



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# Normativas Ambientales y la Influencia del PIB: Un Análisis de la Relación Económica y Ambiental

Autor/es

Diego Constante Sesma

Director/es

Ana Serrano González

Administración y Dirección de Empresas

Facultad de Economía y Empresa

2024

**Autor del trabajo:** Diego Constante Sesma

**Directora del trabajo:** Ana Serrano González

**Título del trabajo:** “Normativas ambientales y la influencia del PIB: un análisis de la relación económica y ambiental.”

“Environmental regulations and the influence of GDP: an analysis of the economic and environmental interrelation.”

**Titulación a la que está vinculado:** Administración y Dirección de Empresas

## **RESUMEN**

Con una sociedad cada vez más concienciada sobre el cambio climático, los agentes sociales y las autoridades deben actuar a favor de la protección del medio ambiente. A su vez, la evolución económica sigue estando en el foco debido a las consecuencias de las últimas crisis. En este trabajo se va a estudiar parte de la interacción entre la macroeconomía y el medio ambiente, representadas por dos variables clave.

Por un lado, se describirán y analizarán las medidas ambientales existentes que se aplican en los países o territorios supranacionales, entendiéndolas como la representación de la vertiente ambiental. Por otro lado, se estudiará la relación entre el Producto Interior Bruto por habitante y el índice de rigor de las políticas ambientales (EPSI o EPS, por sus siglas en inglés), profundizando en sus implicaciones. Esto nos proporcionará una visión empírica de la interacción entre la economía y la implementación de políticas ambientales, evaluando como se puede maniobrar para mantener un equilibrio entre ambas dimensiones.

## **ABSTRACT**

In an increasingly aware society about climate change, social agents and authorities must act advocating for environmental protection. Likewise, economic evolution remains in focus, due to the consequences of recent crisis. This paper will assess part of the interplay among macroeconomics and the environment, both represented by two key variables.

On one hand, it will describe and analyze the existing environmental measures that are applied in countries and supranational territories, conceiving them as the depiction of the environmental aspect. On the other hand, the interaction among Gross Domestic Product per capita and the Environmental Policy Stringency Index (EPSI) will be studied, delving

into its implications. This will provide us an empirical insight into how this two areas perform and how maneuvering can be done to maintain balance among them.

## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>2. MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES: TIPOS, EVOLUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS</b>	<b>11</b>
TIPOS DE MEDIDAS	11
EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES	13
CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS AMBIENTALES.	17
<b>3. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA</b>	<b>21</b>
FUENTES DE DATOS	21
METODOLOGÍA	21
<b>4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO</b>	<b>23</b>
ÍNDICE EPS (ENVIRONMENTAL STRINGENCY POLICY INDEX)	23
PRODUCTO INTERIOR BRUTO (PIB) PER CÁPITA	27
CORRELACIÓN LINEAL ENTRE EL PIB PER CÁPITA Y EL ÍNDICE EPS	30
<b>5. ANÁLISIS ECONOMETRICO</b>	<b>32</b>
MODELOS INICIALES: MCO Y DE EFECTOS FIJOS	32
MODELOS DE EFECTOS FIJOS PARA CADA GRUPO DE PAÍSES	34
MODELOS DE EFECTOS FIJOS PARA CADA TIPO DE MEDIDAS	35
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>38</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>42</b>

## Índice de Gráficos

---

<b>Gráfico 2.1:</b> Número de países que aplican medidas ambientales.....	<b>14</b>
<b>Gráfico 2.2:</b> Número de instrumentos ambientales a lo largo del tiempo. ....	<b>15</b>
<b>Gráfico 2.3:</b> Número de países que aplican la medida ‘permisos’.....	<b>16</b>
<b>Gráfico 2.4:</b> Instrumentos ambientales por tipos en los países de la OCDE. ....	<b>18</b>
<b>Gráfico 2.5:</b> Tipos de medidas de Ruanda, en cuanto a ámbito territorial (izquierda) y en cuanto a importancia relativa (derecha). ....	<b>20</b>
<b>Gráfico 4.1:</b> Evolución temporal del índice EPS.....	<b>23</b>
<b>Gráfico 4.2:</b> Valores medios por países.....	<b>24</b>
<b>Gráfico 4.3:</b> Evolución EPS de las medidas de mercado. ....	<b>25</b>
<b>Gráfico 4.4:</b> Evolución EPS de las medidas de no mercado. ....	<b>26</b>
<b>Gráfico 4.5:</b> Evolución EPS de las medidas de apoyo a la tecnología. ....	<b>27</b>
<b>Gráfico 4.6:</b> Evolución del PIB p.c.....	<b>28</b>
<b>Gráfico 4.7:</b> Valor de índice EPS en función del PIB por habitante (comparativa entre países OCDE y países no-OCDE) .....	<b>30</b>

## Índice de Tablas

---

<b>Tabla 5.1:</b> resultados de los modelos econométricos iniciales. ....	<b>32</b>
<b>Tabla 5.2:</b> resultados de los modelos de cada grupo de países.....	<b>34</b>
<b>Tabla 5.3:</b> resultados de los modelos en función del tipo de medidas ambientales aplicadas. ....	<b>36</b>

## 1. Introducción

La RAE define el medio ambiente como el entorno natural (conjunto de componentes físicos, químicos y biológicos) con el que interactúan los seres vivos. Abarca todas las formas de vida, el clima, y todos los recursos naturales. El empeoramiento de la situación ambiental debido a la acción no regulada del ser humano ha impulsado el interés en mejorar el estado del medio natural, con la intención de revertir los daños causados durante décadas.

El BBVA explica en su artículo ‘¿Cómo se relaciona la economía y el medio ambiente?’ cómo el medio ambiente y la economía tienen una relación muy establecida. Esta relación podría definirse aplicando la primera y segunda ley de la termodinámica: todo lo que obtenemos del entorno, vuelve a él con mayor entropía. Por un lado, la economía depende de los recursos naturales y ambientales para su funcionamiento, como la energía, el agua, el aire, entre otros. Por otro lado, las actividades económicas también generan impactos negativos sobre el medio ambiente, como la contaminación de los recursos (aire, agua, etc.), la generación de residuos, la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo, y muchos más. Estos impactos tienen consecuencias significativas para la salud, la calidad de vida, y la sostenibilidad de la economía a largo plazo.

En este contexto, las normas ambientales surgen como herramientas para mitigar los impactos ambientales negativos de las actividades económicas y promover un desarrollo sostenible. Estas normativas establecen estándares y regulaciones que limitan las emisiones contaminantes, protegen los recursos naturales, y promueven prácticas ambientales responsables en diversos sectores económicos y sociales. Si bien estas normas ambientales pueden imponer costes adicionales a las empresas y a la economía en general, también se espera que generen beneficios en términos de salud, calidad medioambiental y resiliencia económica a largo plazo.

Este cambio en los procesos de producción y consumo debe integrarse con el comportamiento económico actual, sin alterar el crecimiento de los países ni la situación económica de los agentes sociales (ciudadanos, empresas, etc.). Por eso, los efectos que genera la relación entre la economía y el medioambiente tienen que ser estudiados, para garantizar la calidad ambiental sin comprometer el progreso económico.

Actualmente existen diversos estudios que estudian la relación entre la economía y el medio ambiente. Angulo (2010) menciona que muchos de estos trabajos (desarrollados

por investigadores como Panayotou (1993), Suri y Chapman (1998), Ekins (2000), etc.) implementan la ‘Curva Ambiental de Kuznets’ (CKA), que relaciona el nivel de renta per cápita de una sociedad o país con el nivel de degradación del medio ambiente. Como explica Correa (2004), esta teoría establece que el impacto negativo en el medio ambiente crece cuando la renta per cápita aumenta (principalmente se debe a la intensificación de la agricultura y explotación de recursos naturales en las fases iniciales del crecimiento económico), hasta un punto de inflexión donde el incremento de la renta per cápita empieza a revertir el daño ambiental, debido a las nuevas tecnologías limpias, cambios en la composición de la economía (aumento de la presencia del sector terciario), mayor información y concienciación, etcétera. Una nueva teoría más avanzada demuestra que no es tan simple, y sugiere otro punto de inflexión posterior (situado en un nivel de renta per cápita superior) en el que la relación entre el deterioro ambiental y el nivel de desarrollo vuelve a ser positiva, debido a la reducción de oportunidades de disminuir emisiones, límites en la innovación tecnológica, o aumento de los costes de reducción, mostrando la curva con forma de N. La curva ambiental de Kuznets es uno de los primeros trabajos que estudian la relación entre economía y medioambiente, y los efectos que producen una sobre la otra. Puede ser utilizado para el diseño de políticas ambientales que sean compatibles con el crecimiento económico y el desarrollo sostenible.

Otros estudios (Puig y Freire, 2007; FMI, 2000; etc.) relacionan las políticas ambientales con la competitividad, la estabilidad de los indicadores macroeconómicos, o el bienestar (medido a través del PIB ambientalmente ajustado).

Dentro de este marco, este trabajo pretende estudiar alguno de los efectos que se derivan de la interacción entre medioambiente y macroeconomía. El objetivo principal es evaluar como el nivel de desarrollo de los países influye en el comportamiento medioambiental de éstos. Para estudiar la evolución económica se dispone de distintos indicadores, como el PIB, la tasa de empleo, el IPC, etcétera. Debido a que en este trabajo se estudiará la relación entre las medidas ambientales y su nivel de desarrollo, la variable macroeconómica de referencia será el Producto Interior Bruto (PIB) por habitante.

De la misma manera, para medir el comportamiento medioambiental de los países, se dispone de varios instrumentos que analizan las regulaciones ambientales aplicadas por los gobiernos de los países. Uno de ellos es el índice EPS (Environmental Policy Stringency index: índice de rigor de las políticas ambientales), que proporciona datos de

los tipos de medidas que se aplican y del rendimiento generado por cada país para cada una de ellas.

Para conseguir este objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Describir y analizar los distintos tipos de medidas ambientales adoptados por diferentes países en respuesta a los desafíos ambientales globales y locales. Este análisis tiene una vertiente temporal (evolución de las medidas), y otra geográfica (diferencias y similitudes entre países o grupos de países).
2. Investigar la evolución del PIB por habitante y del índice EPS en profundidad para los mismos países o grupos de éstos, prestando especial atención a las tendencias a lo largo del tiempo y a las variaciones entre países.
3. Realizar un análisis econométrico que examine la relación entre las normas ambientales y el PIB por habitante. Este análisis será el que determine la relación entre la economía, representada por el PIB per cápita, y el compromiso medioambiental, representado por el índice EPS.

Para lograr los objetivos propuestos, se llevará a cabo una investigación que combinará diferentes fuentes de datos y enfoques metodológicos. En primer lugar, se realizará una revisión de la literatura existente sobre las medidas y los diferentes tipos de estas que aplican las instituciones y autoridades nacionales y supranacionales. Posteriormente, se recopilarán datos económicos y ambientales (PIB per cápita e índice EPS, respectivamente), de los países cuya información esté disponible, incluyendo información sobre las características temporales, diferencias entre grupos de países, y otros indicadores relevantes. Estos datos se utilizarán para llevar a cabo un análisis de las tendencias a nivel nacional y global, así como para realizar un análisis econométrico que permita cuantificar la relación entre las normas ambientales y el PIB por habitante. Finalmente, se estimarán diferentes modelos y submodelos en función de grupos de países y del tipo de medidas, que tengan en cuenta distintos efectos de país y temporales. Estos modelos calcularán el impacto de la relación entre las 2 variables, el PIB per cápita y el índice EPS.

El trabajo está dividido en 6 secciones. Tras esta introducción, la segunda sección describe los tipos de medidas ambientales que están empleando los países y las organizaciones supranacionales (OCDE, Unión Europea, etc.), así como su evolución temporal desde el año 1980, y las características que presentan de manera general y específica dependiendo de cada grupo de países. La tercera sección explica las fuentes de

datos utilizadas y la metodología que se usará para realizar el análisis descriptivo y el análisis econométrico que relaciona dichas variables. La cuarta sección presenta una descripción detallada del índice EPS y del PIB por habitante, incluyendo datos transversales y su evolución temporal en los últimos 30 años, además de relacionar estas 2 variables de manera lineal con el objetivo de buscar una tendencia entre ellas. En la quinta sección se realiza el análisis econométrico, estimando varios modelos iniciales y varios submodelos en función de las muestras (grupos de países y tipos de medidas) con el objetivo de ver diferencias entre ellas. Finalmente, la última sección recoge las principales conclusiones de este Trabajo Fin de Grado.

## 2. Medidas medioambientales: tipos, evolución y características

### **Tipos de medidas**

Las medidas medioambientales son acciones o estrategias implementadas con el propósito de evaluar, controlar o mitigar el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente. Estas medidas están diseñadas para proteger, conservar y mejorar la calidad del entorno natural, así como para abordar cuestiones relacionadas con la sostenibilidad y la gestión de recursos naturales. Son promovidas por gobiernos, organizaciones no gubernamentales, empresas y ciudadanos individuales con el fin de contribuir a la protección y preservación del medio ambiente.

En esta sección se van a describir y detallar los diferentes tipos de regulaciones ambientales que pueden aplicar los países, así como su comportamiento a lo largo del tiempo y entre diferentes grupos de países. Para ello, se ha obtenido información proporcionada por la base de datos PINE ('Policy Instruments for the Environment'), perteneciente a la OCDE.

Las regulaciones ambientales se reúnen fundamentalmente en 2 grandes grupos: medidas de mercado, propuestas inicialmente por Coase en 1960, y medidas de no mercado, propuestas por Pigou en 1920. El primer grupo consiste en la creación de un mercado de derechos o permisos en el que los agentes interesados negocian el traspaso de estos derechos entre ellos. Debido a la problemática de la presencia de externalidades negativas producidas por las actividades económicas perjudiciales para el medioambiente, se idea una solución basada en la asignación de derechos de propiedad, que da lugar a la aparición de este mercado secundario donde los agentes negocian hasta alcanzar una solución óptima. Este mercado identifica los costes de transacción (derivados de adoptar, negociar y respetar los acuerdos), que disminuyen la eficacia a este mecanismo.

Dentro de las medidas de mercado, se encuentran los permisos/derechos o "compensaciones" (offsets). Su objetivo es reubicar los derechos de emisiones y de explotación de recursos en sitios menos restrictivos, de manera que las empresas que superan dichos límites compren derechos a otras empresas a las que les sobren, consiguiendo un límite mayor de emisiones o explotación. Estos derechos pueden adoptar distintas formas: cuotas, créditos, compensaciones, subastas, etc.

En el segundo grupo se propone la intervención directa, donde una autoridad establece prohibiciones, o limita las actividades contaminantes a través de impuestos y

subvenciones. De esta manera la propiedad de los derechos no cambia, y no se necesita crear un mercado secundario.

Las medidas de no mercado son mucho más amplias:

- Impuestos y tasas: son medidas destinadas a reducir el uso y producción de productos y actividades contaminantes, modificando su precio, encareciéndolo. Este tipo de regulación es muy versátil, y se puede aplicar de distintas maneras: impuestos progresivos o fijos, exenciones para abaratar costes o precios de procesos no contaminantes, pueden ser locales, regionales o nacionales, pueden abarcar distintos sectores de la economía, como transporte, producción de energía, contaminación, recursos naturales, etcétera.
- Sistemas de reembolso por depósito: surgió hace casi 3 siglos, y con el tiempo se vuelve más popular, sobre todo en los países desarrollados. Su finalidad principal es conseguir la reutilización de recursos y materiales a través del reciclaje, y reducir el daño ambiental a través de la recogida de residuos. Funciona encareciendo el precio de mercado de productos tóxicos con un recargo, que se devuelve si dicha contaminación “potencial” se evita o se reduce, al devolver el producto o sus residuos. Es una medida funcional y básica, pero que puede ser aplicada a muchos productos no biodegradables y que generan residuos.
- Subvenciones: consisten en un pago de dinero por parte de las autoridades, dirigido a reducir el coste que soportan los consumidores de productos o actividades sostenibles. Al igual que los impuestos, es muy versátil, se puede aplicar en forma de exenciones fiscales y de tasas en productos no contaminantes, en forma de reducción del coste de producción de las empresas (para reducir el precio indirectamente), en forma de pagos para fomentar inversiones o proyectos ecológicos, etcétera.

Podría considerarse un último tipo de ‘medidas’, que son las voluntarias, aunque no se incluyen en ninguno de los 2 grupos: “compromisos de empresas e industrias para mejorar su rendimiento medioambiental más allá de las obligaciones legales” (PINE database, 2023). Su efecto no es a gran escala ni tiene impacto macroeconómico en los países o industrias, salvo en casos extremos en los que empresas de todo un sector se unen (casi) unánimemente para fomentar procesos y actividades sostenibles.

Para cuantificar dichas medidas, se catalogan en las bases de datos con una o varias etiquetas que definen el campo temático al que afectan: contaminación atmosférica, contaminación del agua, combustibles fósiles, degradación del suelo, ozono, energías renovables, etc. De esta forma, es más fácil rastrear cuántas medidas afectan a cada tópico. Luego, se agrupan en industrias para que su identificación sea más sencilla. Dicha agrupación sigue el modelo presentado por las Naciones Unidas, ISIC (International Standard Industrial Classification), que diferencia entre: fabricación, comercio y retail, transporte y almacenaje, gestión de residuos, aguas y alcantarillados, electricidad, gas y aire acondicionado, agricultura, silvicultura y pesca, minería, y otros.

También es posible agrupar o definir las políticas ambientales en función de si son de ámbito nacional, supranacional, regional, o local. La distribución general es que las medidas nacionales sean las más abundantes, suponiendo el 60% - 70% de todas las regulaciones.

Actualmente se tiene registro de casi 4000 instrumentos ambientales, aplicados en 130 países.

### **Evolución temporal de las medidas medioambientales**

Las regulaciones aplicadas no son novedosas en su mayoría. Muchas de ellas existen desde hace siglos. Sin embargo, la preocupación medioambiental ha ido ganando importancia recientemente, lo que ha llevado a un aumento de la popularidad de dichas regulaciones.

El número de medidas aplicadas y, al unísono, el número de países que las aplican, han ido creciendo desde el año 1950 hasta la actualidad. Como se ve en el Gráfico 2.1, el mayor auge se produjo entre 1990 y 2010. A partir de ese año, el crecimiento se reduce, llegando a ser nulo en los últimos 4 años.

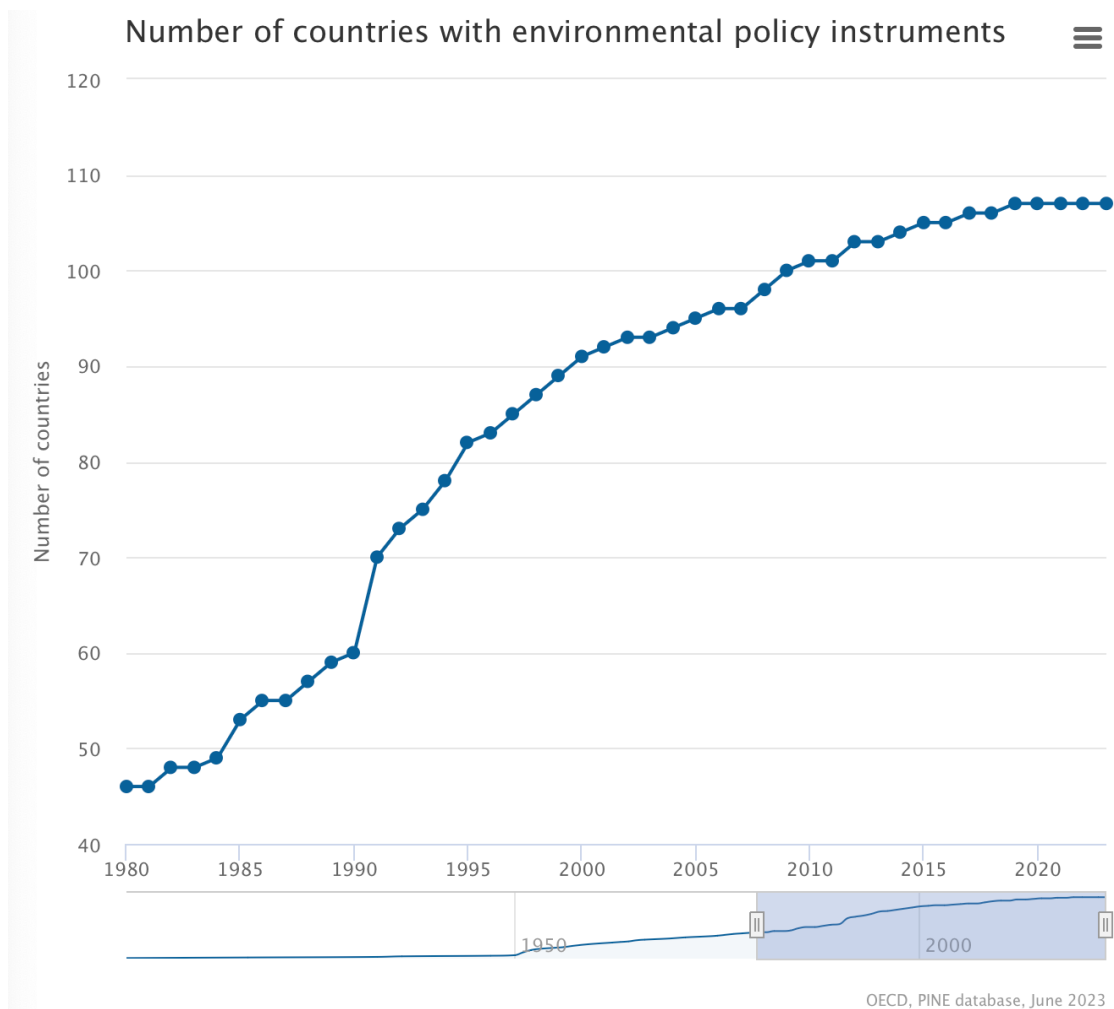


Gráfico 2.1: Número de países que aplican medidas ambientales.

En el Gráfico 2.2, se muestran el número de medidas totales, que han ido aumentando desde 1950 y, al igual que lo visto en el Gráfico 2.1: Número de países que aplican medidas ambientales., el mayor crecimiento se presenta entre los años 1990 y 2010.

Cabe destacar que no solo aumenta el número total de medidas, sino que individualmente aumenta el número de cada tipo, siendo los impuestos y las subvenciones los que más crecimiento presentan (llegando a suponer el primero más del doble de instrumentos que el segundo). Las acciones voluntarias también presentan un aumento, ya que la concienciación es cada vez mayor.

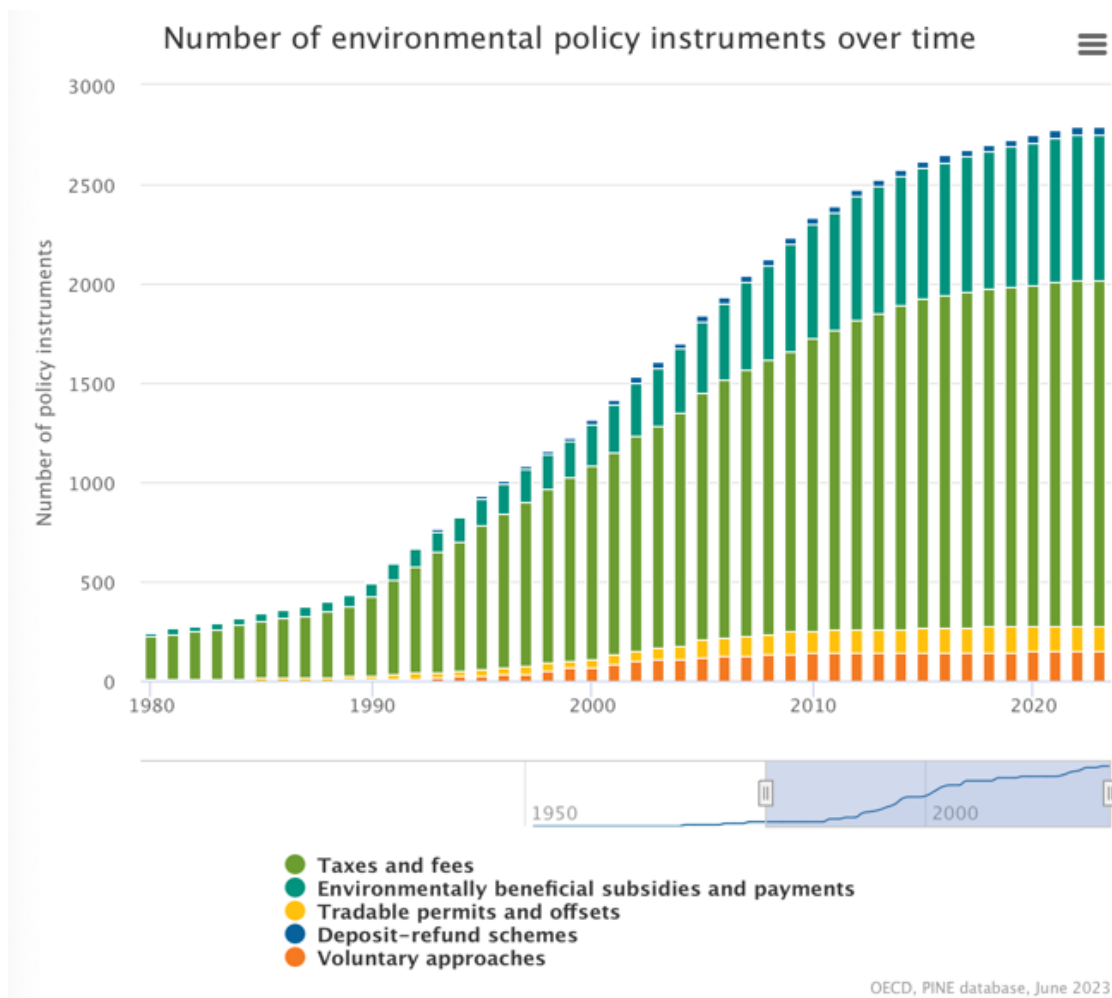


Gráfico 2.2: Número de instrumentos ambientales a lo largo del tiempo.

Por grupos de medidas, vamos a ver cómo ha evolucionado temporalmente cada grupo.

Los impuestos y tasas son el tipo de medida más importante, por lo que es el grupo en el que más países actúan. También es el instrumento que antes se comenzó a aplicar (desde 1950, cuando otros tipos de regulaciones como subsidios o permisos surgieron más adelante, en 1980-1990). En el Gráfico 2.2: Número de instrumentos ambientales a lo largo del tiempo., que diferencia los tipos de medidas, se aprecia que los impuestos son el tipo de regulación que más importancia ha ganado, seguido de las subvenciones. En la OCDE, todos los países cuentan con este tipo de políticas ambientales (38/38). A nivel mundial, se ha producido un estancamiento, con menos países entrando en la lista que hace años.

El número de subvenciones ha crecido desde menos de 100 en la década de los 90 hasta más de 700 en 2023. El número de países con este tipo de medidas sigue el mismo comportamiento que con los impuestos, con un estancamiento en 2010 hasta la actualidad.

Los permisos han ganado bastante importancia en el ámbito de las regulaciones medioambientales, pasando de ser prácticamente inexistentes antes del año 2000, hasta tener 127 permisos en 2023. Sigue sin ser la medida más popular, ya que lleva años sin mostrar crecimiento. En este sentido, el Gráfico 2.3, muestra un comportamiento más desigual, con un crecimiento elevado que coincide con la apertura de los mercados de permisos en determinados países o áreas económicas internacionales, y estancamientos muy repentinos y duraderos cuando no hay nuevos países que implementen esta actuación, algo que se ve especialmente en países externos a la OCDE.

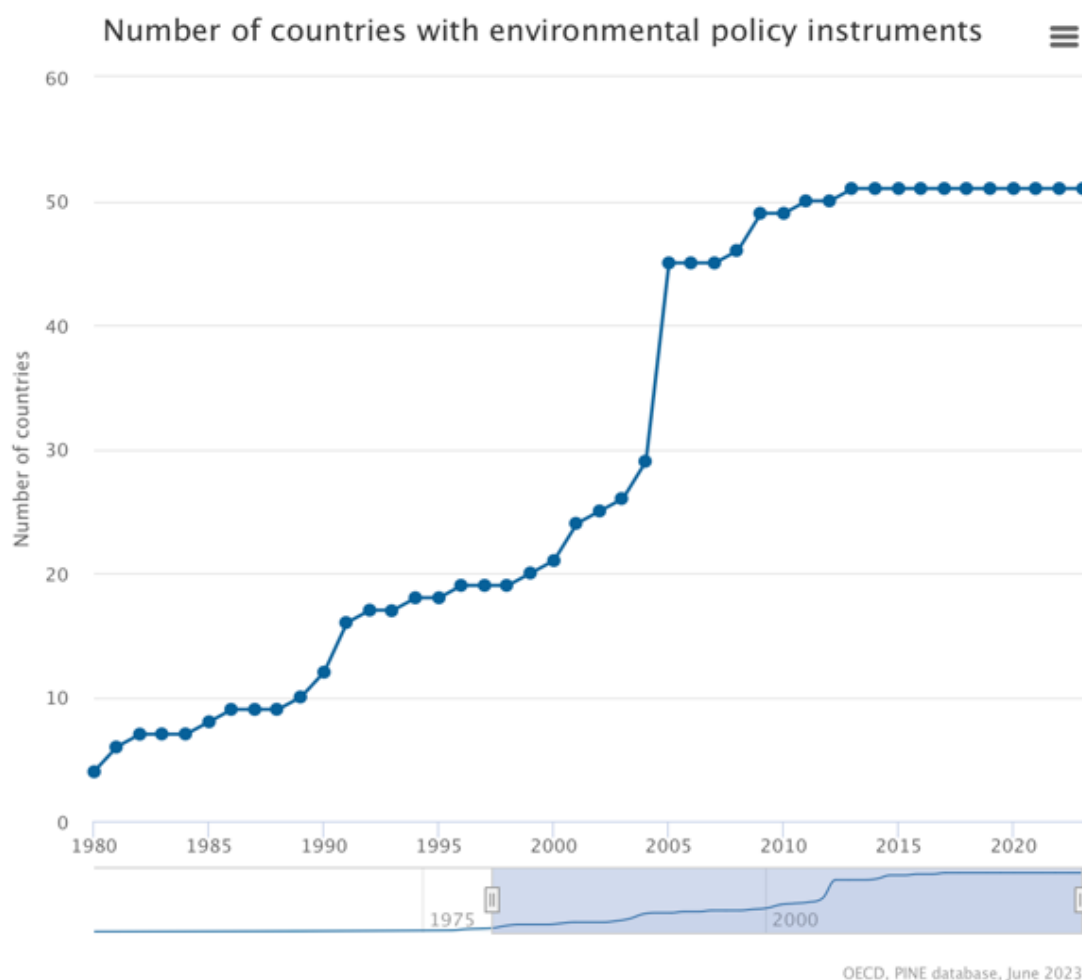


Gráfico 2.3: Número de países que aplican la medida 'permisos'.

Por último, los sistemas de reembolso son uno de los grupos con menor importancia, y realmente tras una época de crecimiento entre 1990-2010, se estabilizó y no se ha incrementado el número de países en más de 10 años. Actualmente, existen menos de 40 medidas de ese tipo.

## **Características de los instrumentos ambientales.**

La aplicación de los instrumentos ambientales varía según el país, y tienen más presencia en países desarrollados, pero algunas economías en desarrollo están empezando a aplicarlos. Algunos datos de países con gran cantidad de instrumentos son: Estados Unidos con casi 600 (aunque muchos son regionales o locales, debido a la descentralización de su modelo territorial, en el que los Estados disfrutan de bastante independencia a la hora de aplicar algunos tipos de leyes y medidas), Canadá con más de 200, Alemania, Finlandia, Suecia, Países Bajos, República Checa y Bélgica con en torno a 100, y España con casi 200. Para poder comparar de manera más sencilla, se pueden establecer 2 grandes grupos: 'Países OCDE' y 'Países no-OCDE'.

Los 'Países OCDE' tienen comportamientos similares en cuanto a la aplicación de medidas medioambientales. La mayoría de los instrumentos son de ámbito nacional, una menor parte no muy distante, de ámbito regional, y unos pocos de ámbito local o supranacional. En EE. UU., Australia y España, los instrumentos regionales conforman la mayoría, y los nacionales no son tan abundantes.

En cuanto a la composición, los impuestos suelen ser la mayoría de los instrumentos, seguido de las subvenciones, con contadas excepciones en las que otro tipo de regulación gana bastante importancia. Países como España, Alemania, o Francia tienen todos los tipos de instrumentos, mientras que en otros países como Finlandia, Grecia o Corea suele faltar alguno: voluntariado, mercado de permisos, o sistemas de depósitos, aunque siempre presentando impuestos o subvenciones. La proporción media en la OCDE de cada clase de instrumento se muestra en el Gráfico 2.4:

## Policy instruments by type and subtype

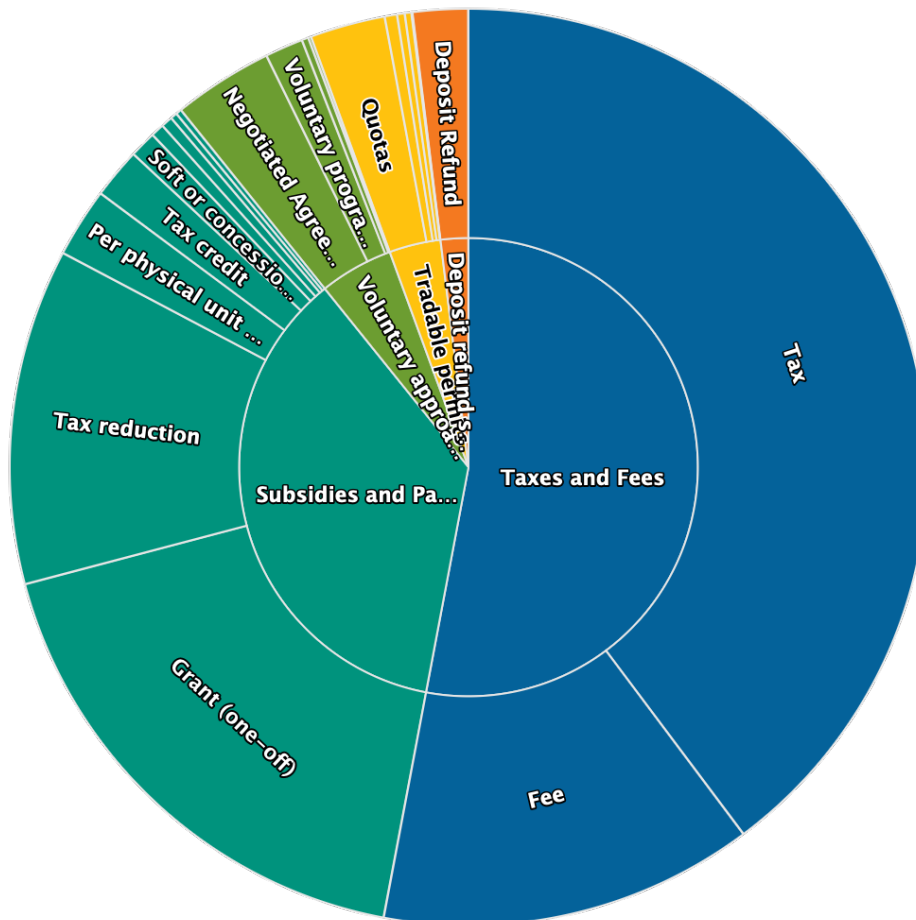


Gráfico 2.4: Instrumentos ambientales por tipos en los países de la OCDE.

Los impuestos son el instrumento más común suponiendo el 53% del total de medidas, consiguiendo de media en la OCDE una recaudación de en torno al 1,6% del PIB con tendencia generalizada a la baja. La composición de la recaudación impositiva (por impuestos ambientales) se centra en el sector de la energía en más del 50%, y en el sector transporte en un 25% - 30%. Los impuestos que gravan la contaminación consiguen llegar a un 5% aproximadamente, y el resto de los sectores no tienen casi relevancia. Además, las variaciones temporales en la totalidad de la recaudación se producen en el sector energético, los demás se mantienen muy estables.

Las etiquetas ambientales de los instrumentos aplicados en cada país varían mucho, por lo que es difícil ver un comportamiento común. Sin embargo, las industrias en las que se aplica cada medida son bastante uniformes, viéndose como los sectores más afectados por dichos instrumentos son el primario y el secundario, los que se basan en la producción de bienes, y no en la prestación de servicios, con especial incidencia en el sector

transporte, agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, gestión de aguas y, sobre todo, la industria manufacturera (acumulando cerca de 2000 instrumentos distintos).

Los ‘Países no-OCDE’ no cuentan con una media comparable y se hace más difícil su estudio, ya que hay que analizar cada país de manera individual. La diferencia entre países es alta, pero se presencian ciertos comportamientos similares:

1. El número de regulaciones aplicadas es significativamente menor que en los países de la OCDE, en muchos casos no llegando ni a la decena por país.
2. El ámbito de aplicación de estas medidas es casi totalmente nacional, excepto en algún caso aislado donde hay medidas supranacionales o regionales.
3. El tipo de regulación suele ser impuestos y tasas. En algunos países como Argentina hay algún otro tipo de instrumento, pero no es lo común. Si bien en países de la OCDE los impuestos suponían la mayoría de las regulaciones, en los países externos suponen en muchos casos el 100%.
4. En cuanto a las industrias afectadas por estas medidas, suelen agruparse en manufactura y transporte (hay menos variedad y muchos sectores no están afectados).
5. Las etiquetas presentes son mucho menores: al igual que pasa con las industrias, las medidas en países que no forman parte de la OCDE solo abarcan etiquetas como la ‘mitigación del cambio climático’ o ‘energía renovable’, dejando muchas de ellas sin considerar.
6. De los impuestos repercutidos, la mayoría provienen de impuestos energéticos, y en algunos países, del transporte, aunque esa parte es pequeña y reciente, o nula. El resto de las actividades gravadas, por lo general, no generan recaudación de impuestos.
7. Al comparar la recaudación impositiva medioambiental con el PIB del país correspondiente, el porcentaje es mucho menor que el promedio de los países de la OCDE. Algunos países se sitúan por encima de dicho promedio, pero por lo general están muy por debajo. En algunos casos, antes de la crisis financiera del 2008, dicho porcentaje era mayor.

Los gráficos siguientes (pertenecientes a Ruanda) se pueden considerar comunes o similares para muchos de los países externos a la OCDE: muy pocas regulaciones, de ámbito nacional, y generalmente impuestos.

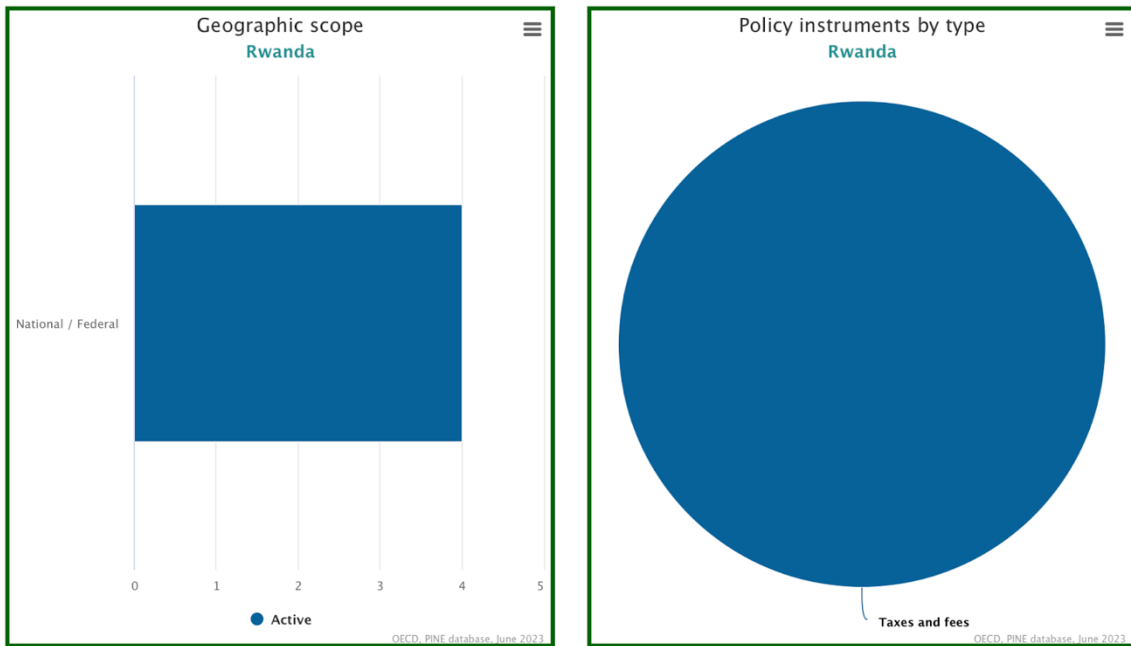


Gráfico 2.5: Tipos de medidas de Ruanda, en cuanto a ámbito territorial (izquierda) y en cuanto a importancia relativa (derecha).

### 3. Fuentes de datos y metodología

#### **Fuentes de datos**

En esta sección se explican las variables principales que se van a utilizar en el trabajo y su procedencia.

La OCDE elaboró un índice, llamado EPS (Environmental Policy Stringency Index), que permite calificar a los países en función del rendimiento y del número de instrumentos medioambientales que aplican. Este índice tiene en cuenta las medidas que afectan en el precio de las actividades dañinas para el medio ambiente, ya sea encareciéndolo como los impuestos, o abaratándolo como las subvenciones. Se basa en 13 instrumentos medioambientales, agrupados en 3 grupos de medidas: de mercado, de no mercado, y de apoyo a la tecnología; relacionadas con el clima y la contaminación atmosférica. Como el índice EPS aplica la misma metodología de valoración a todos los países que cubre, permite compararlos.

El índice da valores entre 0 y 6, siendo ‘nada estricto’ y ‘muy estricto’, respectivamente. Actualmente cubre 40 países en un periodo de 31 años (1990-2020).

El PIB (producto interior bruto) es la otra variable necesaria para el análisis de este trabajo. Los datos recogidos del PIB serán per cápita, para permitir la comparabilidad entre países, y en términos reales (a precios fijos del año 2015).

Los datos que proporciona la OCDE abarcan muchos más años, por lo que se estudiará el mismo periodo que en el índice EPS. Algunos países como China, Rusia o India no proporcionan estos datos en determinados años, por lo que la OCDE los ha estimado.

Estas 2 variables de referencia se utilizarán para estudiar la potencial relación entre el nivel de renta por habitante, que aproxima el desarrollo de los países, y su rigor en la aplicación de instrumentos ambientales.

#### **Metodología**

Primero se analizarán las características geográficas y temporales de cada una de las variables y, en el caso del índice EPS, de sus sub-variables. En este primer análisis se relacionarán de manera lineal para estudiar su tendencia.

Para realizar el análisis econométrico se utilizará el programa Gretl. Las bases de datos contendrán los valores del PIB per cápita y del índice EPS correspondientes a cada país

y cada año, extraídos del portal OECD Statistics. La base de datos se introducirá aplicándole una interpretación de panel, con N unidades transversales (países) y T periodos temporales. Inicialmente se estimarán 3 modelos:

El primero se estimará por el método mínimos cuadrados ordinarios (MCO), sin incluir ningún set de efectos fijos.

El segundo será un modelo de efectos fijos, en el que se incluirán efectos individuales por unidad transversal (país).

El tercero será un modelo de efectos fijos, en el que además de los efectos individuales, se añadirán variables ficticias temporales.

Una vez estimados estos 3 modelos, se utilizará un criterio de elección objetivo para validar cual es el más representativo.

Posteriormente se realizarán modelos para cada submuestra extraída de las variables, utilizando el método seleccionado en el apartado anterior: en el caso del PIB per cápita los modelos se estimarán para la muestra de países OCDE y para la de países no-OCDE; en el caso del índice EPS, para las medidas de mercado, las de no mercado, y las de apoyo a la tecnología. Una vez obtenidos los resultados, se compararán entre las muestras de cada grupo, y se realizarán diversos contrastes para justificar la inclusión o no inclusión de los distintos sets de efectos y para aceptar o rechazar hipótesis sobre los parámetros que acompañan a las variables. De la misma manera que con los modelos iniciales, se validará que submodelo dentro de cada grupo es el más representativo en base a un criterio de elección válido.

Con los resultados obtenidos se valorará cómo se comporta el efecto de la variable PIB per cápita sobre la variable EPS.

## 4. Análisis descriptivo

En esta sección se realiza un análisis descriptivo de la variable EPS y del PIB (producto interior bruto) por habitante, variables que posteriormente se relacionarán en un modelo econométrico.

### Índice EPS (Environmental Stringency Policy Index)

El índice EPS valora a los países en función de las políticas ambientales que aplican. Como se ha visto anteriormente, el número de medidas y el número de países que aplican dichas regulaciones ha ido aumentando. Esto se ve reflejado en el índice, que muestra un crecimiento medio constante (Gráfico 4.1):

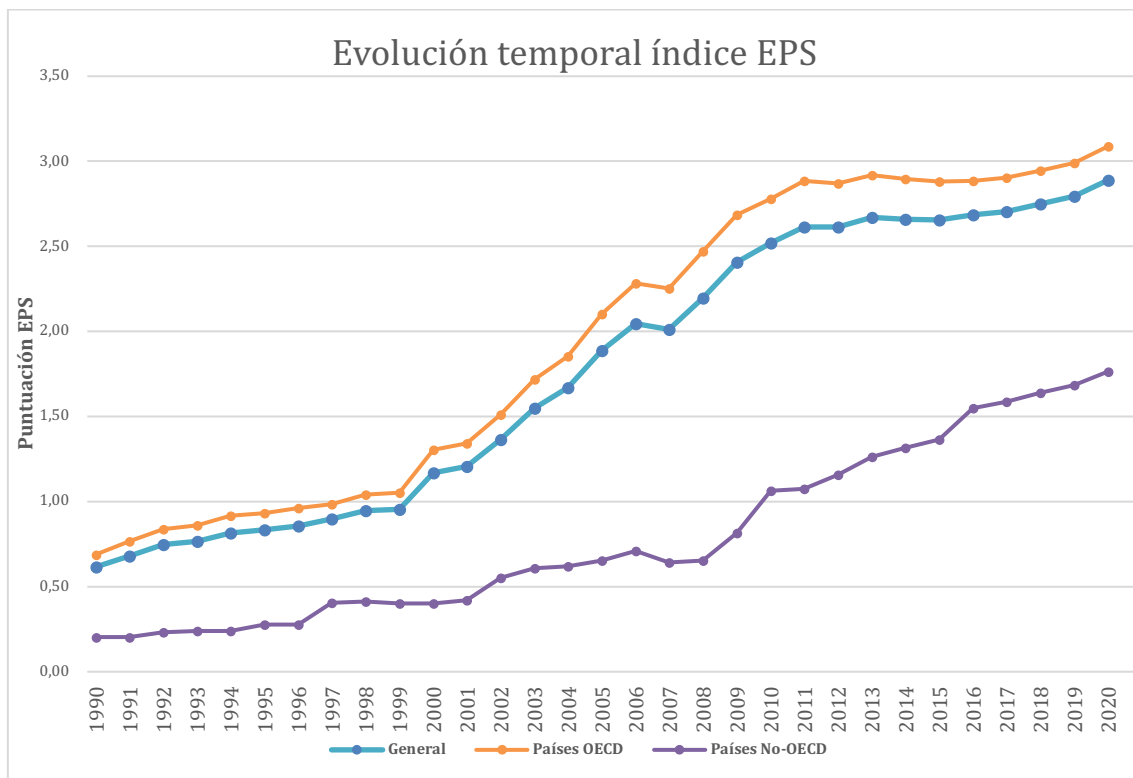


Gráfico 4.1: Evolución temporal del índice EPS.

Como puede verse en el Gráfico 4.1: Evolución temporal del índice EPS., en el primer año de aplicación del índice, la valoración media era de 0,62, y ha ido aumentando hasta el año 2020, con una puntuación de 2,89. Dicho crecimiento ha sido bastante continuado en el tiempo y carece de valores extremos o desviaciones. En un primer vistazo se pueden ver 3 fases en la evolución del índice EPS: la primera, desde 1990 hasta 1999, tiene un incremento suave; la segunda, desde el año 2000 hasta el 2010, con un crecimiento más acentuado gracias a la aplicación de nuevos tipos de medidas (sobre todo de ‘no mercado’); y la tercera, del 2011 al 2020, con un estancamiento (terminando en los

últimos años con un leve aumento) producido por la crisis financiera, que relegó la lucha medioambiental en favor de la mejora de la economía. En el caso de los países no pertenecientes a la OCDE, su puntuación media en los valores de la última década ha aumentado más que en las décadas anteriores, y no se aprecia el estancamiento del otro grupo de países, ya que la mayoría de estos, a excepción de 2, no sufrieron caídas en la valoración. En 1990, la mayoría de los países se encontraban por debajo del 1, y en 2022 suelen estar entre el 2,5 y el 4 (alguno supera el 4, como Suiza o Finlandia, y aquellos no pertenecientes a la OCDE se sitúan por debajo del 2,5).

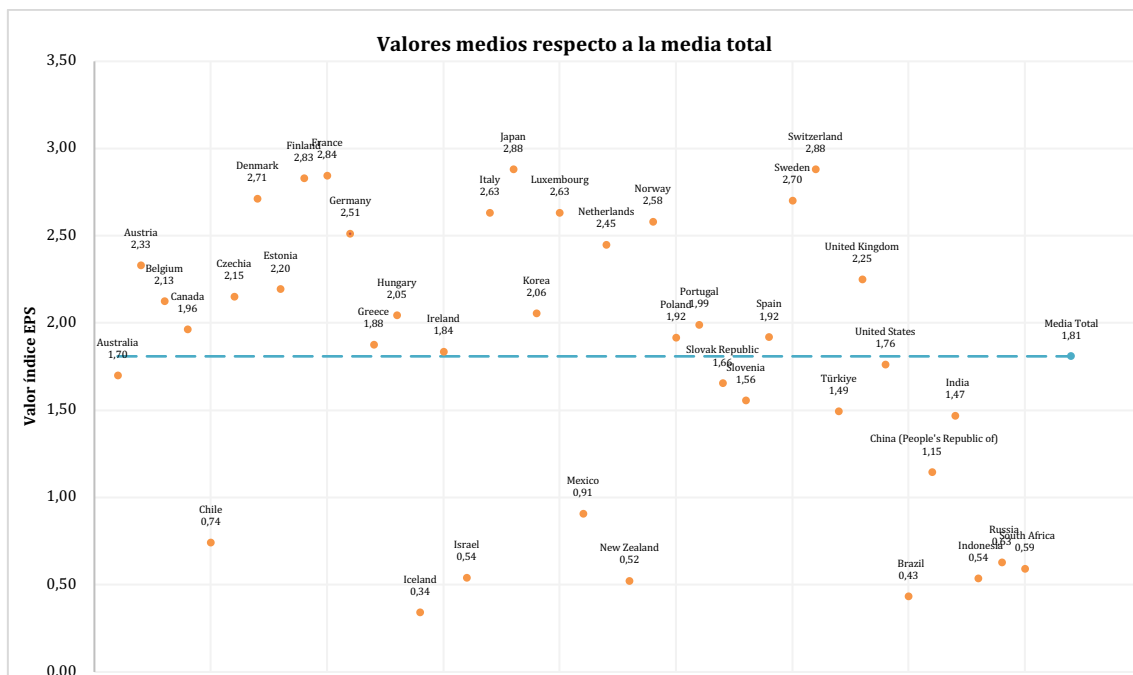


Gráfico 4.2: Valores medios por países.

Si comparamos los grupos de países, se ve claramente que los pertenecientes a la OCDE tienen una puntuación bastante mayor (más de 1 punto) que los no pertenecientes, tanto en el valor medio, reflejado en el Gráfico 4.2, como en el del último año. Además, los países externos siempre se encuentran por debajo de la media (1,80), mientras que los países de la OCDE consiguieron alcanzar dicho valor medio en 2004, llegando a superarlo en 2022 por más de 1 punto. El caso de España es algo particular, ya que si bien empezamos con una puntuación no muy baja, y actualmente tenemos en activo muchas medidas a favor del medio ambiente (siendo además uno de los países que más destaca actualmente dentro de la UE en este tema), nos posicionamos por debajo de la media con un 2,5, el valor más bajo de la Unión Europea, y con países como Estados Unidos, China, Reino Unido, o países pequeños (que presumiblemente no actúan demasiado a favor de proteger el medio ambiente ni de mitigar el cambio climático) por encima de nosotros,

cosa que puede deberse a las frecuentes multas provenientes de la UE al infringir medidas y límites medioambientales.

El índice EPS se puede desglosar en 3 apartados: medidas de mercado, medidas de no mercado, y políticas de apoyo tecnológico. Se pueden obtener puntuaciones de cada regulación específica, o por grupos. Debido a la similitud de las medidas dentro de cada grupo, analizaremos las valoraciones por dentro de estos.

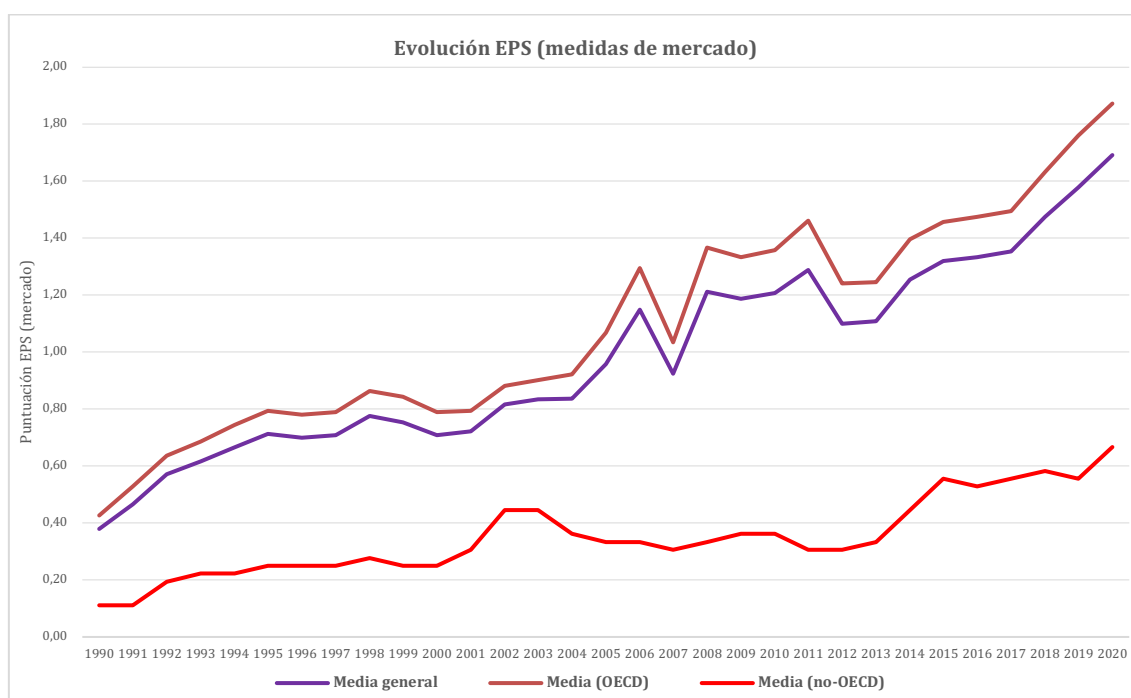


Gráfico 4.3: Evolución EPS de las medidas de mercado.

El primer bloque son las medidas de mercado (compraventa de derechos de emisión, impuestos, etc.). Al igual que en la valoración general, la tendencia es creciente, aunque menor, y se aprecia una ligera caída en las puntuaciones tras la crisis del 2008, con una alta recuperación posterior. Las puntuaciones son más bajas, se sitúan entre el 1 y el 3, ninguna de las medias llega al 2, y se ve un poco más de dispersión de los valores. Algún país se encuentra fuera de este rango de 2 puntos, pero no hay ningún valor extremo o nulo. Los países mejor situados son los nórdicos (Suecia, Noruega y Dinamarca) y Francia, mientras que los peores puntuados son los externos a la OCDE. España pasa a estar en mejor posición, superando incluso a países como Alemania, Países bajos o Canadá, pero aún sigue siendo un valor relativamente bajo, ya que no supera ni la media de los países de la OCDE, ni la media general.

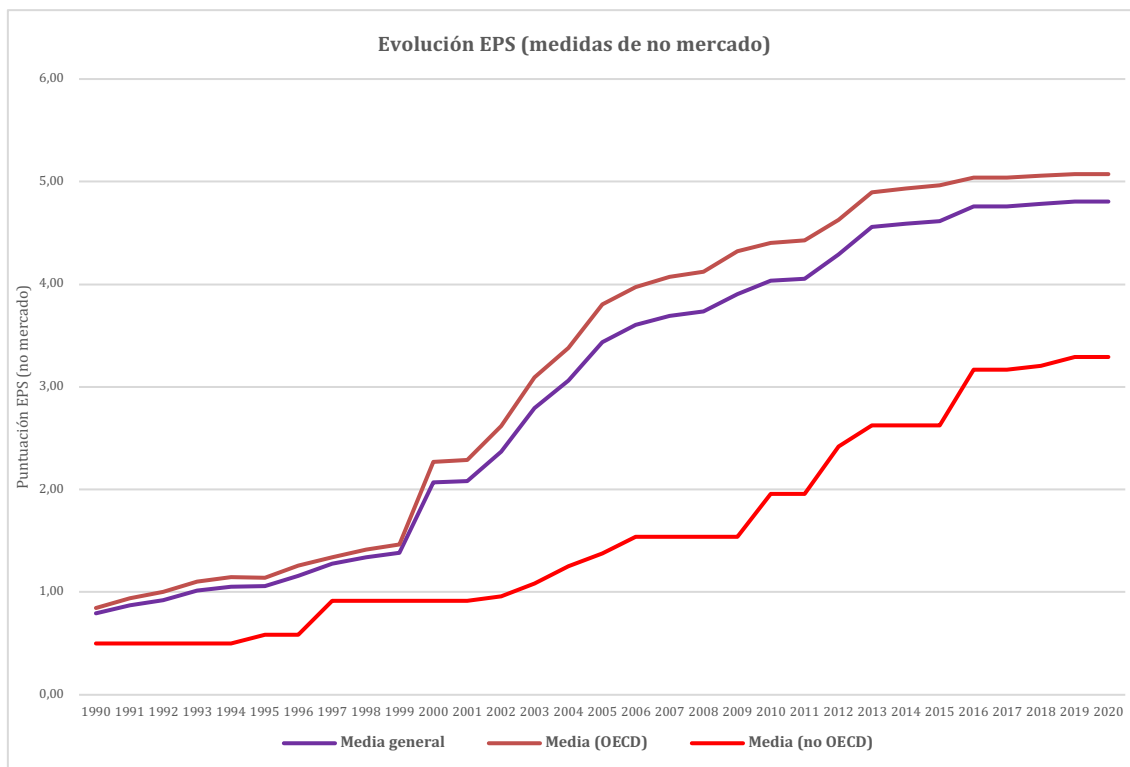


Gráfico 4.4: Evolución EPS de las medidas de no mercado.

El segundo tipo son las medidas de no mercado: límites a la emisión de ciertos químicos contaminantes, como azufre, dióxido de nitrógeno, o material particulado. Las valoraciones en este apartado son mucho mejores, el crecimiento es más marcado, y la mayoría de los países se sitúan en torno al 5. Como este tipo de medidas no forman parte del mercado, son inmunes a las crisis económicas, y los posibles efectos que puedan sufrir son indirectos, lo que explica que no se produzca una caída en las puntuaciones a partir de 2008 (algo que si pasaba en las medidas de mercado, y en la valoración global del índice), sino que sólo haya una ralentización del crecimiento. Los países por debajo de la media siguen siendo los no pertenecientes a la OCDE, y los países mejor posicionados son Italia, Canadá, Suiza y Estados Unidos. La situación de España en este grupo de medidas es mucho mejor en comparación con las demás, con una valoración de 5,5, encontrándose entre los países mejor valorados (aunque en este caso, muchos países se encuentran en esas puntuaciones, por lo que no es tan destacable).

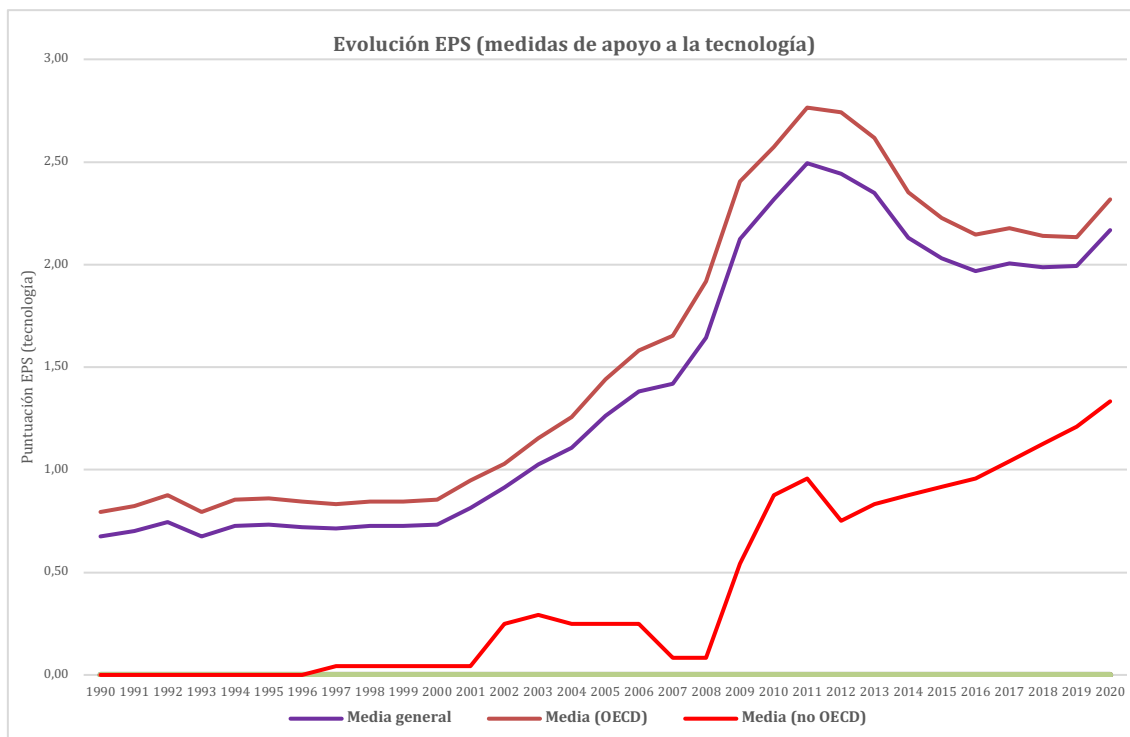


Gráfico 4.5: Evolución EPS de las medidas de apoyo a la tecnología.

El último grupo es el de apoyo a tecnologías. Es el grupo más diverso, con medidas como la generación de renovables o el control de emisiones de carbono. Sus valores son los más dispersos, siendo el único caso en el que hay países con una puntuación de 0 y otros con 6. Se aprecia el crecimiento de este tipo de medidas, y ese decrecimiento, común a la mayoría de los grupos, posterior a la crisis financiera. La media de estos valores puede ser menos representativa por las grandes diferencias entre países. Aun así, se puede apreciar como el grupo de países de la OCDE, con Suiza, Francia y Luxemburgo a la cabeza, tiene mejores puntuaciones que los países externos a la organización. Otros países de la OCDE se sitúan por debajo de la media general. Este es el caso de España, que se sitúa por debajo de todas las medias, incluyendo la de los países no pertenecientes a la OCDE, lo que explica, junto a la mala puntuación en las medidas de mercado, por qué en la valoración global nuestro país obtiene una calificación tan baja.

Una vez evaluadas las características del índice EPS, pasaremos a analizar el PIB per cápita, a precios constantes (año base 2015).

### Producto Interior Bruto (PIB) per cápita

Empezando por una valoración global de los datos proporcionados por la OCDE respecto al PIB per cápita, al igual que se hizo con el índice EPS, se pueden ver ciertos comportamientos, reflejados en el Gráfico 4.6:

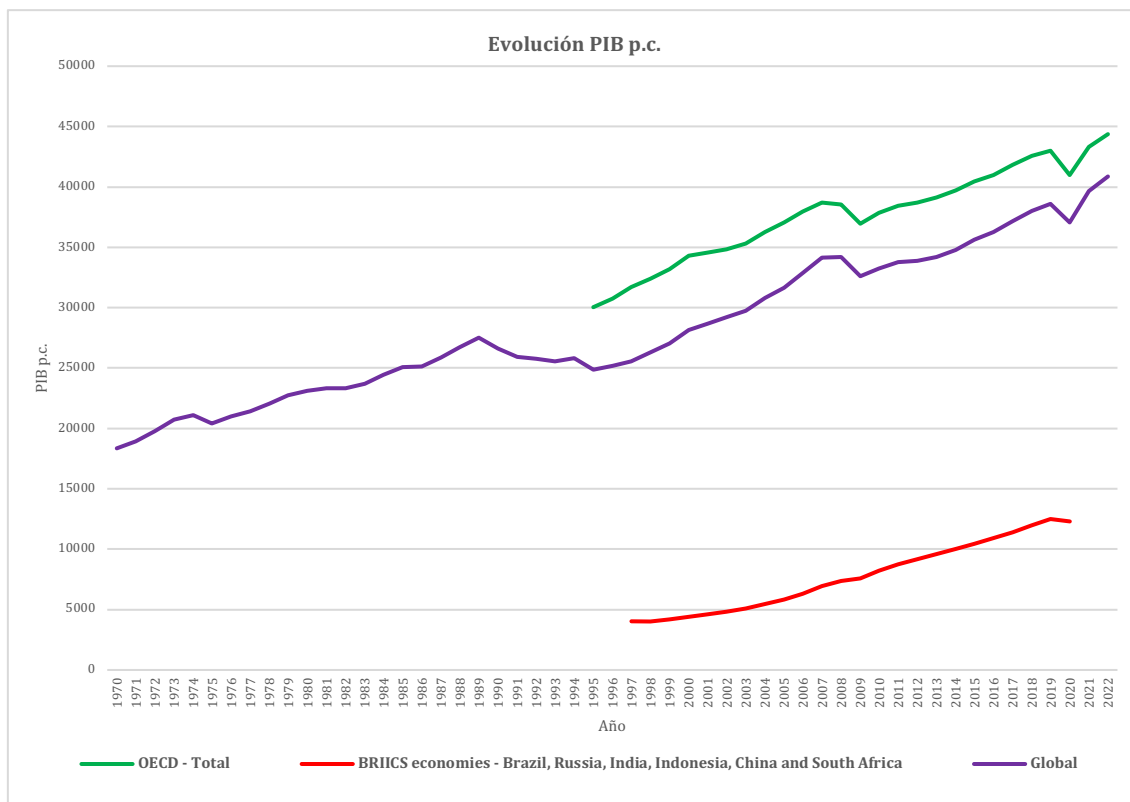


Gráfico 4.6: Evolución del PIB p.c.

El crecimiento global ha sido sostenido, duplicando el valor actual respecto al de hace medio siglo, y la tendencia es positiva.

Se presencian 3 caídas en los valores: la primera es provocada por la crisis de 1991, de carácter financiero, que generó una caída en la inflación y en el crecimiento económico que duró media década; la segunda es en 2007 – 2012, relativa a la burbuja inmobiliaria, suponiendo un descenso medio en el PIB por habitante en torno al 4%, y cuya recuperación se alarga durante 5 años, aunque en el caso de España y otros países similares como Italia o Grecia, esta recuperación es el doble de larga; y la tercera es en 2020, relativa a la crisis pandémica, una caída similar a la segunda (aunque hubo menos valores extremos, las medias cayeron más que en la crisis anterior), con un descenso medio de un 5% - 6% en el PIB por habitante, y una recuperación ligeramente más rápida, llegando a 2022 con muchos países habiendo superado esa recesión. Esta última crisis, aunque fue menor en términos numéricos, alcanzó a más países, por lo que no tuvo casi contrapeso de otros países que estaban creciendo.

Una de las principales características es la gran diferencia entre los valores absolutos del PIB per cápita de cada país, que llega a ser de hasta 30 mil euros de diferencia entre países pertenecientes a la OCDE, y de casi 50 mil euros incluyendo a los países exteriores. Se

pueden observar diferencias en cada grupo de países: los pertenecientes a la organización han tenido un crecimiento similar a la media global, pasando por las 2 últimas crisis (la OCDE no proporciona datos para ver si también sufrieron la primera recesión), pero manteniendo la senda de crecimiento sin grandes modificaciones. El segundo grupo, el BRIICS (Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica, grupo similar al que formaban los países externos a la OCDE en la valoración del índice EPS) destaca por el alto crecimiento en la última década, indicando el desarrollo de las economías emergentes, aunque sus valores de PIB per cápita siguen siendo muy inferiores al resto de países. Igualmente han sido afectados por las 2 crisis más recientes, pero el impacto fue menor, por lo que en una de ellas no hubo decrecimiento, y ha sido en la última cuando el PIB per cápita del BRIICS ha caído, y cuando sus tasas de crecimiento se han igualado a las de los demás países.

La presencia de estas recesiones en los últimos años y las largas recuperaciones han influido en las tasas de crecimiento a largo plazo, que son decrecientes en los 2 grupos de países y en la media global. Esto indica que el crecimiento, aunque sigue siendo positivo, se ha ido minorando a lo largo de estos 30 años.

En cuanto a la evolución del PIB per cápita en España, su desarrollo ha sido similar al de otros países cercanos como Portugal o Italia, situándose por debajo de la media de la OCDE y de la UE, sufriendo un decrecimiento en la segunda recesión bastante más agudo que otros países de la Unión Europea, y la caída más grave de todos los países registrados en la última crisis (-11,6%). Solo unos pocos países y generalmente pequeños, como Luxemburgo o Irlanda, tienen valores extremos, llegando a superar los 100 mil euros de PIB por habitante o un crecimiento más elevado. La consideración de estos países como 'paraísos fiscales' explica el motivo de que haya tanta riqueza per cápita dentro de esos países.

## Correlación lineal entre el PIB per cápita y el índice EPS

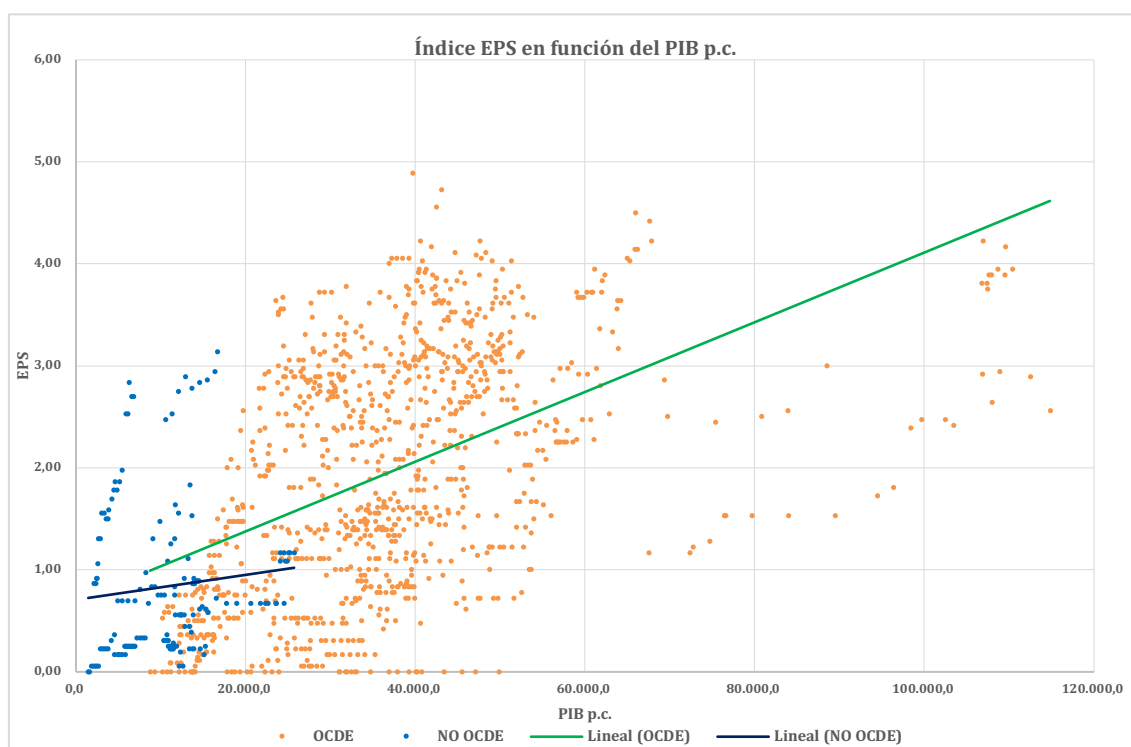


Gráfico 4.7: Valor de índice EPS en función del PIB por habitante (comparativa entre países OCDE y países no-OCDE)

En el Gráfico 4.7 se relacionan las 2 variables: PIB por habitante y el índice EPS para todos los países de la muestra y los periodos, diferenciando entre países OCDE (verde) y países NO-OCDE (azul). Se puede establecer una relación positiva entre ellas para ambos grupos de países. Esto es, cuanto mayor es el PIB por habitante, mayor es el índice EPS, *ceteris paribus* el resto de factores. Las tendencias son crecientes, por lo que se puede suponer que los países con más renta per cápita, y por tanto más avanzados, dedican más esfuerzo al control medioambiental y a la mitigación del cambio climático. Esta relación directa es mucho más intensa para los países de la OCDE, como muestra la mayor pendiente de la línea de tendencia verde. Por otra parte, algo a destacar es que las observaciones se desvían bastante respecto a las tendencias, con valores muy por debajo o muy por encima de la misma, lo cual nos muestra la elevada dispersión en los datos utilizados.

Los valores de R2 obtenidos son muy pequeños (0,2301 para los países de la OCDE, y 0,0095 para los no pertenecientes a la OCDE). Esto significa que el incremento de los valores del PIB no explica en gran medida el incremento en los valores del índice EPS. Por lo tanto, pueden existir otros determinantes, además del PIB per cápita, que explican la puntuación obtenida por los países a lo largo del tiempo en el índice EPS. Por ello, en

el siguiente apartado trataremos de incluir otros elementos que pueden afectar al índice EPS y al PIB per cápita, utilizando el análisis econométrico. Estos elementos son los efectos fijos y temporales, variables no específicas que incluiremos en el análisis para ver si hay diferencias en los resultados de los modelos, y si se cumple el hecho de que existan otros determinantes que afecten al índice.

## 5. Análisis econométrico

En este apartado se realizará un análisis econométrico para relacionar las variables EPS, que será la variable por explicar o explicada, y el PIB per cápita, que será la explicativa. El objetivo es evaluar cómo afecta el nivel de desarrollo económico a la puntuación obtenida por los países en el índice EPS, y determinar si es relevante para la valoración de este índice, o depende de más factores.

### Modelos iniciales: MCO y de efectos fijos

El modelo M1 será estimado por mínimos cuadrados ordinarios (MCO); el M2 será un modelo de efectos fijos, contará con efectos individuales por países, que controlan las características específicas de cada país que no varían en el tiempo (características geográficas, etc.); y el M3 será el modelo de efectos fijos y contará con efectos individuales por países y temporales, siendo este último el que controla las características específicas de cada año que no varían por país (desarrollos tecnológicos, crisis económicas mundiales, etc.), representado por una serie de variables ficticias que se incorporarán a la regresión del modelo. Una vez estimados los parámetros, se elegirá el mejor modelo en base al R cuadrado corregido o ajustado (R<sup>2</sup>). En el caso de los modelos con efectos fijos, se atenderá al R<sup>2</sup> MCVF (mínimos cuadrados de variables ficticias).

*Tabla 5.1: resultados de los modelos econométricos iniciales.*

	(M1)	(M2)	(M3)
<b>CONSTANTE</b>	-8,05823*** (2,01753)	-27,3361*** (4,4889)	-3,48767 (2,18754)
<b>Log (PIB pc)</b>	0,96301*** (0,19497)	2,84447*** (0,4381)	0,413829* (0,222129)
Observaciones	1216	1216	1216
R <sup>2</sup> ajustado	0,290816	0,733929	0,885135
Efecto fijo por país	NO	SÍ	SÍ
Efecto fijo temporal	NO	NO	SÍ

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos utilizando del programa econométrico Gretl.

Nota: errores estándar robustos entre paréntesis. \*\*\*significativo al 1%. \*\*significativo al 5%. \*significativo al 10%.

Los valores referentes a ‘CONSTANTE’ y a ‘Log (PIB pc)’ son la estimación de los parámetros del modelo, y los valores entre paréntesis sus desviaciones típicas robustas.

En todos los modelos el parámetro de posición es negativo, siendo más acentuado en el modelo M2. Atendiendo a la Tabla 5.1, podemos observar como la relación entre el nivel

de desarrollo económico de los países y su rigor en la política ambiental es positiva en todos los casos (M1, M2 y M3), indicando que un mayor PIB por habitante resulta en una mayor valoración en el índice EPS. En el modelo M2 el parámetro que acompaña al logaritmo del PIB per cápita es el mayor, mostrando que el efecto del PIB por habitante sobre el índice EPS es mayor cuando se introducen los efectos fijos individuales, pero no los temporales. Esto se debe a que los efectos individuales no afectan (al menos de manera directa) en el PIB per cápita, mientras que los temporales pueden influir en la variación del PIB (por ejemplo, una recesión económica, como la del 2008).

Para ver si la variable PIB per cápita es relevante a la hora de explicar el índice, tenemos que ver a que nivel es significativo el parámetro que acompaña a dicha variable explicativa. Tanto en M1 como en M2, los parámetros son significativos al 1% de nivel de significatividad, indicando que no se incluye el valor 0 en su intervalo de confianza, de lo que se deduce que la variable PIB por habitante es relevante para explicar el índice EPS. En M3, el parámetro de posición no es significativo para ningún nivel de significatividad establecido (ni para el 1%, ni para el 5%, ni para el 10%), y el parámetro que acompaña a la variable exógena solo es significativo al 10%, por lo que con un nivel de confianza del 99% o del 95%, la variable PIB por habitante no es relevante.

En los modelos con efectos fijos se han realizado los contrastes robustos de interceptos por grupos y los contrastes conjuntos de Wald sobre las variables ficticias temporales.

Este primer contraste establece la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que los grupos (países) tienen un intercepto común. Es decir, aunque cada país tenga diferencias, estas son mínimas y en promedio sus características son las mismas. Si esto fuese así, lo adecuado sería no incluir efectos individuales o por país. El valor del estadístico, que sigue una distribución F de Welch, es 106,28 para el M2 y 71,07 para el M3, bastante superiores al valor crítico, no aceptando en ambos casos la hipótesis nula, indicando que existen distintos interceptos por grupos, por lo que es correcto incluir los efectos fijos individuales o por país, ya que tienen efecto sobre la variable EPS.

El segundo contraste (Wald) se utiliza para verificar si las variables ficticias temporales tienen efecto sobre el EPS y si es necesario incluirlas. La hipótesis nula supone aceptar que los efectos temporales son nulos. En este caso el estadístico sigue una distribución Chi-cuadrado, y el valor que proporciona el contraste para el M3 (no se puede hacer sobre el M2 al no tener variables temporales) es de 678,63. Como el p-valor es muy pequeño ( $1,39e-123$ ), y menor que el nivel de significancia (0,05), no se acepta  $H_0$ , concluyendo

que si existe efecto temporal y por lo tanto es adecuado incluir las variables ficticias temporales.

El dato de referencia para la elección del modelo adecuado es el R2 ajustado, cuyo número más elevado lo da el modelo M3 (0,885135), que cuenta con efectos fijos individuales y temporales. Este modelo indica que un incremento del 1% en el PIB per cápita produce un aumento de 0,0413 unidades en el índice EPS.

La especificación del modelo M3, que incluye efectos fijos por países y por periodos, será el modelo que se utilizará para el análisis de heterogeneidad que se realizará a continuación. Por lo tanto, en todos los análisis para las distintas submuestras se tendrán en cuenta los efectos fijos individuales y temporales.

Estos últimos recogen diferencias entre los distintos países y otras especificidades que evolucionan en el tiempo (aunque constantes para cada corte transversal), por lo que si no tenemos en cuenta estos efectos estaríamos incumpliendo una de las hipótesis básicas del modelo: la no omisión de variables relevantes.

### Modelos de efectos fijos para cada grupo de países

Habiendo elegido el M3, para tratar de evaluar las divergencias entre grupos de países, estimaremos en la Tabla 5.2 modelos para la submuestra 1, correspondiente a los países OCDE, y para la submuestra 2, los países no-OCDE.

*Tabla 5.2: resultados de los modelos de cada grupo de países.*

	(M3)	(M3 OCDE)	(M3 No-OCDE)
<b>CONSTANTE</b>	-3,48767 (2,18754)	-6,57773* (3,53071)	-10,4482*** (1,17749)
<b>Log (PIB pc)</b>	0,413829* (0,222129)	0,72065** (0,348783)	1,26568*** (0,168274)
Observaciones	1216	1048	168
R2 ajustado	0,885135	0,898545	0,889369
Efecto fijo por país	SI	SI	SI
Efecto fijo temporal	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos utilizando del programa econométrico Gretl.

Nota: errores estándar robustos entre paréntesis. \*\*\*significativo al 1%. \*\*significativo al 5%. \*significativo al 10%.

Una característica que hay que destacar en esta tabla, es que de un modelo a otro las observaciones cambian ya que, al hacer las submuestras para cada grupo de países, hay muchos más dentro de la OCDE que fuera. Esto hace que los datos no sean comparables,

al ser la diferencia muy grande (en una submuestra hay 1048 de 1216 y en la otra solo 168), por lo que los estimadores en el modelo de países No-OCDE pueden estar sesgados. Por consiguiente, se interpretará solo el modelo de los países OCDE.

La Tabla 5.2 nos muestra que el parámetro que acompaña al PIB p.c. es positivo, siendo incluso mayor que en el en el modelo M3 original, y con una desviación típica también mayor. El efecto que produce el PIB p.c. en el índice EPS es mayor en los países pertenecientes a la organización. En el modelo de los países OCDE, el parámetro que acompaña al PIB p.c. solo es significativo al 95% de confianza o menos, indicando que no contiene el valor 0 en el intervalo de confianza con un nivel de significancia de 0,05 o superior.

Tanto en el contraste robusto de diferentes interceptos por grupos como en el contraste conjunto de Wald sobre variables ficticias temporales no aceptamos la hipótesis nula debido a los p-valores, que son muy cercanos a 0 ( $4,06e-130$  y  $8,11e-210$ , respectivamente). Podemos concluir que tanto los efectos individuales por país como los efectos temporales son válidos, y es necesario incluir estas variables.

Si analizamos los valores obtenidos de R2 para cada modelo, vemos que son muy similares. En el M3 original, que engloba a todos los países, es un poco menor (0,885135), pero los valores para las 2 submuestras son muy cercanos (aproximadamente 0,89 y 0,90 respectivamente), lo que indica que la variable PIB p.c. y los efectos fijos y temporales añadidos al modelo explican en gran parte la puntuación del índice EPS, independientemente de que el país pertenezca o no a la OCDE.

### **Modelos de efectos fijos para cada tipo de medidas**

Por último, con el objetivo de evaluar las divergencias entre las diferentes medidas de política ambiental explicadas anteriormente, se estimarán 3 modelos más: la submuestra 1 será para las medidas de mercado, la submuestra 2 será para las medidas de no mercado, y la submuestra 3 será para las medidas de apoyo a la tecnología (véase Tabla 5.3). Al igual que en las submuestras anteriores, todos los modelos para estas submuestras tendrán efectos fijos individuales y temporales.

Tabla 5.3: resultados de los modelos en función del tipo de medidas ambientales aplicadas.

	(M3)	(M3 mercado)	(M3 no mercado)	(M3 tecnología)
<b>CONSTANTE</b>	-3,48767 (2,18754)	-1,64182 (2,40342)	-8,89253** (3,33888)	0,071327 (3,13227)
<b>Log (PIB pc)</b>	0,413829* (0,222129)	0,202634 (0,245512)	0,971847*** (0,338989)	0,067 (0,318205)
Observaciones	1216	1216	1216	1216
R2 ajustado	0,885135	0,778231	0,861546	0,747169
Efecto fijo por país	SI	SI	SI	SI
Efecto fijo temporal	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos utilizando del programa econométrico Gretl.

Nota: errores estándar robustos entre paréntesis. \*\*\*significativo al 1%. \*\*significativo al 5%. \*significativo al 10%.

En este caso las muestras son homogéneas en todos los modelos, ya que no varía el número de observaciones.

En la Tabla 5.3 podemos ver el valor del parámetro que acompaña al PIB por habitante, que vuelve a ser positivo en todos los modelos. En los modelos M3 de mercado y de tecnología, aunque los parámetros son mayores que 0, no son tan altos como en el M3 de medidas de no mercado. En este modelo es donde más elevado es dicho valor, y con una desviación típica un poco por encima de los otros modelos. Comparándolo con el M3 original, el efecto de la renta sobre el índice EPS de no mercado es de más del doble que sobre el índice general. Esto se explica por la popularidad de dichas medidas y su fácil aplicación. Además, en este modelo el parámetro no contiene el valor 0 para ningún nivel de confianza menor o igual al 99%, indicando que la variable PIB p.c. es significativa. En los otros 2 modelos, la variable no es relevante ya que en todos los intervalos de confianza (al 99%, 95% y 90%) se encuentra el valor 0, por lo que podemos deducir que el índice EPS viene explicado por otras variables recogidas en los efectos fijos.

Al analizar el contraste de diferentes interceptos por grupos, los p-valores obtenidos son  $1,28e-148$  para el modelo de medidas de mercado,  $5,19e-122$  para el de medidas de no mercado, y  $1,63e-126$  para el de medidas de apoyo a la tecnología. En los 3 casos dicho valor es muy próximo a 0, no aceptando la hipótesis nula, indicando que los interceptos son distintos y existen efectos individuales por país.

El siguiente contraste es el conjunto de Wald sobre las variables ficticias temporales, que calcula unos p-valores de  $1,68e-62$ , para el M3 de medidas de mercado, 0 para el de

medidas de no mercado, y  $9,63e-27$  para el de medidas de apoyo a la tecnología. Al igual que en el contraste anterior, son valores muy cercanos o iguales a 0, por lo que no hay que aceptar la hipótesis nula a favor de la alternativa, aceptando que existen efectos temporales, lo que justifica la inclusión de las variables ficticias.

Los valores de  $R^2$  en estos modelos son más variables, y en los de medidas de mercado y tecnológicas es más bajo, indicando que estos modelos explican en menor medida la variación del EPS. El mayor valor se da en el con las medidas de no mercado (0,861546), bastante cercano al del M3 original (0,885135), por lo que llegamos a la conclusión de que las medidas de no mercado se ven más influenciadas por el PIB per cápita que los otros tipos de medidas, que probablemente se verán afectadas por otras variables distintas.

Si comparamos con los valores estimados de los anteriores modelos, los parámetros que acompañan al PIB per cápita son más altos que en los modelos de las submuestras de los países, pero también lo son las desviaciones típicas. Esto explica que la puntuación del índice EPS depende de las valoraciones obtenidas en los distintos grupos de medidas.

## 6. Conclusiones

La incorporación de nuevas políticas y regulaciones ambientales en las últimas décadas ha motivado la necesidad de estudiar sus efectos en la economía de los diversos agentes sociales, incluyendo ciudadanos, empresas, industrias, y, sobre todo, países y organizaciones supranacionales.

En este trabajo se han definido los diferentes tipos medidas ambientales que se suelen aplicar en los países integrantes de la OCDE, entre los que se incluyen los europeos, Estados Unidos, Japón, México, etcétera, y los no pertenecientes, como China, Rusia, y algunos países latinoamericanos o africanos. También se ha estudiado su evolución en el tiempo y las diferencias geográficas de su aplicación. Se ha visto como estas medidas se han multiplicado en los últimos 30 años, pasando de ser normativas puntuales y aisladas a ser políticas coordinadas y extendidas en muchos de los países, especialmente en las economías desarrolladas, aplicadas no solo individualmente por el gobierno de cada país, sino formando parte de planes y objetivos globales y de organizaciones internacionales. Además se ha visto cómo los países desarrollados aplican un gran abanico de medidas ambientales en varios niveles geográficos (locales, regionales, etc.) mientras que los países en vías de desarrollo o tercermundistas no emplean estas regulaciones, o solo hacen uso de las más básicas como los impuestos, y solo administrados de manera nacional, sin aplicarlos en ningún otro nivel geográfico.

Posteriormente, se ha llevado a cabo un análisis descriptivo de las variables estudiadas en el trabajo: el índice EPS, que representa el rendimiento medioambiental de los países, y el PIB per cápita, que representa la renta por habitante de cada país. Este análisis ha explicado la evolución temporal de cada variable (ambas positivas), y las características geográficas derivadas de los países donde se aplican. Se ha demostrado que el PIB per cápita es considerablemente más alto en las economías de la OCDE en comparación con los países externos. Sin embargo, estos países están más expuestos a las crisis o a los ciclos económicos, ya que se observan caídas en los valores de las economías avanzadas, algo que no ocurre en los países en desarrollo. En el caso del índice EPS, se ha realizado un estudio no solo de manera general, sino también detallado, considerando los distintos grupos de medidas que lo componen, con el objetivo de analizar su comportamiento y poder ver diferencias entre las categorías. El crecimiento en la valoración del índice se produce mayoritariamente en los países avanzados, mientras que los emergentes mejoran

lentamente y muy por debajo de la media global. Mirando al índice correspondiente a cada grupo de medidas (mercado, no mercado, y tecnológicas), se ha observado que las valoraciones son mayores en las medidas de no mercado, algo que se explica por la gran popularidad de estas medidas y su facilidad de aplicación sin alterar gravemente las tendencias o el comportamiento económico. Mientras, los otros dos grupos de medidas no logran puntuaciones tan altas, debido al menor número de medidas disponibles (especialmente con las medidas de apoyo a la tecnología, difíciles de desarrollar y especialmente caras), y su mayor efecto macroeconómico, que las hace vulnerables a los ciclos económicos o crisis que se producen. Tras la descripción se han relacionado las 2 variables de manera lineal, observando cómo, indiferentemente del grupo de países (OCDE y no-OCDE), un mayor PIB per cápita resulta en una mayor valoración en el índice, con mayor incidencia en el primer caso, *ceteris paribus* el resto de factores.

Tras esta exhaustiva descripción de las variables, se ha elaborado un análisis econométrico que ha relacionado las 2 variables a través de diferentes modelos estimados con diversas características. Así, se ha podido evaluar los efectos de una variable sobre la otra, y ejecutar los contrastes necesarios para validar las decisiones en la realización de dichos modelos. Además, se han estimado modelos para distintas submuestras que han permitido observar desigualdades y similitudes entre los grupos de regulaciones o países. Inicialmente se han estimado 3 modelos, uno por MCO, otro con efectos fijos por países, y el tercero añadiendo, además, variables ficticias temporales. Aunque en los 3 modelos el efecto de la renta per cápita en la valoración del índice EPS es positivo, es en el tercer modelo donde este efecto es mayor. Además, este es el modelo que mejor explica la relación entre las 2 variables. Después, se han calculado los efectos en función de submuestras de países y de tipos de medidas. En el primer caso los datos no han podido compararse entre los dos grupos de países, debido a la gran diferencia en el número de observaciones (en el modelo de países no-OCDE los estimadores no eran precisos). Simplemente se ha validado el efecto de la renta sobre el índice en el grupo de países OCDE. En el caso de las submuestras del índice EPS, sí se han podido comparar los resultados de los tres grupos, concluyendo que la renta per cápita influye más sobre las medidas de no mercado, y menos sobre las medidas de apoyo a la tecnología. En definitiva, el nivel de renta por habitante tiene efecto sobre la puntuación obtenida en el índice EPS, y por tanto en la creación y aplicación de medidas ambientales. No obstante, este efecto no es grande, y no siempre se puede asegurar que exista (como se ha visto en

algún modelo, no se podía determinar la no existencia del valor 0 en el intervalo de confianza para ningún nivel de significancia). En todos los casos, la introducción de variables fijas y temporales es adecuada, ya que gran parte de la valoración en el índice EPS se recoge en dichas variables.

Si queremos seguir avanzando en la mitigación del cambio climático y en la mejora de las regulaciones, los agentes económicos, sobre todo los gobiernos y las autoridades internacionales, deben tener en cuenta estos efectos para determinar como el nivel económico influye en el desarrollo de políticas ambientales, y cuáles de estas suponen una alta efectividad en los objetivos propuestos.

Este trabajo fin de grado ha servido para aplicar los conocimientos sobre macroeconomía y econometría que el grado ha proporcionado, y que han sido útiles a la hora de estudiar la relación entre dos áreas fundamentales para el progreso y el desarrollo humano. Se ha podido analizar parte de las interacciones entre los dos campos de estudio, aprendiendo a utilizar diferentes herramientas y métodos útiles para la medición y la cuantificación de la economía y del medioambiente, además de saber interpretar los resultados obtenidos y entender las implicaciones de estos en la percepción y el funcionamiento de esta materia.

No obstante, este trabajo tiene ciertas limitaciones. Primero, solo se ha podido calcular el efecto que produce la renta por habitante, pero no otros indicadores macroeconómicos como el IPC, el empleo, la deuda pública, la balanza comercial, o algunos indicadores derivados del PIB, como el Producto Nacional Bruto o neto (PNB y PNN). Las regulaciones ambientales también se ven afectadas por estos indicadores, y relacionarlos con el índice EPS podría complementar la explicación de las variaciones en las puntuaciones obtenidas. El índice EPS se compone de 13 regulaciones ambientales, que se ha analizado de manera general y por grupos de medidas, pero no específicamente para cada una de ellas. Analizar cada una por separado puede dar información sobre cuáles se ven más o menos afectadas, aunque pertenezcan al mismo grupo.

En la introducción, se aclara que la relación entre medioambiente y economía es bilateral, por lo que también puede resultar útil estudiar la influencia de los indicadores ambientales sobre los macroeconómicos, es decir, lo inverso a lo realizado en este trabajo. De esta manera, se podría hacer un estudio conjunto que evalúe los efectos producidos en ambas direcciones, analizando la cadena de cambios derivados que se producirían.

Otra limitación, referente al análisis descriptivo y econométrico, es la falta de algunos datos, sobre todo en las décadas iniciales del estudio, que pueden sesgar la información, además de la simplicidad de los modelos y contrastes realizados. En el apartado econométrico se podrían incluir más contrastes sobre otras hipótesis (heterocedasticidad, normalidad, linealidad, autocorrelación, dependencia, etc.) que sirven para validar mejor el modelo, o evaluar alternativas a la estimación MCO o al modelo de efectos fijos (por ejemplo, el modelo de efectos aleatorios, el MC regularizados o ponderados, ‘*between*’, panel dinámico, etcétera). Estos modelos podrían ajustarse mejor a la realidad y proporcionar estimaciones más fiables.

Finalmente, este trabajo muestra la relevancia del estudio del medioambiente, para aprender y mejorar la predicción de sus efectos, y entender las interrelaciones con las variables económicas, con el objetivo de concebir planes y políticas ambientales coordinadas e internacionales que sean compatibles con el desarrollo sostenible, tanto económico como social.

## 7. Bibliografía

- Azqueta, D. (diciembre, 2012). La crisis financiera internacional y los problemas ambientales. *Ambienta*, 101: Crisis y medio ambiente: ¿Oportunidad o retroceso? (pp. 10-17).
- Catalán, H. (2014). ‘Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable.’ *Economía Informa*, pp. 19-37.
- Puig, I., Freire, J. (2007). ‘Efectos de las políticas ambientales sobre la competitividad.’ *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, Vol. 6, pp. 52-61.
- Angulo, A.J. (2010). ‘Relación entre Crecimiento Económico y Medio Ambiente: la U ambiental de Kuznets.’ *Revista Desarrollo Local Sostenible*, Vol. 3.
- Zapiain, M. (2002). *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la Humanidad*. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/gi/mve/daee/tmzapiain.pdf>
- Correa, F. (2004). *Crecimiento económico y Medio Ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets*. Tesis de maestría. Universidad de Medellín.
- Santamaría, J. (2019). *La curva ambiental de Kuznets y la emisión de CO2 en España: crecimiento económico y apertura comercial*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Zaragoza.
- Isasmendi, L. (2014). *Macroeconomía y Medio Ambiente: el PIB como medida de bienestar*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad del País Vasco.
- OECD. (2023). *Policy Instruments for the Environment Database*. Recuperado de <http://oe.cd/pine>, <https://oecd-main.shinyapps.io/pinedatabase/>
- OECD. (2023). *Environmental Policy Stringency Index*. Recuperado de <https://stats.oecd.org/>
- OECD. (2024). *Data Explorer*. Recuperado de <https://data-explorer.oecd.org/>
- OECD. (2008). *Environmental Outlook to 2030*. Recuperado de <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/40224072.pdf>
- FMI. (2000). *El FMI y el Medio Ambiente*. Recuperado de <https://www.imf.org/external/np/exr/ib/2000/esl/041300s.htm>

BBVA México. (s.f.): ¿Cómo se relaciona la economía y el medio ambiente? [Entrada en un blog]. Recuperado de <https://www.bbva.mx/educacion-financiera/blog/economia-y-medio-ambiente.html>