversos ámbitos socioeconómicos. De hecho, el análisis de las desigualdades en las competencias digitales de la población mundial, así como los determinantes de dichas competencias, los usos y la influencia en el acceso a internet, han sido objeto de atención a lo largo de la última década (van Deursen et al., 2015).

Este artículo describe los detalles de un estudio de las capacidades digitales de la población española, llevado a cabo con el objetivo primario de conocer los factores socioeconómicos clave de la brecha digital entre los ciudadanos. En el mismo, se pretendió, específicamente, establecer la relación entre la transformación digital de los países de la Unión Europea y su competitividad

digital, con los principales indicadores de desarrollo económico: nivel de renta per cápita, el grado de igualdad en la distribución de la misma (medido a través del índice de Gini) o su productividad laboral; así como identificar los aspectos de la economía y sociedad digitales más asociados al desarrollo sostenible.

### Materiales y Métodos

Para cumplir los objetivos propuestos, se asumió un enfoque de investigación centrado en la metodología de análisis de datos fundamentada en la aplicación de una técnica de inteligencia artificial con fundamento en *machine learning*, así como en árboles de clasificación y regresión. A través de ésta, fue posible la creación de una precisa clasificación de los principales predictores de la brecha digital, así como el ofrecimiento de información nueva y valiosa sobre la importancia relativa de cada factor socioeconómico involucrado. Se exploró, incluso, la posibilidad de creación de un modelo predictivo de la brecha digital, altamente confiable, atendiendo al nivel de competencias digitales de la población de los países europeos analizados, como complemento a la medición de la adopción de las TIC (Gabaly, 2021).

**Figura 1.** Marco metodológico de la investigación.



**Fuente:** Gabaly (2021).

**Tabla 1**  
**Áreas de Investigación y Fuentes de Datos Empleados** (Instituto Nacional de Estadística [INE], Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OCDE], Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI].)

Área de análisis	Objetivo del análisis	Ambito de análisis	Fuentes de indicadores	Variables dependientes	Variables independientes	Año
Brecha digital entre ciudadanos de España (4.1)	Analizar los principales factores relacionados con la brecha digital entre ciudadanos España	Nacional. España. Ciudadanos de España	INE.	Nivel de capacitación digital global	Variables socioeconómicas: edad, sexo, nivel educativo, ocupación, hábitat, ingresos, etc.	2007
			Encuestas de uso de las TIC en hogares	Nivel de capacitación digital Servicios digitales usados Nivel de renta del hogar		2020
Economía digital y sociedad digital	Analizar la relación entre el desarrollo de la sociedad digital y la economía digital en los países y su desarrollo y competitividad	Internacional. Países de la UE. Datos de indicadores de economía y sociedad digital	Eurostat	Renta per cápita (PIB, en paridad de poder adquisitivo, por habitante)	Indicadores relacionados con economía digital y sociedad digital. Grupos: conectividad, capital humano, uso de Internet, integración digital y servicios públicos digitales.	2015-2019
			OCDE	Productividad laboral (PIB por hora trabajada)		2019
			Comisión Europea	Clusters de renta per cápita e índice de Gini		
Digitalización empresarial y uso de las TIC	Analizar la relación entre digitalización y uso de las TIC en las empresas y el desarrollo y competitividad de los países	Internacional. Países europeos. Datos del sector empresarial de cada país	Eurostat	Renta per cápita (PIB, en paridad de poder adquisitivo, por habitante)	Indicadores del grado de adopción y uso de las TIC en empresas Indicadores de digitalización de empresas	2019
			OCDE	Productividad laboral (PIB por hora trabajada)		
			Banco Mundial	Clusters de renta per cápita e índice de Gini		
Innovación digital e I+D+i	Evaluar la relación entre las patentes según clases tecnológicas y la I+D+i, la renta per cápita y la productividad	Internacional. Países de la OCDE, incluyendo países de la UE, Suiza, Noruega, EEUU, Corea de Sur, Japón y China	OMPI OCDE	Renta per cápita (PIB, en paridad de poder adquisitivo, por habitante) Productividad laboral (PIB por hora trabajada) Clusters de renta per cápita	Solicitudes de patentes por millón de habitantes entre 2015-2019, por clases de tecnología. Indicadores de I+D, innovación y ciencia.	2019 2015-2019

**Fuente:** Gabaly (2021).

La Figura 1, permite apreciar los detalles del marco metodológico, integrado esencialmente, por cuatro fases. Asimismo, en la Tabla 1 se resumen las principales áreas de investigación y las fuentes de datos empleadas.

### Marco Teórico

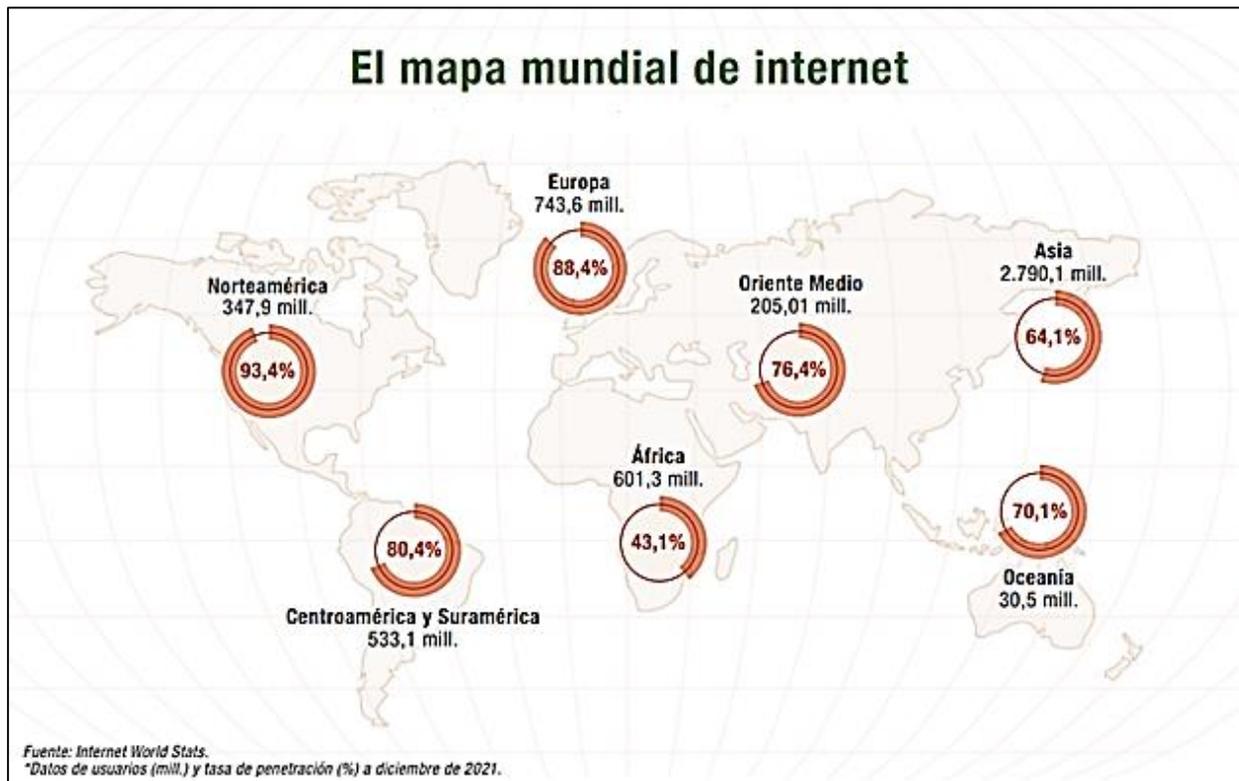
#### **Brecha digital: relación con el desarrollo sostenible y la competitividad**

La desigualdad en el acceso a internet y las TIC, es conocida bajo la denominación de “brecha digital”; término que fue utilizado por vez primera en el año 1995 por la Agencia Nacional de Telecomunicaciones e Información (Arabany et al., 2018; citados por Hoyos y Cardona, 2021). A partir de allí, se ha acrecentado el interés por este fenómeno, y han surgido una diversidad de investigaciones; en virtud de las afectaciones que genera en el 52% de las mujeres y en el 42% de los hombres del mundo.

Bajo este escenario, es relevante significar que en la actualidad más del 80% de los hogares en los países desarrollados tiene acceso a Internet, mientras que dos tercios de los de los países en desarrollo no lo tienen. Las mujeres son la mitad de la población mundial, sin embargo 200 millones de ellas tienen menos acceso a la red que los hombres. (Ki-moon, 2024; citado por el Centro de Noticias de la Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2024).

Estas grietas tienden a profundizarse cuando se hace referencia a las regiones; de hecho según indican los datos publicados por el portal *Internet World Stats*, a diciembre de 2021, en África solo escasamente el 43,1% de sus habitantes vivían conectados, contrastando con el 88,4% de los de los ciudadanos europeos y el 93,4% de los norteamericanos que tenían acceso a ello – Figura 2 de la página siguiente—. De acuerdo a los datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, casi el 50% de la población mundial no tiene acceso a este recurso (ITU-D, 2020). Tales estadísticas, constituyen la evidencia fehaciente de la existencia de un abismo tecnológico que separa a unos países de otros a lo largo de todo el planeta; pese a que las redes 3G y 4G, a la espera de la expansión masiva del 5G, han penetrado cada rincón de este. Conviene, inclusive, difuminar matices entre el acceso a internet y la alfabetización digital; asumida esta como el proceso de aprendizaje a través del cual se adquieren competencias para el entendimiento y aprovechamiento del potencial educativo, económico y social de las nuevas tecnologías (Iberdrola, 2024).

**Figura 2.** El mapa mundial de internet.



**Fuente:** *Internet World Stats* (citado por Iberdrola, 2024).

Pese a que el término «brecha digital» fue acuñado a mediados de los años noventa –como ya se mencionó–; este ha ido evolucionando en las últimas décadas y, en la actualidad, no solo está relacionado al acceso material a internet sino también a la exclusión digital de ciertos colectivos. Incluso, los estudios iniciales en torno a dicho tema, estuvieron centrados en la disponibilidad o carencia de acceso a internet, en función de las circunstancias económicas de cada individuo; tras asumir que una vez conectada, la ciudadanía automáticamente disfrutaría de las bondades ofrecidas por el uso de la web y otras TIC. Con el tiempo se ha hecho evidente que el pretender resolver el problema de la exclusión digital amerita la urgente consideración de una multiplicidad de factores estructurales y contextuales (Colom, 2020).

Por su parte, la OPP (2021) asevera que “la tecnología digital evoluciona a un ritmo increíblemente veloz en todo el mundo, pero no lo hace de manera uniforme”; estimando que aproximadamente un “60% de la población mundial tiene acceso a Internet, pero la mayoría de esas personas vive en países desarrollados. En los países menos adelantados, solo una de cada cinco personas tiene acceso a Internet” (p. 1). Tal situación, reviste una extrema preocupación e importancia, en virtud de que la educación, el trabajo y los servicios públicos, son cada vez más

dependientes del acceso a la tecnología digital. En consecuencia, ha de inferirse que la falta de conectividad representa un creciente obstáculo para el desarrollo humano.

En este mismo contexto de ideas, la ONU considera que las TIC han logrado vincularse a cada aspecto de la cotidianidad en la vida contemporánea; argumentando además, que las mismas se han constituido en un motor para la innovación y los negocios, siendo también, promotoras de intercambios sociales y de una actividad económica que apenas hace una década era realmente inimaginable. (Centro de Noticias ONU, 2024). Entonces, conviene tener en cuenta que “las brechas digitales están presentes incluso en las sociedades más digitalizadas, como es el caso de España, donde importantes segmentos de la población se están quedando atrás”. Particularmente, en este país, la mayoría de los esfuerzos por cerrar la brecha digital, estaban orientados a facilitar el acceso, condición *sine qua non*; empero, las evidencias sugieren la urgencia de priorizar esfuerzos a incrementar la calidad del uso de la tecnología (Colom, 2020).

La tecnología puede y debe ser parte de la solución ayudando a enfrentar los desafíos en materia económica, social y medioambiental. Actuando de la manera adecuada, la tecnología puede proporcionar herramientas clave para reducir las desigualdades, empoderar a los ciudadanos y fortalecer las sociedades, contribuyendo significativamente al proceso de transición global hacia un modelo equitativo y sostenible en el que hayamos alcanzado con creces los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (Colom, 2020, p. 353).

### **La inclusión digital y los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

La inclusión digital es el producto de las iniciativas y esfuerzos por cerrar la brecha digital en los aspectos discutidos previamente (Vega y Rodríguez, 2008). En efecto, recientes estudios han concluido que la brecha digital podría ser considerada como un factor de exclusión social que sitúa en un estado de vulnerabilidad a la población que no tiene acceso a la tecnología; lo cual posee una adversa incidencia en su desarrollo personal, social y profesional (Rodicio-García et al., 2020).

El concepto de inclusión social ha trascendido en las últimas décadas y en la actualidad es considerado como un componente de la inclusión social; dado el protagonismo que tiene la tecnología para facilitar el desarrollo de programas de educación, actividades sociales y de participación ciudadana, acceso a empleo, telemedicina, entre otros muchos ámbitos en los que desempeña un papel destacado (Arabany et al., 2018; citados por Hoyos y Cardona, 2021). Inclusive, es tanto la importancia que ha logrado alcanzar en la comunidad internacional, que

forma parte de la agenda vigente de los gobiernos; gracias a la estrecha relación que guardan las TIC con el modelo de desarrollo sostenible (Bilozubenko et al., 2020).

Es precisamente, sobre las bases de este modelo que los líderes de las Naciones Unidas establecen en un acuerdo mancomunado, el seguimiento de unos objetivos comunes con metas enfocadas en la lucha contra la pobreza y la desigualdad, en la protección de la naturaleza, en la minimización de la degradación ambiental, en la promoción de la justicia y la paz, así como en la generación de prosperidad y bienestar para todos; las cuales se hacen explícitas en la Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2015). Es en este contexto, donde las TIC tienen un impacto significativo en el cierre de brechas y en la consecución del paradigma de desarrollo sostenible dentro de la sociedad moderna (Cioacă et al., 2020).

En este sentido, la íntima y constreñida relación de las TIC con el desarrollo económico, con la descrita inclusión social, con el empoderamiento de los individuos y las comunidades, así como con la protección del medio ambiente, entre otras relevantes premisas, hace que las iniciativas de inclusión digital se conviertan en sí mismas en estrategias que promuevan y labren el terreno propicio para la consecución del desarrollo sostenible en el mundo; siendo de esta manera, parte de los esfuerzos de la mayoría de los Estados modernos (Kerras et al., 2020). Por consiguiente, tanto las inversiones en tecnología, tanto como en el acceso y mejora de la infraestructura y el desarrollo de las habilidades para el uso de la tecnología, constituyen la base que direcciona el camino para la construcción de un futuro sostenible (European Commission, 2019).

### **Técnicas econométricas**

En lo que respecta a la definición de las competencias digitales, incluyendo sus usos y categorías, ha de entenderse que la misma está conformada de una diversidad de enfoques. Al respecto, Blank y Groselj (2014) sugirieron –como mínimo– tres dimensiones imprescindibles para el análisis de la utilización del internet; a saber: (i) cantidad, (ii) variedad, y (iii) tipos. Mediante la aplicación de coeficientes de regresión estandarizados, dichos autores llegaron a la conclusión de que la edad y la educación tienen una gran influencia en la variedad y cantidad de usos, siendo los jóvenes, quienes mayoritariamente lo emplean en su vida cotidiana. Previamente, Hargittai (2010) había profundizado en la búsqueda de diferencias en las habilidades y usos de internet, así como en los factores que las explican (Gesto, 2022a, 2022b). Tras aplicar una regresión múltiple, el referido autor concluyó que los jóvenes de bajo nivel socioeconómico, de

sexo femenino, de origen hispano y afroamericano presentaban menos conocimiento y eran menos propensos a la utilización de internet, exhibiendo estos también, menores habilidades y variedad de uso.

Por su parte, Hatlevik et al. (2015) identificaron las desigualdades en las competencias digitales de un grupo de jóvenes estudiantes de primaria mediante encuestas de autoevaluación, demostrando mediante un modelo de ecuaciones estructurales, que sus competencias digitales están condicionadas principalmente por su hogar, la integración del lenguaje y el capital natural. En la misma línea, Vasilescu et al. (2020) investigaron las percepciones subjetivas sobre la digitalización en ciudadanos de la Unión Europea [UE] con la finalidad de hacer distinciones entre grupos específicos de población, empleando para ello, una técnica que combina la regresión logística con el análisis clúster en dos pasos (*TwoStep cluster*). Su análisis permitió el establecimiento de un perfil general de individuos con mayor vulnerabilidad para el afrontamiento de la digitalización de la sociedad: aquellos de mayor edad, con menor nivel de estudios y con ocupaciones manuales o en paro, con un nivel relativo de ingresos bajo y que hacen poco uso del internet.

Especialmente interesante, es el análisis de las competencias digitales a través de su categorización, puesto que permite la definición de pautas más específicas. En dicho contexto, van Deursen y van Dijk (2010) distinguieron cuatro competencias digitales de acuerdo a sus propósitos: capacidades operativas, capacidades formales, capacidades de información y capacidades estratégicas. Valiéndose de dos regresiones lineales, llegaron a la conclusión principal de que las diferencias vinculadas al primer nivel de brecha digital (conexión a Internet, disponibilidad de ordenadores) eran una derivación de las desigualdades en las capacidades digitales correspondientes al segundo nivel de la brecha digital, y que ambas están fuertemente relacionadas con el nivel educativo.

En un trabajo posterior, profundizaron en el estudio de la segunda brecha digital, evaluando los usos del internet y las diferencias según los perfiles socioeconómicos relacionados con los mismos (van Deursen y van Dijk, 2014). Seguidamente, van Deursen y Helsper (2015) aplicaron técnicas de análisis factorial y regresión logística para demostrar que los individuos de estatus sociales más elevados sacan mayor provecho del uso de internet; también abordaron la brecha digital de tercer nivel asociada a la capacidad que tienen las personas de para obtener resultados positivos en el mundo real del uso de las tecnologías digitales e internet en el mundo online.

Por consiguiente, en relación a las investigaciones que abordan la digitalización de la economía y la sociedad, se ha determinado la existencia de una brecha asociada al despliegue, adopción y utilización de las tecnologías entre organizaciones, empresas, e incluso entre países, de acuerdo a su grado de competitividad digital; esto es lo que podría denominarse brecha digital internacional o de competitividad digital. De hecho, “desde hace años, se ha evaluado cómo determinados sectores productivos o tipos de servicios que se han digitalizado más rápido han incrementado su productividad” (Gabaly, 2021, p. 22).

Empleando un enfoque econométrico basado en el método de momentos generalizado – GMM, por sus siglas en inglés–, Spiezia (2012) estudió la contribución de tres aspectos de la inversión en TIC: equipos de comunicación, equipos informáticos y software); señalando que dichas inversiones contribuían entre un 0.4% y un 1% del crecimiento del valor añadido del sector empresarial en los 18 países evaluados.

Por su parte, Evangelista et al. (2014) también aplicaron el método GMM, logrando mostrar que la digitalización, –medida a través de un índice sintético de indicadores de acceso a las TIC, competencias digitales y empoderamiento digital–, es un factor esencial de la productividad laboral, del Producto Interno Bruto [PIB] per cápita y del empleo; destacaron además, la importancia de las políticas inclusivas en la minimización de la brecha digital y social. En forma análoga, Zhang et al. (2021), a través de un análisis econométrico, idearon un índice sintético capaz de medir el desarrollo digital, concluyendo que la infraestructura, la industria y la integración digital de las regiones chinas, tiene impactos positivos y estadísticamente significativos en la productividad total de los factores regionales. Utilizando también técnicas econométricas, Sinha (2008) dedujo la existencia de una relación de causalidad bidireccional entre el crecimiento del número de patentes y el crecimiento del PIB; descubriendo, inclusive, que los logaritmos del PIB y el número de patentes estaban cointegrados.

Bajo este horizonte, Morandini et al. (2020) vinculan las capacidades digitales de la población con la digitalización de la economía y la sociedad, demostrando con técnicas de análisis econométrico y modelos de regresión, que las competencias digitales de los empleados, tienen una influencia positiva y significativa sobre la productividad laboral de los países de la Unión Europea, y por consiguiente, sobre la competitividad. Ya antes, Karahan (2016), –haciendo un uso combinando de análisis econométricos de datos de panel dinámicos de 14 países de la OCDE, junto con la técnica GMM y el análisis de causalidad–, había determinado que el incremento de la

digitalización del sector empresarial tiene una relación causal significativa con el crecimiento económico; y confirmó, además, que la adopción de las TIC y su producción son el factor principal para el crecimiento económico para los países de la UE en cuestión.

Siguiendo la misma línea, Amiri y Reif (2013), encontraron –entre otros hallazgos– una correlación significativa de la adopción y uso de las TIC con la renta per cápita en los países del norte de Europa; destacando, además, el elevado impacto positivo de la digitalización sobre la productividad de las empresas.

### **Técnicas de machine learning**

Con respecto a las investigaciones que reseñan la utilización de técnicas clasificatorias y predictivas basadas en *machine learning*, son menos los estudios publicados. Podrían citarse, los de Kovačić y Vukmirović (2008), quienes hicieron una comparación de los resultados de la regresión logística y las técnicas de árboles de clasificación para el análisis del nivel individual de adopción de las TIC, concluyendo que el mismo estaba influenciado principalmente por la renta, los conocimientos de informática e internet y la edad. Más adelante, Coria et al. (2013) emplearon una técnica derivada del algoritmo C4.5, pretendiendo describir similitudes y hacer distinciones entre una serie de clases de municipios con porcentajes variables de presencia de internet en los hogares; los cuales permitieron la definición de unas reglas de clasificación de perfiles para caracterizar la brecha digital que se da entre las ciudades.

Asimismo, Hidalgo y Gabaly (2013), por otro lado, aplicaron técnicas basadas en aprendizaje automático, –como el modelo de Función de Transferencia Inteligente [ITF] y modelos de vector autorregresivo– a la predicción de patentes y marcas; encontrando que el crecimiento del PIB estaba asociado a una mayor demanda de marcas, y que el crecimiento de la I+D –llevada a cabo por el sector empresarial– tenía vinculación con un mayor número de patentes solicitadas. En un trabajo posterior, tales autores (Hidalgo y Gabaly, 2017; citados por Gabaly, 2021), emplearon técnicas de *machine learning* –específicamente, las redes neuronales artificiales y los árboles de clasificación y regresión– para la creación de modelos predictivos de las solicitudes de marcas y diseños en la UE; demostrando lo útil que resulta la inclusión de variables económicas relacionadas con las variables de propiedad intelectual para el logro de mejoras en la precisión de los modelos de predicción.

También utilizando métodos basados en *machine learning*, –como los derivados de las redes neuronales–, Hartford et al. (2017) crearon modelos predictivos que incorporaban técnicas

de aprendizaje supervisado, para la estimación de efectos causales; obtuvieron resultados de predicción más precisos, en comparación con otras técnicas. Por último, conviene hacer mención a la investigación de Hansen (2018), quien evaluó las metodologías comunes de *machine learning* empleadas para la realización de análisis económicos y de políticas públicas, así como sus potencialidades y beneficios en áreas de análisis económicos e innovación con nuevos datos digitales.

### Resultados

Los resultados exhiben por un lado, el análisis de la brecha digital entre la población española y sus factores principales; y por otro, la brecha digital en el ámbito internacional, llevada a cabo a través de una comparativa entre países pertenecientes a la Unión Europea.

De igual manera, con respecto a la brecha digital social, los hallazgos encontrados demuestran su influencia en las desigualdades económicas, así como en las oportunidades laborales y de avance social en todo mundo. Para el caso español, se comprobó que la desigualdad digital está íntimamente ligada a la desigualdad económica; hecho que también se hizo evidente a nivel internacional en la comparación entre países europeos. Con respecto a la desigualdad económica en las sociedades, fue observable que colectivos, –como la población más joven sin un nivel de competencias digitales básico o superior–, son susceptibles de quedar excluidos del mercado laboral y de carecer de oportunidades educativas que le proporcionen acceso a un mundo empresarial cada vez más digitalizado.

Entre los diferentes factores socioeconómicos y sociodemográficos analizados en relación con la brecha digital entre ciudadanos, se determinó que la edad es el más relevante en la brecha digital global, seguido de la educación. Otros factores como el nivel de ingresos, el hábitat o el sexo, mostraron tener una relevancia relativamente menor con relación a la brecha digital, si bien, los ingresos son relativamente más relevantes que el hábitat o el sexo. Con respecto a las discrepancias en el uso de servicios digitales online por parte de los ciudadanos, la edad y la educación siguen siendo los factores más destacados. En lo que concierne a las competencias digitales específicas, dominios de las capacidades digitales globales, se hizo notorio que tanto el nivel educativo como la edad, tienen el rol más importante como predictores o factores de las competencias digitales.

En general, la edad, el nivel educativo o el tipo de ocupación son condicionantes socioeconómicos esenciales en la determinación del grado competencias digitales de la población,

así como su uso de servicios en línea. Se dedujo además, que los factores principales asociados al nivel de competencias digitales también estarían detrás de la brecha de acceso o el equipamiento TIC de los hogares, con un menor equipamiento de ordenadores y *tablets* en los hogares de los individuos con menor nivel de estudios, mayor edad o menor renta. Incluso, fue posible establecer una relación entre un mayor nivel de capacidades digitales de los individuos y una mayor renta mensual de sus hogares. De allí, la existencia de un vínculo entre la brecha digital entre ciudadanos y la desigualdad en el nivel de ingresos mensuales.

Para el análisis de la brecha internacional, en la investigación se evaluó el grado de relación que existe entre este tipo de brecha digital entre países de la Unión Europea, expresada por las diferencias internacionales en áreas como el capital humano digital, la integración de tecnologías digitales y la adopción y uso de las TIC por parte del tejido empresarial o la innovación tecnológica, y el nivel de desarrollo económico de cada Estado, medido por la renta per cápita, la igualdad en el reparto de la renta entre los habitantes, y su competitividad, medida por la productividad laboral o PIB por hora trabajada. Para el ámbito de competitividad digital internacional, se encontró que algunos factores como las competencias digitales agregadas de las poblaciones de los países y de su fuerza laboral, así como la adopción y utilización de las tecnologías digitales, de los servicios de Internet y comercio electrónico por parte de las empresas y la sociedad en su conjunto, o la innovación en tecnologías digitales y de la Industria 4.0, demostraron lo estrecha de su relación con el nivel de renta per cápita y de productividad de los países analizados.

La brecha de digitalización entre naciones también se manifiesta en una brecha de renta per cápita, igualdad y productividad. Asimismo, se determinó que no todas las áreas de innovación tecnológica, o clases tecnológicas de patentes por millón de habitantes, tienen el mismo grado de relación positiva con la renta per cápita y la productividad.

La competitividad y el desarrollo económico de los países estarían muy ligados a los indicadores de economía y sociedad digital en las áreas de competencias digitales de los ciudadanos, proporción de empleados especialistas en TIC, proporción de empleados dedicados a I+D, integración de las tecnologías digitales y TIC en empresas y desarrollo y adopción del comercio electrónico o la presencia empresarial en Internet y en redes sociales (con fines comerciales), en especial entre las PYMES. (Gabaly, 2021, p. 215).

Los resultados de los análisis de la innovación y su relación con el desarrollo y la competitividad, las patentes relativas a las TIC, por millón de habitantes, resultaron ser un predictor significativo tanto para el nivel de renta per cápita como para la productividad de los países. Asimismo, la proporción de empleados especialistas en TIC y de personal trabajando en I+D en los países, en relación con el empleo, así como la proporción de población con un mayor nivel de capacidades digitales, tiene una relación directa con una mayor renta per cápita, una mejor distribución de la riqueza y una mayor productividad. En general, la brecha digital social, la brecha digital internacional y la brecha de desarrollo económico y competitividad están muy ligadas entre sí.

### **Conclusiones**

Los resultados permiten afirmar que la minimización de la brecha digital entre los ciudadanos españoles y la que existe también para los países de la Unión Europea, –lograda a través del fomento de la capacitación digital de la población y de la transformación digital, tanto de la sociedad como de la economía–, se vincula a un mayor nivel de renta per cápita, a niveles más altos de igualdad social y productividad. Por consiguiente, es posible inferir que la disminución de la brecha digital constituye un factor esencial para el logro de algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible de importancia; a saber: la eliminación de la pobreza, la reducción de las desigualdades sociales, el avance hacia una educación de calidad, el crecimiento económico y el trabajo decente, o la consecución de una producción y un consumo más responsables.

Con relación al análisis de la brecha digital social, abordado desde un nivel microeconómico, –en este caso para la población española–, se demostró que dicha brecha está relacionada con las diferencias percibidas en el nivel de competencias digitales de los individuos; destacando como factores de influencia más relevantes: la edad, el nivel educativo y la ocupación de los mismos. Por su parte, la brecha digital internacional, producida entre los países a nivel macroeconómico, está asociada a su nivel de competitividad digital, a su innovación tecnológica, así como al grado de desarrollo de su economía y su sociedad digitales. El estudio de esta brecha puso en evidencia la importancia del capital humano digital relacionado con el nivel de competencias digitales de la población y la proporción de especialistas en TIC entre los empleados; además, la adopción, integración y uso de las TIC e internet por parte las empresas, y la innovación e I+D, medida por la proporción de empleos en I+D, como aspectos estrechamente ligados al nivel de renta per cápita, la igualdad social y la productividad de los países.

La evaluación de las principales características e impactos de las dos brechas digitales descritas, llevada a cabo a través de técnicas avanzadas de *machine learning* permitió la identificación de grupos sociales con mayores necesidades formativas –personas con menor nivel educativo, de mayor edad o con bajos recursos económicos– en lo que concierne a sus competencias digitales; esto podría ser útil para el diseño de estrategias orientadas a, minimizar tales brechas, buscando con ello, reducir las desigualdades y la pobreza, en atención a los lineamientos establecidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Por último, el nivel de competencias digitales de la población de los países es una variable que tiene una cercana y directa relación con su nivel de renta per cápita, igualdad y productividad. Esta asociación entre unas mayores competencias digitales de la población y un mayor nivel de renta es observable tanto a nivel microeconómico, entre la población española, como a nivel macroeconómico, entre los países de la Unión Europea.

### Referencias

- Amiri, S. y Reif, B. (2013). Internet Penetration and its Correlation to Gross Domestic Product: An Analysis of the Nordic Countries. *International Journal of Business, Humanities and Technology*, 3(2).
- Blank, G. & Groselj, D. (2014). Dimensions of internet use: amount, variety, and types. *Inform. Commun. Soc.*, 17(4). pp. 417–435.
- Bilozubenko, V.; Yatchuk, O.; Wolanin, E.; Serediuk, T. & Korneyev, M. (2020). Comparison of the digital economy development parameters in the EU countries in the context of bridging the digital divide. *Problems and Perspectives in Management*, 18(2). pp. 206–218. [https://doi.org/10.21511/ppm.18\(2\).2020.18](https://doi.org/10.21511/ppm.18(2).2020.18)
- Centro de Noticias ONU (2024). ONU llama a superar brechas en el uso de las TIC. <https://www.un.org/es/desa/wsis10>
- Cioacă, S.; Cristache, S.; Vuță, M.; Marin, E. & Vuță, M. (2020). Assessing the impact of ICT sector on sustainable development in the European Union: An empirical analysis using panel data. *Sustainability (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/su12020592>
- Colom, C. (2020). Las brechas digitales que deben preocuparnos y ocuparnos. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, 98. pp. 350-353. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7694323.pdf>

- Coria, S.; Mondragón-Becerra, R.; Pérez-Mesa, M.; Ramírez-Vásquez, S.; Martínez-Peláez, R.; Barragán-López, D.; Ávila-Barrón, O. (2013). CT4RDD: classification trees for research on digital divide. *Expert System. Appl.*, 40(14). pp. 5779-5786.
- European Commission (2019). Reflection paper: Towards a Sustainable Europe by 2030. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9). pp. 1689–1699.
- Evangelista, R.; Guerrieri, P. & Meliciani, V. (2014). The economic impact of digital technologies in Europe. *Economics of Innovation and New Technology*.
- Gesto Rodríguez, J. (2022a). Utilidad de las TIC en la educación superior: apreciación estudiantil. *REFCalE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 10(1). 17–36. <https://refcale.uileam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/3543>
- Gesto Rodríguez, J. (2022b). El proceso comunicacional entre directivos y docentes en educación primaria: una valoración dialéctica. *Revista Gestión y Desarrollo Libre*, 7(14). <https://doi.org/10.18041/2539-3669/gestionlibre.14.2022.9377>
- Hansen, S. (2018). Machine learning for economics and policy. Economic analysis of the digital revolution. *FUNCAS Social and Economic Studies*, 5.
- Hargittai, E. (2010). Digital na(t)ives? Variation in internet skills and uses among members of the “net generation”. *Sociol. Inq.*, 80(1). pp. 92–113.
- Hartford, J.; Lewis, G.; Leyton-Brown, K. & Taddy, M. (2017). Deep IV: A Flexible Approach for Counterfactual Prediction. *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning*.
- Hatlevik, O.; Guðmundsdóttir, G. & Loi, M. (2015). Examining factors predicting students’ digital competence. *J. Inf. Technol. Educ. Res*, 14. pp. 123–137.
- Hidalgo, A. y Gabaly, S. (2013). Optimization of prediction methods for patents and trademarks in Spain through the use of exogenous variables. *World Patent Information*, 35(2), pp. 130-140.
- Iberdrola (2024). La brecha digital en el mundo y por qué provoca desigualdad. <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/que-es-brecha-digital>
- International Telecommunication Union [ITU] (2020). “Measuring digital development. Facts and figures 2020”. *Development Sector, ITU Publications*. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2020.pdf>

- ITU-D (2020). ITU ICT-Eye. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
- Johnson, J. (2021). How many people use the internet? Worldwide digital population as of January 2021. *Statista*. <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/>
- Karahan, Ö. (2016). The Impact of ICT-Producing and ICT-Using Industries on Economic Growth in OECD Countries. 5th International Conference on Trade, Business, Economics and Law. *ICTBEL 2016 (Oxford) Conference Proceedings*, pp. 14-23
- Kerras, H.; Sánchez-Navarro, J.; López-Becerra, E. & de-Miguel Gómez, M. (2020). The impact of the gender digital divide on sustainable development: Comparative analysis between the european union and the maghreb. *Sustainability (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/SU12083347>
- Kovačić, Z. & Vukmirović, D. (2008). ICT adoption and the digital divide in Serbia: factors and policy implications. In *Proceedings of the informing science & it education conference (Insite)*.
- Hoyos, J. y Cardona, D. (2021). Caracterización de la brecha digital en comunidades rurales en el marco de los ODS. 25° Congreso Internacional de Ciencias Administrativas, Área de investigación: Sustentabilidad y ciencias administrativas. <https://investigacion.fca.unam.mx/docs/memorias/2021/17.01.pdf>
- Morandini, M.; Thum-Thysen, A. & Vandeplass, A. (2020). Facing the Digital Transformation: are Digital Skills Enough? Comisión Europea, Directorado General de Asuntos Económicos y Financieros. *Economic Brief* 054.
- Naciones Unidas. (2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible – Desarrollo Sostenible. *Agenda 2030*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-dedesarrollo-sostenible/>
- OPP, R. (2024). La evolución de la brecha digital. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]*. <https://www.undp.org/es/blog/la-evolucion-de-la-brecha-digital>
- Rodicio-García, M.; Ríos-De-Deus, M.; Mosquera-González, M. & Abilleira, M. (2020). The digital divide in Spanish students in the face of the COVID-19 crisis. *Revista Internacional de Educación Para La Justicia Social*, 9(3). pp. 103–125. <https://doi.org/10.15366/RIEJS2020.9.3.006>
- Sinha, D. (2008). Patents, Innovations And Economic Growth In Japan And South Korea: Evidence From Individual Country And Panel Data. *Applied Econometrics and*

- International Development, Euro-American Association of Economic Development*, 8(1), pp. 181-188.
- Spiezia, V. (2012). ICT investments and productivity: Measuring the contribution of ICTS to growth. *OECD Journal: Economic Studies*, 2012/1.
- van Deursen, A. & Helsper, E. (2015). The Third-Level Digital Divide: Who Benefits Most from Being Online? Communication and Information Technologies Annual: Digital Distinctions and Inequalities. *Studies in Media and Communications*, 10. pp. 29-53.
- van Deursen, A. & van Dijk, J. (2010). “Measuring internet skills”. *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, 26(10), pp. 891–916.
- van Deursen, A. & van Dijk, J. (2014). The digital divide shifts to differences in usage. *N. Media Soc.*, 16(3), pp. 507–526.
- van Deursen, A.; van Dijk, J.; Peters, O. (2015). Increasing inequalities in what we do online: a longitudinal cross-sectional analysis of internet activities among the Dutch population (2010 to 2013) over gender, age, education, and income. *Telemat. Inform* 32(2). pp. 259–272.
- Vasilescu, M.; Serban, A.; Dimian, G.; Aceleanu, M. & Picatoste, X. (2020). Digital divide, skills and perceptions on digitalisation in the European Union - Towards a smart labour market. *PLoS ONE*, 15(4): e0232032. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232032>
- Vega, O. y Rodríguez, L. (2008). La inclusión digital como motor de desarrollo: una opción para la Colombia rural. *Dialnet. Sociedad y Utopía*, pp. 75–95. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2770050>
- Zhang W.; Zhao S.; Wan X. & Yao Y. (2021). Study on the effect of digital economy on high-quality economic development in China. *PLoS ONE*, 16(9): e0257365. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257365>