



**MÁSTER EN ECONOMÍA AGRARIA,
ALIMENTARIA Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Indicadores de Sostenibilidad en el Sistema Agrario

Autor

Miguel Alcantud Izquierdo

Tutor/es

Isabel Bardají Azcárate

Bárbara Soriano Martínez

Junio 2025

“La medición es el primer paso que conduce al control y, finalmente, a la mejora. Si no puedes medir algo, no puedes entenderlo. Si no puedes entenderlo, no puedes controlarlo. Si no puedes controlarlo, no puedes mejorarlo.”

H. James Harrington

RESUMEN:

La sostenibilidad es un concepto que ha sido ampliamente desarrollado a partir de la segunda mitad del siglo XX. Un sistema sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

La sostenibilidad en el sector agrario se encuentra sometida a numerosos retos, entre las que se encuentran: el cambio climático, la presión sobre los recursos hídricos, la degradación del suelo y conflictos sociales y geopolíticos. Por ello resulta fundamental disponer de herramientas que permitan realizar el seguimiento y la medición de los avances realizados en materia de sostenibilidad del sistema agrario para poder evaluar si se están cumpliendo con los objetivos establecidos y observar dónde se encuentran sus principales debilidades y fortalezas. Una de las principales herramientas para la medición de la sostenibilidad es el uso de indicadores y la creación de índices compuestos que permitan abordar la multidimensionalidad de la sostenibilidad.

El presente trabajo se centra en el análisis de la de sostenibilidad del sistema agrario en la Unión Europea, tomando como referencia un conjunto de países, a través de la creación de un índice compuesto de sostenibilidad.

Para ello se ha realizado una selección de indicadores que presenten una disponibilidad de datos completa a escala de país para el período seleccionado con la condición de que sean representativos de alguna de las tres dimensiones de la sostenibilidad: económica, social o ambiental. Estos se han expresado en unas unidades adecuadas que permitan eliminar los efectos debidos al tamaño del país.

Los resultados obtenidos evidencian que la sostenibilidad del sector agrario ha mostrado una caída en los últimos años principalmente motivada por la reducción de los niveles de sostenibilidad social y económica. Ello ha acentuado un desequilibrio entre las tres dimensiones, lo que ha generado que aquellos países con mayores desequilibrios entre las dimensiones de sostenibilidad de su sistema agrario muestren menores niveles de sostenibilidad. Para lograr un avance más efectivo hacia la sostenibilidad es necesario priorizar en mayor medida la dimensión social y la económica, así como continuar con los esfuerzos realizados para reforzar la dimensión ambiental.

Palabras clave: sostenibilidad, sistema agrario, indicadores, índice compuesto, Europa.

ABSTRACT:

Sustainability is a concept that has been widely developed since the second half of the 20th century. A sustainable system is one that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.

Sustainability in the agricultural sector is subject to numerous challenges, including climate change, pressure on water resources, soil degradation, and social and geopolitical conflicts. Therefore, it is essential to have tools that allow monitoring and measuring progress made in the sustainability of the

agricultural system in order to assess whether the established objectives are being met and to identify its main strengths and weaknesses. One of the main tools for measuring sustainability is the use of indicators and the creation of composite indices that address the multidimensionality of sustainability.

This paper focuses on the analysis of the sustainability of the agricultural system in the European Union, taking a set of countries as a reference, through the creation of a composite sustainability index.

To this end, a selection of indicators was made with complete data available at the country level for the selected period, provided that they are representative of one of the three dimensions of sustainability: economic, social, or environmental. These indicators were expressed in appropriate units to eliminate the effects of country size.

The results obtained show that the sustainability of the agricultural sector has declined in recent years, primarily due to reduced levels of social and economic sustainability. This has accentuated an imbalance between the three dimensions, resulting in countries with greater imbalances between the sustainability dimensions of their agricultural system showing lower levels of sustainability. To achieve more effective progress toward sustainability, it is necessary to prioritize the social and economic dimensions to a greater extent, as well as to continue efforts to strengthen the environmental dimension.

Keywords: sustainability, agrarian system, indicators, composite index, Europe.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	9
1.2. Medición de la sostenibilidad.....	11
1.3. Objetivos y estructura del trabajo.....	13
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1. Selección de países.....	15
2.2. Selección de indicadores de referencia.....	15
2.3. Índice compuesto de sostenibilidad.....	15
3. RESULTADOS.....	18
3.1. Países seleccionados.....	18
3.2. Indicadores de referencia.....	19
3.2.1. Evolución.....	21
3.3. Índice compuesto de sostenibilidad.....	29
3.3.1. Estructura.....	29
3.3.2. Rangos de clasificación.....	32
3.3.3. Evolución del índice compuesto de sostenibilidad por dimensión.....	32
3.3.4. Evolución del índice compuesto de sostenibilidad por país.....	36
4. DISCUSIÓN.....	42
5. CONCLUSIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	50
ANEXO A: INDICADORES NORMALIZADOS.....	50

Lista de Imágenes

Imagen 1. Desarrollo sostenible	10
---------------------------------------	----

Lista de Gráficos

Gráfico 1. VAB por superficie (A) y productividad de la mano de obra (B)	21
Gráfico 2. Dependencia del exterior (A) y apertura comercial (B)	22
Gráfico 3. Índices de precios al consumidor de alimentos y bebidas no alcohólicas.....	22
Gráfico 4. Empleo agrario (A) y empleo agrario femenino (B)	23
Gráfico 5. Empleo agrario de trabajadores jóvenes (A) y mano de obra extranjera (B)	24
Gráfico 6. Participación de los salarios respecto al VAB	24
Gráfico 7. Consumos alimentarios de kilocalorías (A) y proteínas (B)	25
Gráfico 8. Consumo energético total (A) y consumo energético de origen renovable (B).....	26
Gráfico 9. Consumo de fertilizantes nitrogenados (A) y fosfatados (B)	26
Gráfico 10. Balance de nitrógeno (A) y balance de fósforo (B)	27
Gráfico 11. Emisiones generadas en la agricultura (A) y emisiones debidas a la producción de carne porcino (B)	28
Gráfico 12. Nitratos en aguas subterráneas.....	28
Gráfico 13. Análisis de componentes principales para los indicadores de referencia	30
Gráfico 14. Evolución del índice compuesto de sostenibilidad en los distintos países	33
Gráfico 15. Evolución del índice de sostenibilidad de la componente económica en los distintos países	34
Gráfico 16. Evolución del índice de sostenibilidad de la componente social en los distintos países....	35
Gráfico 17. Evolución del índice de sostenibilidad de la componente ambiental en los distintos países	36
Gráfico 18. Evolución del índice de sostenibilidad en Países Bajos (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022	36
Gráfico 19. Evolución del índice de sostenibilidad en Francia (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022	37
Gráfico 20. Evolución del índice de sostenibilidad en Alemania (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022	38
Gráfico 21. Evolución del índice de sostenibilidad en España (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022	38
Gráfico 22. Evolución del índice de sostenibilidad en Italia (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022	39
Gráfico 23. Evolución del índice de sostenibilidad en Polonia (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022	40
Gráfico 24. Evolución del índice de sostenibilidad en Rumanía (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022	40
Gráfico 25. Evolución del índice de sostenibilidad en Grecia (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022	41

Lista de Tablas

Tabla 1: Peso relativo del VAB de la agricultura de los países de la Unión Europea sobre el total del VAB de la agricultura de la UE-27 en el año 2023	18
Tabla 2. Indicadores seleccionados y sus unidades.....	19
Tabla 3. Matriz de correlaciones entre los indicadores de referencia	30
Tabla 4. Códigos de los indicadores en el ACP en función de la dimensión de sostenibilidad a la que pertenezcan	31
Tabla 5. Intervalos establecidos para los valores del índice compuesto de sostenibilidad.....	32

Lista de Tablas Anexos:

Tabla A 1. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Alemania	50
Tabla A 2. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Grecia	51
Tabla A 3. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en España	52
Tabla A 4. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Francia	53
Tabla A 5. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Italia ...	54
Tabla A 6. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Países Bajos	56
Tabla A 7. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Polonia	57
Tabla A 8. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Rumanía	58

Quiero agradecer la realización de mi TFM a mis tutoras, Bárbara e Isabel, por el apoyo que he tenido por su parte para la realización del presente trabajo.

A mis padres, a mi madre y a mi padre por su paciencia y comprensión.

A mis compañeros del Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales y a usted, lector, por dedicar su tiempo e interés a este trabajo.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1. Problema abordado

La sostenibilidad como preocupación global surgió en la segunda mitad del siglo XX a partir del creciente reconocimiento de los impactos del desarrollo económico sobre el medio ambiente y la salud humana (European Commission, 2019).

El término "sostenibilidad" fue propuesto por primera vez en 1980 por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales, mientras que el concepto de desarrollo sostenible fue definido por primera vez de manera formal y ampliamente reconocida en el Informe Brundtland, publicado en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas (también conocida como la Comisión Brundtland), según la cual un sistema sostenible satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. Un sistema sostenible debe contribuir de forma equilibrada al logro de todos los objetivos y progresos, de manera que los avances en uno de ellos no comprometan el avance del resto, aun teniendo en cuenta las sinergias e interacciones que se producen entre ellos.

La medición del desarrollo sostenible y el establecimiento de indicadores para la evaluación y la mejora continua del desarrollo de las naciones se debatieron por primera vez en la Cumbre de la Tierra de Río, también conocida como Agenda 21, que instó al desarrollo de sistemas de seguimiento y evaluación del progreso hacia el logro del desarrollo sostenible mediante la adopción de indicadores que midan los cambios en las dimensiones económica, social y ambiental (Cataldo et al., 2021). Desde entonces, se ha propuesto una amplia gama de índices, cada uno con el objetivo de clasificar a los países en función de sus logros mediante diferentes conjuntos de indicadores (Strezov et al., 2017).

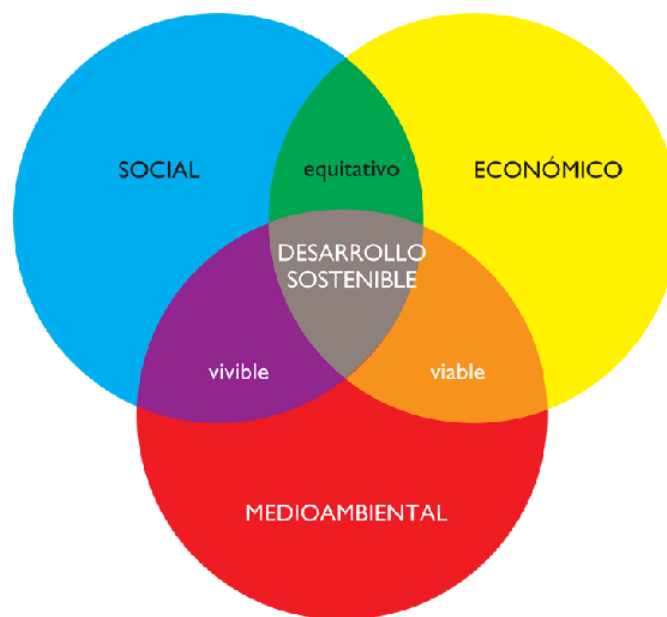
La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible compuesta por 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas, fue adoptada por las Naciones Unidas (ONU) en septiembre de 2015. Esta constituye la hoja de ruta mundial para lograr el desarrollo sostenible en esta década (European Commission, 2022). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son la base para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos. Abordan los desafíos globales que enfrentamos, incluidos los relacionados con la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación ambiental, la paz y la justicia (Cataldo et al., 2021). Sin embargo, estos ambiciosos ODS han sido criticados por algunos autores como Swain (2018) por ser inconsistentes y difíciles de cuantificar, implementar y monitorear. Mientras que Spaiser et al. (2017) observa inconsistencia entre los objetivos socioeconómicos y los de carácter ambiental.

El desarrollo sostenible es un objetivo fundamental de la UE, que supone la mejora continua de la calidad de vida y el bienestar de las generaciones presentes y futuras mediante la combinación del crecimiento económico, la protección del medio ambiente y la justicia social (Nowak et al., 2019).

Alcanzar un desarrollo sostenible eficaz implica una interconexión entre la dimensión económica, social y ambiental integradas en un concepto de multidimensionalidad, como se puede observar en la *Imagen*

1. El sector agrario desempeña funciones importantes además de la producción de alimentos, entre las que se encuentran la conservación de los ecosistemas o la mejora de las condiciones socioeconómicas en las zonas rurales. Sin embargo, la sostenibilidad de este sector se encuentra sometida a impactos, tales como, el calentamiento global, la presión sobre los recursos hídricos, la degradación del suelo, crisis sanitarias o conflictos geopolíticos, los cuales suponen amenazas para la vida humana y los ecosistemas que requieren de la implementación de nuevas prácticas agrarias más sostenibles (Mollavelioglu et al., 2010). Por lo tanto, es necesario evaluar objetivamente el estado de la sostenibilidad y de los servicios ecosistémicos (SE) que proporciona la agricultura, tanto los SE de aprovisionamiento, como los de regulación, soporte/apoyo y culturales (Bernués et al., 2014).

Imagen 1. Desarrollo sostenible



Fuente: InQnable

El nivel de desarrollo económico genera una creciente preocupación por la protección del medio ambiente, así como por la inclusión social, con resultados significativos registrados en el continente europeo (Apostu et al., 2023). La economía mundial se ha vuelto menos sostenible, aunque la evidencia científica insiste en buscar una solución urgente hacia una transformación sostenible (Kaul et al., 2022).

Los resultados obtenidos por Castillo-Díaz et al. (2023) sugieren la existencia de una relación inversa entre los aspectos socioeconómicos y ambientales en el sector agrario. Mientras que para Biekša et al. (2022) los índices integrados de sostenibilidad relativos a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 varían considerablemente entre los países de la UE-27, lo que demuestra que la situación económica, social y ambiental de cada país es diferente, aunque las medidas de desarrollo aplicadas son similares. Este mismo autor también ha podido comprobar que el índice económico varía significativamente entre países de la UE-27, mientras que, por el contrario, el índice social es el que menos ha variado. La huella ambiental es la que afecta en mayor medida al indicador general integrado

de desarrollo sostenible, lo que demuestra la importancia del índice ambiental en la evaluación del desarrollo sostenible en los países de la Unión Europea. Solamente algunos países como Dinamarca, Irlanda, España, Italia y Polonia mejoran sus condiciones ambientales.

En cambio, para Magrini & Giambona (2022), las dimensiones social y ambiental presentan niveles similares, mientras que el nivel de la dimensión económica es claramente superior. También afirman que los países con un alto nivel de sostenibilidad se caracterizan por un descenso en la dimensión económica.

1.2. Medición de la sostenibilidad

La Unión Europea ha prestado gran atención al principio de la agricultura sostenible en los últimos años, reforzando este concepto a través del Pacto Verde Europeo, el Programa Horizonte Europa para el período 2021/2027 y, especialmente, integrándolo en el nuevo Plan Estratégico de la Política Agraria Común (PEPAC) 2023/2027 de forma más coherente con sus tres dimensiones respecto a los planes anteriores, haciendo uso de herramientas como los ecorregímenes y la condicionalidad reforzada en el aspecto ambiental, reforzando el pago redistributivo y la digitalización en el aspecto económico y, en lo social, dando un mayor apoyo al desarrollo rural, en el denominado como Pilar II de la PAC fomentando el relevo generacional y el papel de la mujer en el campo. Sin embargo, a pesar de la importancia ampliamente reconocida de la agricultura sostenible para los sistemas económicos mundiales, aún está lejos de alcanzarse un consenso sobre cómo definir, perseguir y medir la sostenibilidad en este sector (Zhang et al., 2021).

Una de las vías para la medición de la sostenibilidad es a través del uso de indicadores asociados a los objetivos de sostenibilidad. Los indicadores son variables (datos cualitativos/cuantitativos observados, medidos o calculados a partir de otros datos) que proporcionan información sobre los objetivos de interés. Estos pueden utilizarse como punto de referencia para la toma de decisiones (Latruffe et al., 2016). El uso de estas herramientas de medición de la sostenibilidad en la agricultura permite analizar tendencias, verificar el desempeño de políticas, destacar áreas de progreso, identificar desafíos persistentes y aquellas áreas sobre las que se deben realizar más esfuerzos para mejorar el desempeño de la agricultura en materia de sostenibilidad. Según Latruffe et al. (2016) el uso de los indicadores de sostenibilidad no reside en la interpretación de los valores (absolutos o relativos) en un período determinado, sino en la evaluación de las tendencias de los indicadores a lo largo del tiempo que son motivo de preocupación.

En Europa, el debate actual enfatiza la necesidad de tener en cuenta los indicadores agroambientales para cuantificar el impacto de las prácticas agrarias en el medio ambiente y de reorientar la Política Agraria Común (PAC) hacia el suministro de bienes ambientales.

En este auge por poder medir los avances realizados en sostenibilidad, la Comisión Europea ha publicado recientemente una herramienta de medición de la sostenibilidad en la agricultura en Europa,

llamada “Agri Sustainability Compass”¹, donde se muestra el desempeño de 20 indicadores de sostenibilidad, los cuales se encuentran divididos en función de la dimensión económica, social o ambiental a la que pertenezcan.

Bardají Azcárate et al. (2024) analiza la evolución de un conjunto de 90 indicadores agroalimentarios en España, en la Unión Europea en su conjunto y en alguno de sus principales productores abarcando el periodo comprendido desde el año 2005 hasta el 2023. Dichos autores concluyen que el uso de indicadores es una valiosa herramienta que resulta sencilla de utilizar para el análisis de entornos complejos. También presenta algunas limitaciones derivadas, en parte, por falta de datos, diferentes formas de medición que complican los análisis comparativos y de evolución (Bardají Azcárate et al., 2024).

Un índice compuesto es una métrica única que permite visualizar de manera integrada la información de varios indicadores pertenecientes a distintas dimensiones de sistemas complejos y así facilitar la toma de decisiones.

Un índice compuesto de sostenibilidad (ICS), consiste en una herramienta cuantitativa que integra múltiples indicadores de las tres dimensiones de la sostenibilidad: económica, social y ambiental en una única medida numérica. Esto permite realizar comparaciones consistentes del nivel de sostenibilidad entre distintos países y a lo largo del tiempo para un sector determinado.

Existen algunos trabajos previos que analizan la evolución del nivel de sostenibilidad del sector agrario en distintos países europeos mediante la creación de ICS.

En el estudio realizado por Nowak et al. (2019) se evalúa el nivel de sostenibilidad en la agricultura de los hasta entonces 28 países miembros de la UE-27, clasificándolos en cuatro grupos en función del nivel de sostenibilidad que alcancen. Para ello emplearon indicadores parciales relativos a las tres dimensiones de la sostenibilidad durante el período de estudio que comprendía los últimos datos disponibles, siendo el año 2015 y el 2016 los más representativos.

Por su parte, Georgescu et al. (2025) evalúa el rendimiento de la agricultura sostenible europea a través de un modelo de sostenibilidad agraria basado en la integración de la dimensión económica, ambiental y de eficiencia de recursos en el uso de los recursos naturales en el contexto de la PAC de la UE-27 y el Pacto Verde Europeo. Para ello emplea cuatro indicadores mediante el empleo de un modelo lineal matemático y un modelo Arellano-Bond que permite integrar el efecto de las relaciones temporales entre los indicadores.

Castillo-Díaz et al. (2023) desarrolló un indicador compuesto a partir de un sistema de índices del sector agroalimentario (es decir, agricultura, ganadería e industria agroalimentaria) de los estados miembros de la Unión Europea para el período 2015/2019. Para ello realizó una selección inicial de indicadores basada en las tres dimensiones de la sostenibilidad relacionadas con el desarrollo de las

¹ Comisión Europea: <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/compass/compass.html>

actividades agrarias en el contexto de la economía circular. A partir de un análisis clúster clasifico a los países en seis categorías en función de sus índices de sostenibilidad económica, social y ambiental.

Magrini (2022) clasifica a 26 países de la Unión Europea en tres categorías diferentes en base a modelos de trayectoria multivariante incorporando datos anuales durante el período 2004/2018 de un total de doce indicadores representativos de la dimensión económica, social o ambiental de la sostenibilidad. Magrini & Giambona (2022) elaboraron un índice compuesto en base a las tres dimensiones de la sostenibilidad a partir de esos doce indicadores para el período 2004/2020 en todos los países de la UE y en el Reino Unido.

Cobourn et al. (2024) desarrolla un marco para el cálculo de un índice de productividad ambientalmente sostenible, denominado como IPAS, que integra las externalidades ambientales y el agotamiento de los recursos naturales en una medida del crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) en la agricultura. Sin embargo, estos índices presentan dos limitaciones clave: no consideran la dimensión ambiental ni social de la sostenibilidad y, aunque respaldan la evolución de los cambios de productividad a lo largo del tiempo, no permiten comparaciones entre países (OCDE, 2024).

La cuestión acerca del estado de la sostenibilidad en países europeos a partir de la creación de índices de sostenibilidad ha sido abordado por algunos organismos a nivel europeo e internacional. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico ha desarrollado una serie de indicadores del desempeño ambiental de la agricultura (OCDE, 2025), los cuales proporcionan datos comparables a nivel internacional ofreciendo una fuente de datos fiable y robusta para evaluar el desempeño ambiental de la agricultura en distintos países y contribuir a alinear las políticas agrarias con los objetivos de sostenibilidad ambiental.

1.3. Objetivos y estructura del trabajo

El objetivo del presente trabajo consiste en el análisis de la evolución de la sostenibilidad del sistema agrario de la Unión Europea a través de la construcción de un ICS. El sistema agrario se refiere a aquello que integra la producción y el consumo dejando fuera otros eslabones de la cadena de valor del sistema agroalimentario, como la industria

En el presente trabajo se han desarrollado los siguientes objetivos específicos que han contribuido a su desarrollo:

- Analizar la evolución de los principales indicadores de sostenibilidad (económicos, sociales y ambientales) en el sector agrario de una selección de países europeos durante un periodo de años.
- Elaborar un ICS del sistema agrario que integre a las tres dimensiones de sostenibilidad.
- Realizar un análisis comparativo y de evolución del ICS en una selección de países europeos y periodo de años.

El presente trabajo está estructurado en un apartado de metodología, al que le precede los resultados obtenidos, la discusión en base a los resultados obtenidos y las principales conclusiones derivadas del presente trabajo.

2. METODOLOGÍA

2.1. Selección de países

El estudio se ha realizado en base a una selección concreta de países considerando la contribución del sector agrario al Valor Añadido Bruto (VAB) de la Unión Europea en el año 2023. Se han seleccionado aquellos países que representan al menos el 80% del VAB, dando lugar a una selección de ocho países, los cuales son: Francia, Italia, España, Alemania, Polonia, Países Bajos y Grecia.

2.2. Selección de indicadores de referencia

Los criterios de selección de los indicadores de referencia han sido que sean comprensibles, fiables, oficiales, accesibles a largo plazo, que presenten una disponibilidad de datos completa en los países seleccionados para el período de tiempo considerado (2005-2022), así como, que sean representativos de alguna de las dimensiones de sostenibilidad (económica, social y ambiental) del sistema agrario.

Para la selección de indicadores se ha tomado como referencia los indicadores propuestos por la Comisión Europea en su herramienta “Agri Sustainability Compass” y los propuestos por Bardají Azcárate et al. (2024). La obtención de los datos que componen cada uno de los indicadores se ha realizado mediante una búsqueda en bases de datos de páginas oficiales como: “[Eurostat](#)”, “[FAOSTAT](#)”, “[Comisión Europea](#)”, “[European Environment Agency](#)”, “[Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación](#)” y el “[Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico](#)”. Los indicadores se expresan en unas unidades adecuadas para eliminar las diferencias debidas al tamaño del país y permitir que puedan ser comparados entre ellos.

2.3. Índice compuesto de sostenibilidad

El ICS del sistema agrario que se desarrolla en el presente trabajo es equilibrado, debido a que incorpora a las tres componentes fundamentales de la sostenibilidad, flexible, ya que permite incorporar cualquier indicador de cualquier dimensión para la que se disponga de datos; práctico, debido a que es fácil de calcular utilizando los recursos de datos existentes y, además, es informativo, puesto que resume cómo la combinación de productos e insumos empleados en el sector agrario muestran diferencias en la sostenibilidad de los distintos países.

La elaboración del ICS está compuesta por los cinco siguientes pasos: definición de la estructura, ponderación de las dimensiones, normalización, cálculo y establecimiento de intervalos de clasificación.

1) *Definición de la estructura:*

En la elaboración de la estructura se tienen en cuenta los criterios de selección de los indicadores que compondrán el ICS. Para ello, es necesario que los indicadores estén lo menos correlacionados posibles con el resto de los indicadores de su misma dimensión de sostenibilidad con el fin de asegurar la independencia de la información aportada por cada indicador, evitando la redundancia. De esta forma se consigue que la información proporcionada por uno no sea expresada por otro de su misma

dimensión de sostenibilidad, ya que de esta forma la información tendría una representatividad superior en el ICS.

Para ello, se ha realizado un análisis de componentes principales (ACP) y un estudio de correlaciones a partir de su matriz de correlación entre los indicadores de referencia.

2) *Ponderación de las dimensiones:*

Una vez establecidos los indicadores que se tendrán en cuenta en la realización del ICS se lleva a cabo una ponderación de cada una de las dimensiones de sostenibilidad a las que pertenecen los indicadores. En este caso, se ha optado por otorgar a cada una de ellas la misma ponderación (= 1).

3) *Normalización:*

Los datos que componen cada uno de los indicadores de referencia se normalizan de manera que todos ellos estén expresados en una escala comprendida entre 0 (más desfavorable) y 1 (más favorable). Para ello, se han empleado dos tipos de funciones de normalización en función de si los datos que componen los indicadores presentan un comportamiento u otro:

- A) El indicador tiene un impacto positivo o negativo para la sostenibilidad en función de su orden de magnitud.

En los indicadores que muestran este comportamiento se emplea una función de normalización lineal o escalado min-máx. Para ello, en primer lugar, es necesario convertir los valores negativos a positivos. Por lo que, a aquellos indicadores que presentan valores negativos se les ha sumado el valor mínimo (el más negativo) que presenta ese indicador para el conjunto de países y años analizados para que, de esta manera, todos resulten positivos. Una vez realizado este procedimiento se normalizan aplicando la función de normalización lineal:

$$f(x) = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

- x_{min} : valor mínimo del indicador
- x_{max} : valor máximo del indicador

En el presente trabajo se ha optado por que todos los indicadores sigan una dirección positiva, asociada a la mejora de la sostenibilidad. Por ello, aquellos indicadores vinculados a impactos negativos —cuyos valores más altos contribuyen al empeoramiento de la sostenibilidad— que presentan una dirección negativa, se recalculan considerando sus valores complementarios para el cálculo del ICS, aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Dirección Positiva} = 1 - \text{Dirección Negativa}$$

- B) El indicador presenta un valor óptimo y los valores que sean superiores o inferiores al mismo resultan menos favorables.

Los indicadores que muestran este comportamiento se normalizan directamente mediante el empleo de la función gaussiana:

$$f(x) = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

- μ : *valor óptimo*
- σ : *desviación respecto al óptimo*

4) *Cálculo del índice:*

Una vez realizados los pasos anteriores se procede a realizar el cálculo del ICS. Para ello, en primer lugar, se realiza la media aritmética (promedio) del conjunto de indicadores que componen cada una de las tres dimensiones de sostenibilidad. El promedio se realiza de manera que se obtenga un dato en cada país para un determinado año. Una vez que se ha obtenido el promedio para la dimensión económica, la social y la ambiental se vuelve a hacer otro promedio que tenga en cuenta estas tres dimensiones obteniendo de esta manera, el ICS.

5) *Intervalos establecidos*

Para poder clasificar el ICS en base al estado de sostenibilidad que presente cada uno de los países seleccionados en cada uno de los años del período de tiempo analizado se establece una clasificación basada en un código de colores: rojo, naranja, amarillo y verde, de menor a mayor sostenibilidad, respectivamente, a partir de cuatro intervalos establecidos por los valores de los cuartiles (primer cuartil, mediana y tercer cuartil.) del conjunto de datos que presenta el ICS en todos los países y en cada uno de los años del período 2005/2022.

3. RESULTADOS

3.1. Países seleccionados

La **Tabla 1** muestra la representación que tiene cada país de la UE-27 sobre el Valor Añadido Bruto (VAB) en la agricultura de la UE-27 en el año 2023.

Tabla 1: *Peso relativo del VAB de la agricultura de los países de la Unión Europea sobre el total del VAB de la agricultura de la UE-27 en el año 2023*

PAÍS	VAB (millones €)	% VAB	% VAB acumulado
Unión Europea	280.007,4		
Francia	49.124,9	17,8	
Italia	39.511,7	14,3	32,1
España	37.454,0	13,6	45,7
Alemania	35.242,0	12,8	58,5
Polonia	20.576,6	7,6	66,1
Países Bajos	18.390,0	6,8	72,9
Rumanía	12.576,6	4,6	77,5
Grecia	7.529,3	2,7	80,2
Finlandia	6.305,0	2,3	82,5
Austria	6.137,6	2,2	84,7
Portugal	5.664,3	1,9	86,6
Hungría	5.498,0	1,8	88,4
República Checa	5.492,4	1,8	90,2
Suecia	5.372,9	1,7	91,9
Bélgica	4.586,1	1,5	93,4
Irlanda	4.465,7	1,2	94,6
Dinamarca	2.848,5	1	95,6
Croacia	2.620,3	0,9	96,5
Eslovaquia	2.461,5	0,9	97,4
Bulgaria	2.384,4	0,8	98,2
Lituania	2.003,8	0,6	98,8

Letonia	1.502,6	0,5	99,3
Eslovenia	971,6	0,3	99,6
Estonia	735,7	0,2	99,8
Chipre	369,5	0,1	99,9
Luxemburgo	181,6	0,1	100
Malta	0,8	0	100

Fuente: [Eurostat datos en línea](#)

3.2. Indicadores de referencia

Para realizar el estudio de la sostenibilidad del sistema agrario, han sido seleccionados un total de 21 indicadores, de los cuales cinco de ellos son de carácter económico, siete sociales y nueve ambientales. La Tabla 2 muestra los indicadores que han sido seleccionados, las unidades en los que se expresan y aquello a lo que hacen referencia.

Tabla 2. Indicadores seleccionados y sus unidades

INDICADORES ECONÓMICOS		
INDICADOR	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Valor Añadido Bruto (VAB)	VAB del sector agrario por superficie agraria útil (SAU)	€/ha
Productividad de la mano de obra (PMO)	VAB del sector agrario por unidad de trabajo anual en la agricultura (UTA)	€/UTA
Dependencia del exterior	Peso de las importaciones de productos agrarios sobre el VAB	% sobre el VAB
Apertura comercial	Peso de las exportaciones de productos agrarios sobre el VAB	% sobre el VAB
Índice de Precios al consumidor	Evolución del Índice de Precios al Consumidor (IPC) de los alimentos y bebidas no alcohólicas	índice 2005=100
INDICADORES SOCIALES		
UNIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Empleo agrario	Peso relativo de los trabajadores del sector agrario respecto a los trabajadores del total de sectores económicos	% sobre el empleo total de la economía
Empleo agrario femenino	Mujeres que trabajan en el sector agrario respecto al total de trabajadores del sector agrario	% sobre el empleo agrario
Trabajadores jóvenes	Trabajadores menores de 40 en el sector agrario respecto al total de trabajadores del sector agrario.	% sobre el empleo agrario

Mano de obra extranjera	Trabajadores de origen extranjero en el sector agrario respecto al total de trabajadores del sector agrario	<i>% sobre el empleo agrario</i>
Salarios/VAB	Participación de los salarios de los trabajadores sobre el VAB	<i>% sobre VAB</i>
Consumo de kilocalorías	Consumo alimentario medio diario per cápita de kilocalorías de origen animal y vegetal de una persona adulta	<i>Kcal/per cápita/día</i>
Consumo de proteínas	Consumo alimentario medio diario per cápita de proteínas de origen animal y vegetal de una persona adulta	<i>g/per cápita/día</i>
INDICADORES AMBIENTALES		
UNIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Consumo energético	Consumo energético total en la agricultura sobre el VAB	<i>tep/€</i>
Consumo energético de origen renovable	Consumo energético de origen renovable expresado por SAU	<i>Kgep/ha</i>
Consumo de fertilizantes nitrogenados (N)	Aplicación de fertilizantes nitrogenados por hectárea de tierra arable	<i>Kg N/ha</i>
Consumo de fertilizantes fosfatados (P)	Aplicación de fertilizantes fosfatados por hectárea de tierra arable	<i>Kg P/ha</i>
Balance de nitrógeno (N)	Entradas de nitrógeno menos salidas de nitrógeno en el suelo por SAU. Entradas de nitrógeno en el suelo derivadas de: <ul style="list-style-type: none"> - Deposición atmosférica - Estiércol - Fertilizantes minerales - Fijación biológica - Semillas Salidas de nitrógeno en el suelo derivadas de: <ul style="list-style-type: none"> - Retirada de la cosecha - Lixiviación - Volatilización 	<i>Kg N/ha</i>
Balance de fósforo (P)	Entradas de fósforo en el suelo (estiércol, fertilizantes minerales y semillas) menos salidas de fósforo (retirada de la cosecha) por SAU	<i>Kg P/ha</i>
Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la agricultura	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la agricultura por SAU derivados de: <ul style="list-style-type: none"> - Combustibles fósiles - Manejo de suelos agrícolas 	<i>tnCO₂-eq/ha</i>

	<ul style="list-style-type: none"> - Quema en campo de residuos agrícolas - Encalado - Aplicación de urea y otros fertilizantes que contienen carbono - Otra agricultura 	
Emisiones GEI en la producción carne porcino	Emisiones derivadas de la producción de carne porcino por tonelada de producto. Las emisiones son derivadas de: <ul style="list-style-type: none"> - Fermentación entérica - Manejo del estiércol 	<i>tnCO₂-eq/tn</i>
Nitratos en aguas subterráneas (A.S.)	Concentración de nitratos en las masas de aguas subterráneas	<i>mg NO₃/l</i>

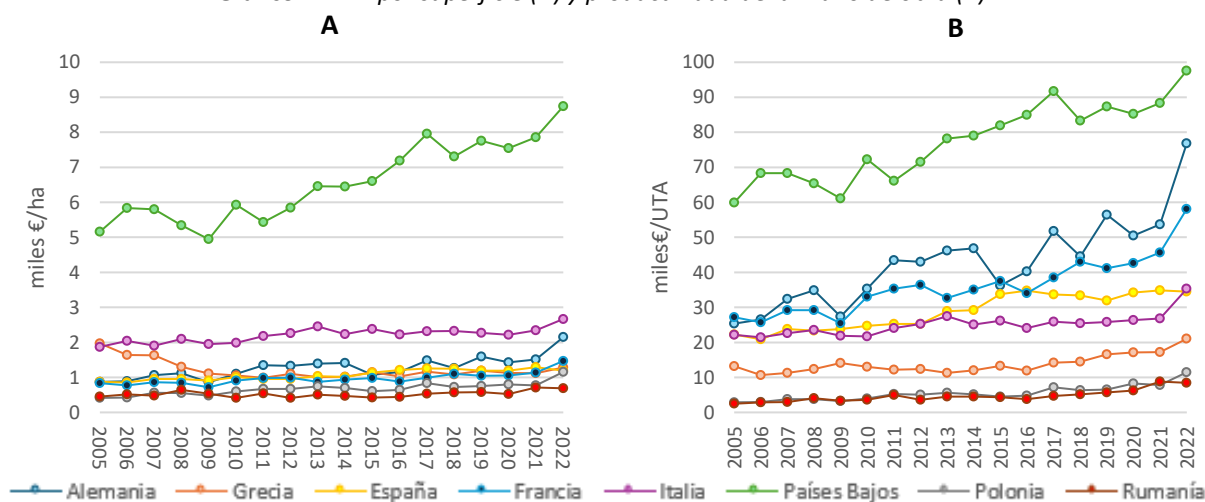
Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Evolución

Indicadores económicos:

El VAB/ha de los países analizados muestra una tendencia constante a lo largo del periodo analizado. Se observa de manera generalizada un aumento del VAB a partir del año 2021. Si bien la relación del VAB/ha se encuentra entre valores de 500 y 3.000 €/ha, destaca claramente los valores de Países Bajos, que, tras una marcada tendencia creciente desde 2009, se sitúa cerca de 9.000€/ha en 2022 (Gráfico 1 (A)). La PMO muestra una tendencia creciente en todos los países analizados, siendo Países Bajos y Alemania los que han experimentado un incremento más significativo en los últimos años, alcanzando los 100.000€/UTA y los 80.000€/UTA, respectivamente en el año 2022 (Gráfico 1 (B)).

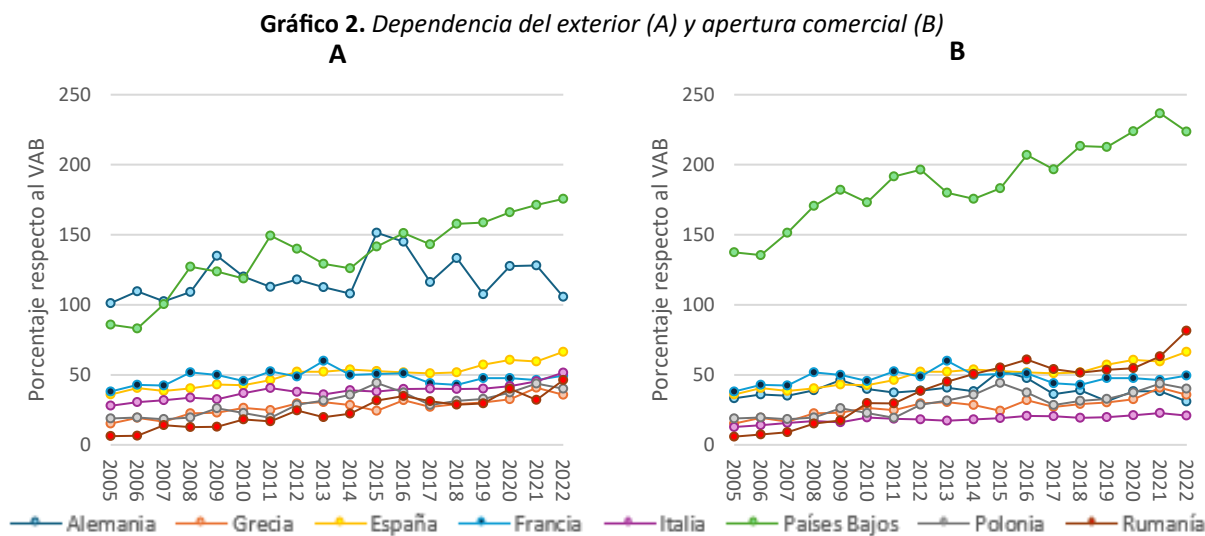
Gráfico 1. VAB por superficie (A) y productividad de la mano de obra (B)



Fuente: Eurostat datos en línea (VAB y PMO); Eurostat datos en línea (UTA) y Eurostat datos en línea (SAU)

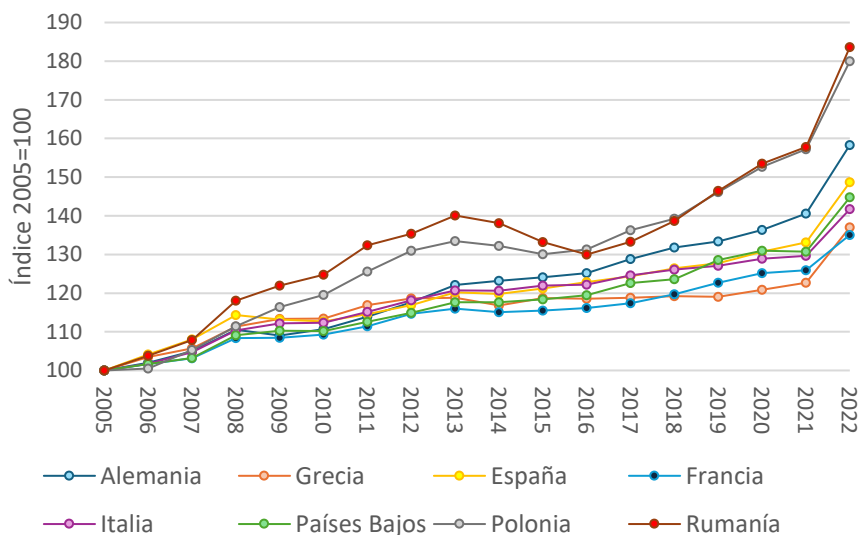
La mayor parte de los países europeos muestran una dependencia del exterior (Gráfico 2 (A)) muy similar a su apertura comercial (Gráfico 2 (B)). Además, muestran una tendencia creciente en ambas variables. Países Bajos muestra una apertura comercial superior a su dependencia del exterior, mostrando en el año 2022 una apertura comercial de alrededor del 220%. En cambio, Alemania

muestra una mayor dependencia del exterior en productos agrarios, la cual representa algo más del 100% en el año 2022.



El IPC ha aumentado en todos los países, especialmente en Rumanía y en Polonia donde en el periodo 2005/2022 experimentaron una subida de más del 180%. Alemania llegó a situarse cerca del 160%. Tan solo en Grecia y en Francia se situaron por debajo del 140% (Gráfico 3).

Gráfico 3. Índices de precios al consumidor de alimentos y bebidas no alcohólicas

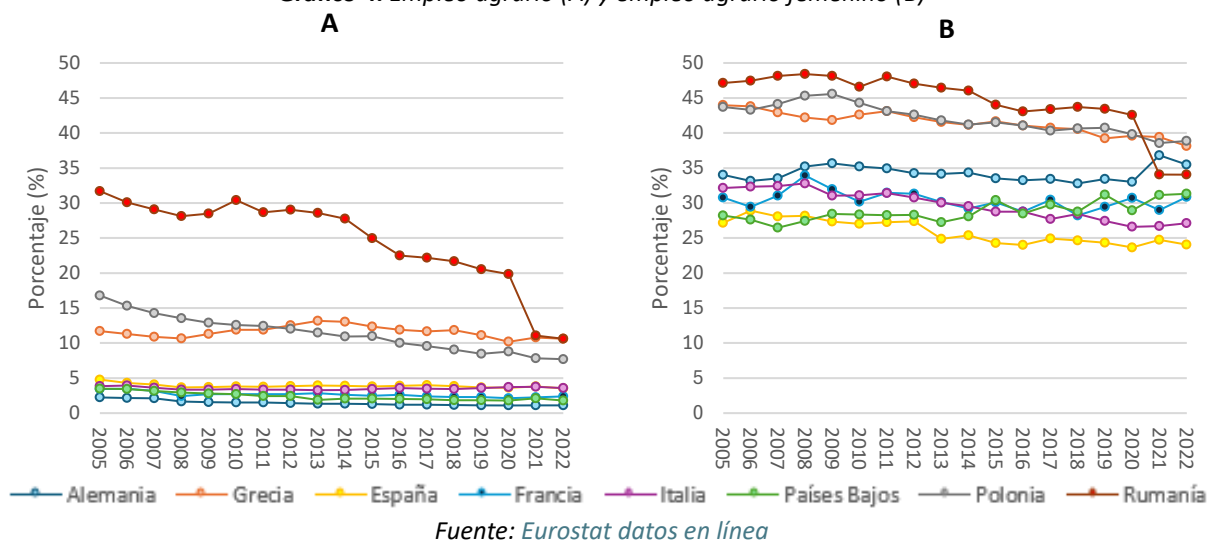


Indicadores sociales:

El empleo agrario muestra una tendencia decreciente especialmente en aquellos países en los que la agricultura supone una parte fundamental de la mano de obra total del país (Gráfico 4 (A)). En Rumanía y en Polonia el empleo agrario ha pasado a suponer en torno al 10% del empleo total de su economía en los últimos años. Mientras que, en España, el empleo agrario ha pasado de suponer en torno al 5%

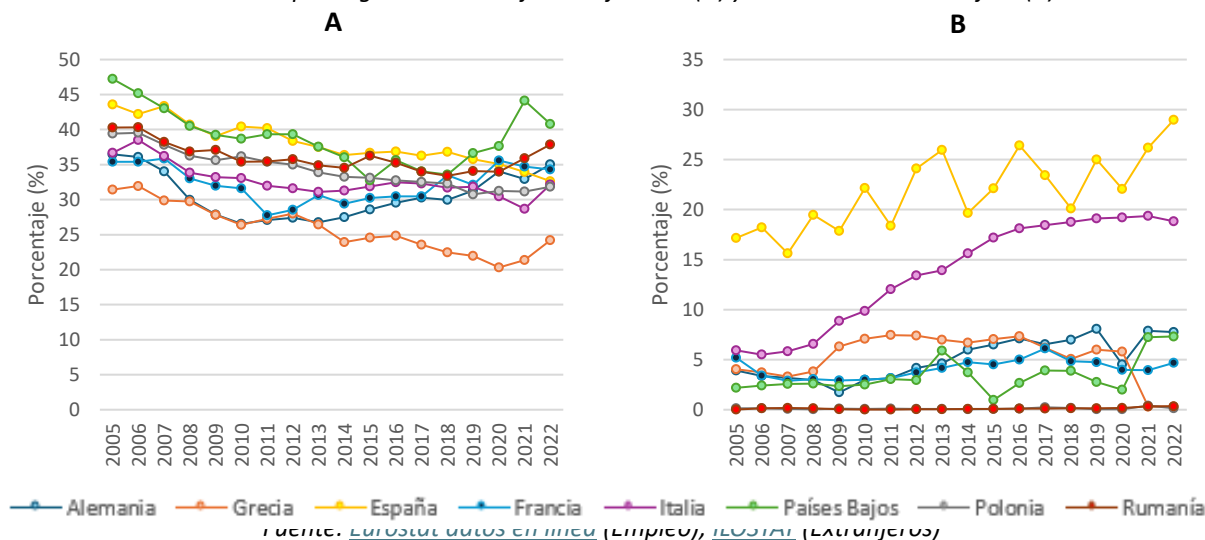
a hacerlo en torno al 3,5%. El empleo agrario femenino supone una parte fundamental de la mano de obra del sector agrario, sin embargo, se muestra como en todos los países muestra una tendencia decreciente en mayor o menor medida (*Gráfico 4 (B)*). En España, el empleo agrario femenino en el año 2022 supone tan solo una cuarta parte de la mano de obra en la agricultura. Mientras que, en Francia y en Países Bajos supone en torno a un 30%. Grecia, Polonia y Rumanía son los países que han experimentado una mayor caída en este aspecto, pasando a situarse por debajo del 40%.

Gráfico 4. Empleo agrario (A) y empleo agrario femenino (B)



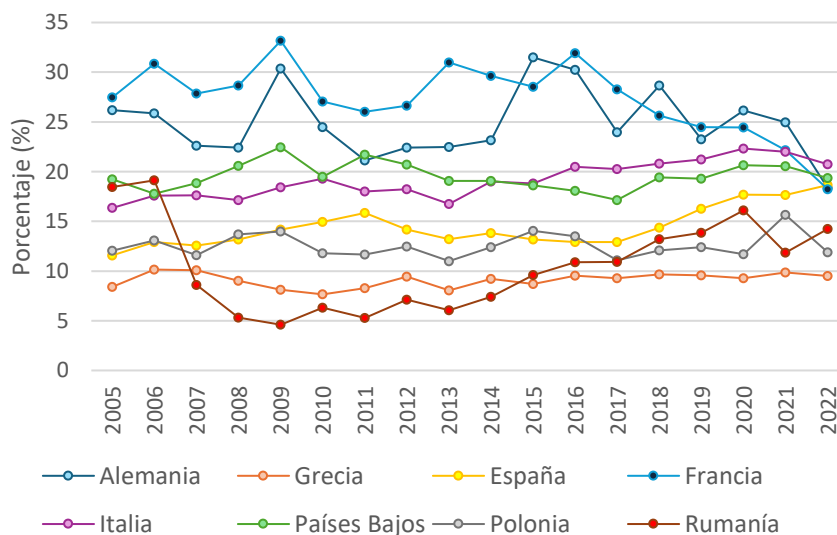
Los trabajadores jóvenes han experimentado una reducción significativa en todos los países analizados, aunque se observa una recuperación en los últimos años en todos los países, salvo en España (*Gráfico 5 (A)*). En el año 2022, Países Bajos se ha convertido en el país con mayor proporción de trabajadores jóvenes tiene en su agricultura, superando el 40%. Por el contrario, Grecia es el país que menor representación de trabajadores jóvenes tiene en su agricultura, ya que apenas alcanza el 25% en el año 2022. La mano de obra extranjera muestra un comportamiento muy diferente entre los países analizados (*Gráfico 5 (B)*). España e Italia muestran un incremento en los últimos años situándose en torno al 30% y al 20%, respectivamente en el año 2022. Estos países mediterráneos son unos grandes productores de frutas y hortalizas lo cual requiere de una gran cantidad mano de obra estacional, la cual convive con otra parte importante dedicada a una producción permanente (Molinero-Gerbeau, 2020). En España hay un claro predominio de migrantes marroquíes sobre el resto y en Italia son de origen indio, albanés y marroquí, con variaciones a lo largo de los años (Molinero-Gerbeau, 2020). Por el contrario, Grecia ha descendido drásticamente a partir del COVID-19, pasando de suponer en torno a un 7% a prácticamente eliminarse. Cabe destacar que en Polonia y Rumanía el empleo agrario está muy arraigado a la población local, presentando unas tasas nulas de mano de obra extranjera.

Gráfico 5. Empleo agrario de trabajadores jóvenes (A) y mano de obra extranjera (B)



Los países que presentan unos salarios más elevados muestran una reducción significativa en los últimos años, como ocurre en el caso de Francia y Alemania, ambos llegan a suponer en torno al 18% en el año 2022 (Gráfico 6). Mientras que países con salarios más bajos, como España, Italia y Rumanía han experimentado un mayor crecimiento. Grecia es el país que muestra los salarios más bajos, los cuales se mantienen por debajo del 10% en los últimos años.

Gráfico 6. Participación de los salarios respecto al VAB

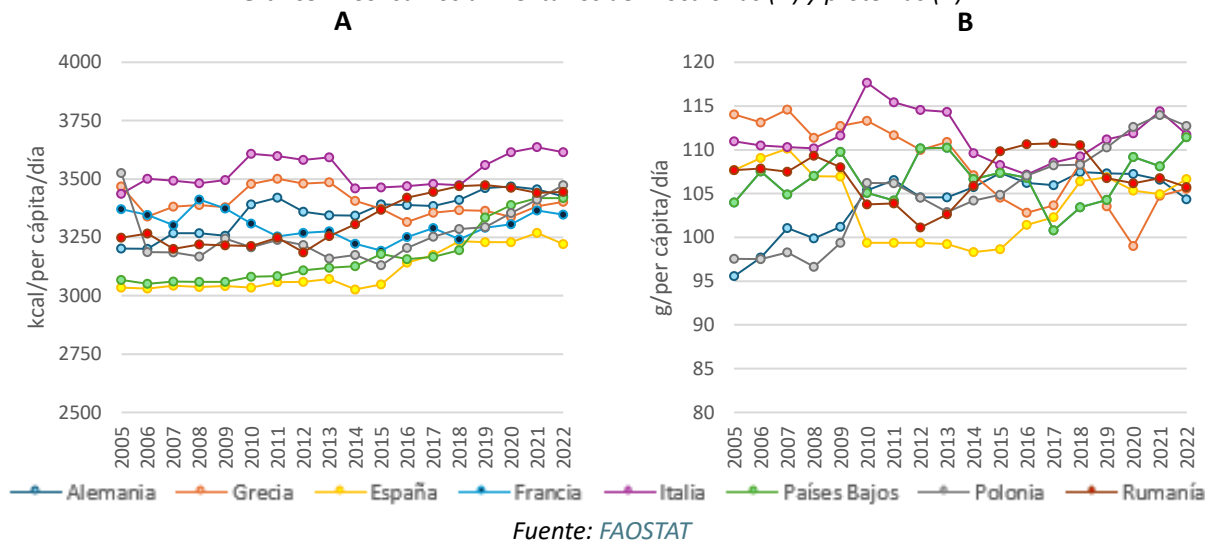


Fuente: Eurostat datos en línea

El consumo alimentario de kilocalorías (Gráfico 7 (A)) y de proteínas (Gráfico 7 (B)) supera el recomendado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria para cualquier rango de edad y género durante toda la serie temporal analizada en todos los países europeos (EFSA, 2013). Además, muestran una tendencia creciente en los últimos años. Italia es el país que mayor cantidad de kilocalorías consume en el año 2022 con más de 3600 kcal/per cápita/día, mientras que España es el que menos con alrededor de 3200 kcal/per cápita/día. En cuanto al consumo en proteínas, Países Bajos,

Italia y Polonia presentan un consumo ligeramente superior al resto de países en el año 2022 con algo más de 110 g/per cápita/día, mientras que el resto de los países se sitúa en torno a los 105 g/per cápita/día.

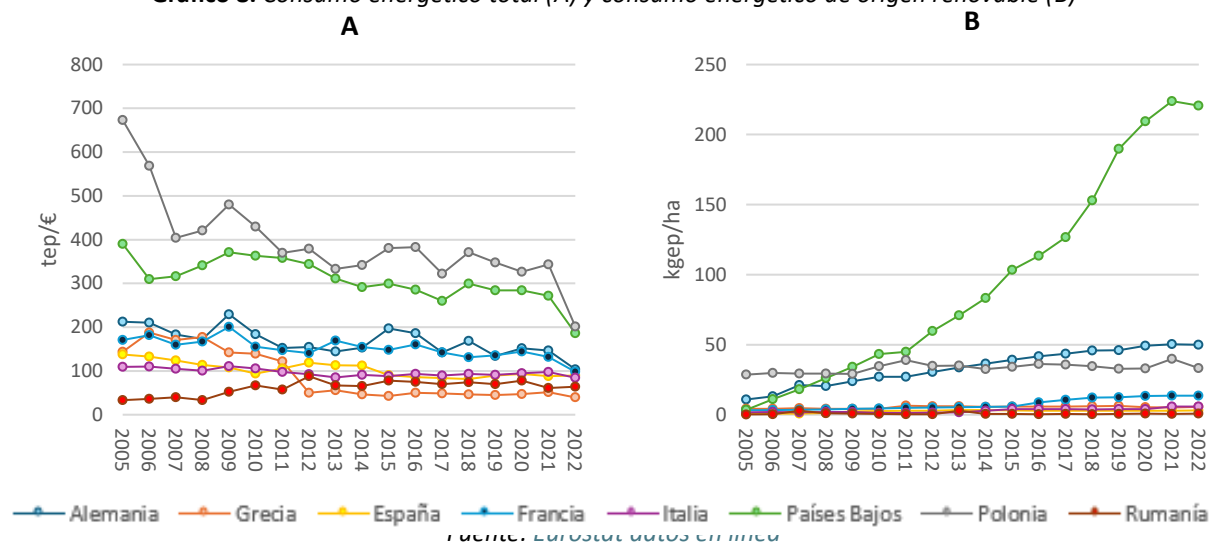
Gráfico 7. Consumos alimentarios de kilocalorías (A) y proteínas (B)



Indicadores ambientales:

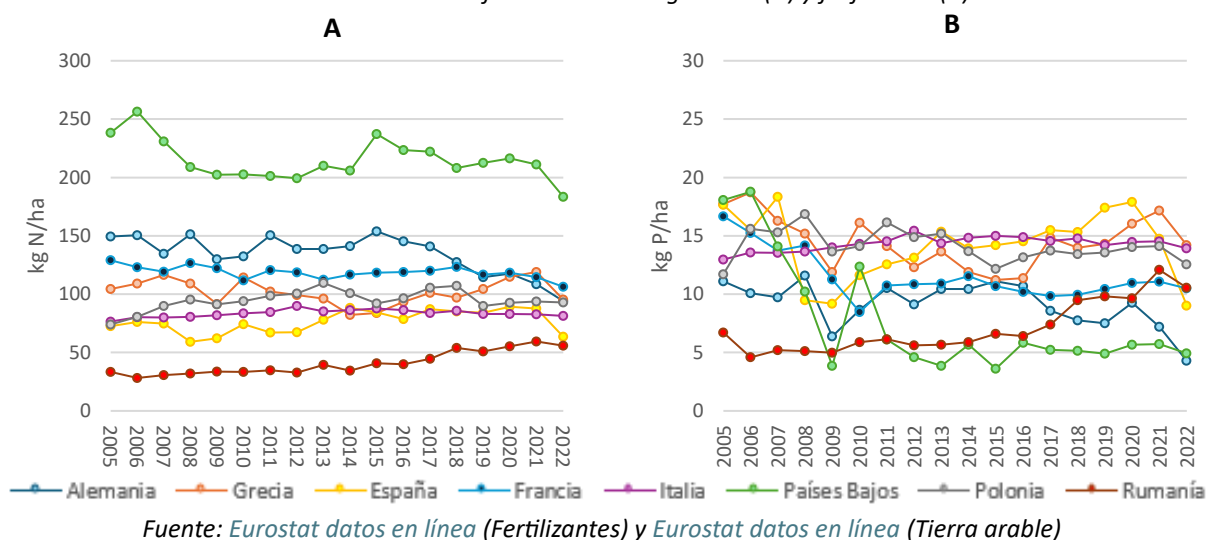
El consumo energético muestra una disminución en aquellos países que presentan unos consumos superiores (*Gráfico 8 (A)*). Polonia y Países Bajos son los países que muestran los consumos energéticos más destacados y ambos se han reducido notablemente hasta situarse por debajo de 200 tep/€ en el año 2022. Alemania, y Francia por su parte también han reducido su consumo energético en los últimos años situándose por debajo de las 100tep/€ en el año 2022. El consumo energético de origen renovable ha aumentado en algunos de los países, especialmente en el caso de Países Bajos (*Gráfico 8 (B)*) que le permitido alcanzar los 220kgep/ha en el año 2022. Esto se ha debido al "Pacto para Sectores Agropecuarios Limpios y Eficientes", que estuvo vigente de 2008 a 2020. Durante este período, se dispuso de una amplia gama de intervenciones económicas para reducir los costes totales del sistema de energía renovable, lo que ofreció unos incentivos favorables a los agricultores para invertir en sistemas solares en tejados (Moerkerken et al., 2023) o en instalaciones agrivoltaicas (Sirnik et al., 2024), un tipo particular de planta de energía solar que combina la producción de alimentos y energía en un mismo terreno, dando lugar a un nuevo tipo de paisaje multifuncional (Oudes et al., 2022). Alemania ha aumentado su consumo de energía renovable en la agricultura, ya que en el año 2005 mostraba un consumo energético de origen renovable en agricultura de 5kgep/ha y en el año 2022 ha llegado a situarse en torno a los 50kgep/ha. Francia, por su parte, ha pasado de tener un consumo prácticamente nulo a alcanzar los 13,5kgep/ha en el año 2022.

Gráfico 8. Consumo energético total (A) y consumo energético de origen renovable (B)



La aplicación de fertilizantes nitrogenados (*Gráfico 9 (A)*) es mucho más significativa respecto a la aplicación de fertilizantes fosfatados (*Gráfico 9 (B)*). Se observa una disminución en el consumo de ambos tipos de fertilizantes, especialmente en el año 2022, debido a la subida en el precio de los fertilizantes causada por la Guerra de Ucrania (Bardají Azcárate et al., 2024). Países Bajos presenta el consumo de fertilizantes nitrogenados más elevado, superando los 180kg/ha en el año 2022, sin embargo, su consumo de fertilizantes fosfatados es de los más reducidos, situándose en torno a 5kg/ha en ese mismo año. Rumanía es el único país en el que no se observa una disminución el consumo de fertilizantes, sin embargo, las cantidades aplicadas son de las más reducidas respecto al resto de países analizados.

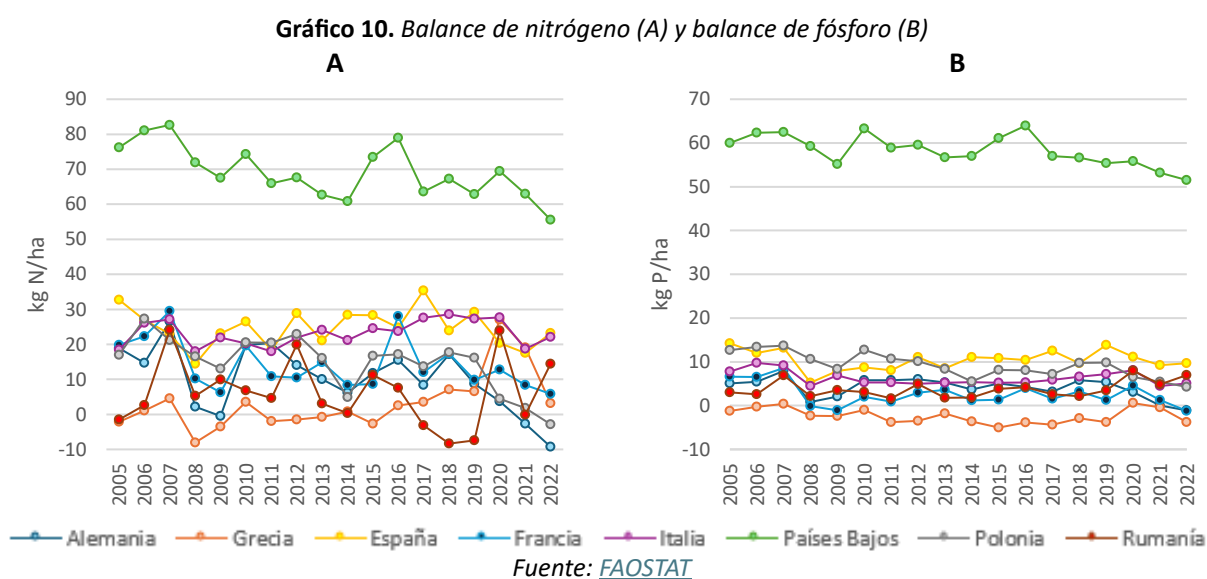
Gráfico 9. Consumo de fertilizantes nitrogenados (A) y fosfatados (B)



El balance de nitrógeno muestra un comportamiento muy variable, combinando períodos en los que hay un contenido de nitrógeno en el suelo más alto respecto al período posterior. En los últimos años se observa una disminución del contenido de nitrógeno en los suelos agrícolas (*Gráfico 10 (A)*), lo que ha llevado a Alemania y a Polonia a mostrar un déficit de su contenido de nitrógeno en el año 2022. El

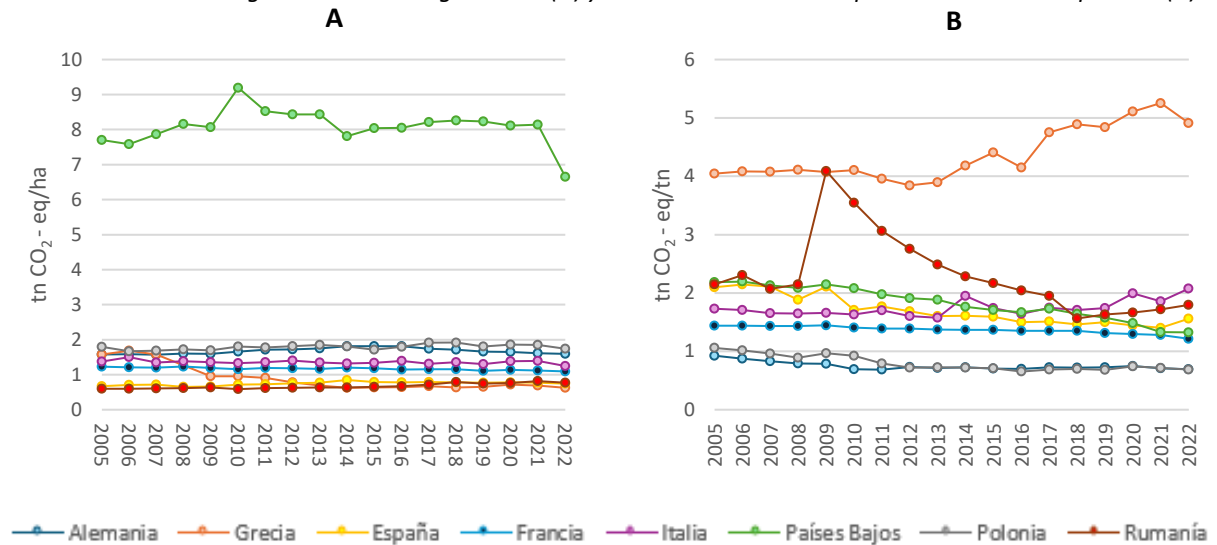
balance de fósforo muestra un comportamiento más estable, pero en los últimos años se ha reducido también, aunque en menor medida que el contenido de nitrógeno (*Gráfico 10 (B)*), lo que ha generado que Francia y Alemania, muestran un déficit en el contenido de este nutriente.

Cabe destacar que, Países Bajos presenta contenidos de ambos nutrientes muy superiores a los del resto de países europeos, aunque con caídas notables en los últimos años que le hacen estar en torno a los 50kg/ha en ambos nutrientes. Mientras que, en Grecia, los balances son bastante reducidos, presentando un déficit de su contenido en P. Rumanía, por su parte, muestra valores reducidos de su contenido de P, situándose en torno a los 5kgP/ha, sin embargo, su contenido en N presenta variaciones muy acusadas a lo largo del período analizado, combinando valores adecuados del orden de 20 kg/ha con otros muy bajos del orden de -10 kg/ha.



Las emisiones de GEI en la agricultura muestran una tendencia muy estable en todos los países europeos analizados situándose por debajo de 2 t CO_2 -eq/ha, salvo en Países Bajos (*Gráfico 11 (A)*). En Países Bajos se presentan valores muy superiores al resto de los países, aunque se observa una notable caída en el año 2022 que le ha hecho situarse en torno a 6,5t CO_2 -eq/ha. Las emisiones de GEI en la producción de carne porcino también muestran un comportamiento ligeramente decreciente en la mayor parte de los países analizados (*Gráfico 11 (B)*). Solamente Grecia presenta unos valores que están muy por encima a los del resto con una tendencia creciente en los últimos años que le sitúan en torno a las 5t CO_2 -eq/tn. Rumanía, por su parte, ha experimentado un notable descenso de sus emisiones tras el gran incremento que tuvo lugar en el año 2009 debido a la suspensión voluntaria de exportaciones de productos cárnicos a los Estados Unidos para cumplir con los estándares exigidos por el Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria (FSIS) de EE. UU, pasando de unas emisiones de 4 t CO_2 -eq/t a alcanzar un valor inferior a 2 t CO_2 -eq/t en el año 2022.

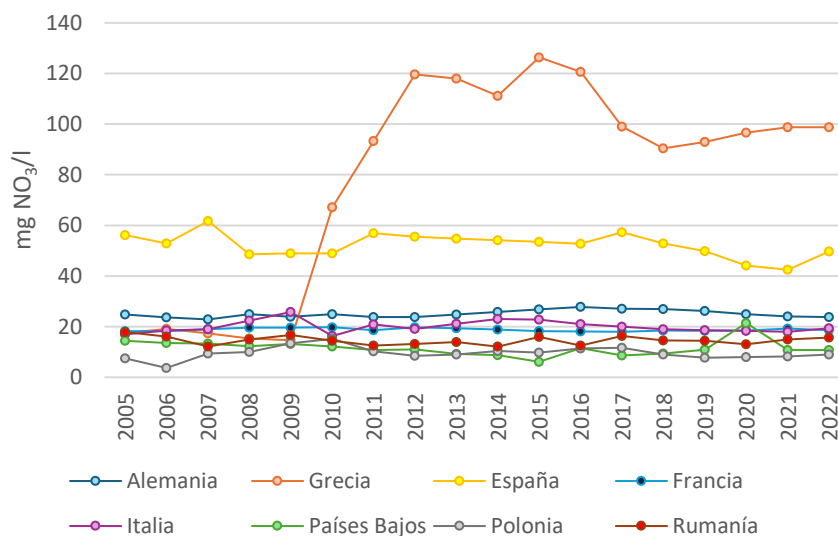
Gráfico 11. Emisiones generadas en la agricultura (A) y emisiones debidas a la producción de carne porcino (B)



Fuente: [Eurostat datos en línea \(GEI Agricultura\)](#); [Eurostat datos en línea \(GEI Producción carne porcino\)](#); [Eurostat datos en línea \(Producción carne porcino\)](#)

Los nitratos en las masas de aguas subterráneas se mantienen en concentraciones adecuadas en la mayoría de los países europeos que hacen que no muestren niveles alarmantes de contaminación (*Gráfico 12*). Sin embargo, en Grecia se observa desde el año 2009 un incremento significativo de la concentración de nitratos que evidencia niveles alarmantes de contaminación. Situándose en el año 2022 en valores cercanos a los 100 mg NO₃/l. España también muestra riesgo de contaminación por nitratos en sus aguas subterráneas. El 23% de los 4384 puntos de muestreo activos en aguas subterráneas tuvieron una concentración de nitratos superior al límite estándar de calidad de 50mg/l en el cuatrienio 2020-2023 (MITECO, 2024).

Gráfico 12. Nitratos en aguas subterráneas



Fuente: [Agencia Europea del Medio Ambiente](#)

3.3. Índice compuesto de sostenibilidad

3.3.1. Estructura

La matriz de correlaciones muestra las correlaciones entre los indicadores de referencia (*Tabla 3*). El ACP realizado recoge un 53% de la variabilidad expresada por los datos (*Gráfico 13*), estando el 37,7% en la componente principal N°1 correspondiente al eje X (PC1) y el 15,3% restante en la componente principal N°2 correspondiente al eje Y (PC2). En él se muestran en color verde aquellos indicadores relacionados con la dimensión ambiental, en naranja los sociales y en azul los económicos. El ACP recoge el 54% de la variabilidad expresada por los datos, estando el 40,8% en la componente principal N°1 en el eje X (PC1) y el 14,2% en la componente principal N°2 correspondiente al eje Y (PC2). Tanto la matriz de correlaciones como el ACP se han realizado mediante el software RStudio.

En base a los resultados se puede observar que los indicadores económicos están muy correlacionados entre sí (con excepción del IPC) y que tienen una gran ponderación sobre la PC1 del ACP. Se ha optado por descartar la PMO y la apertura comercial debido a que son los indicadores que muestran las correlaciones más altas con el resto de los indicadores económicos.

Por su parte, los indicadores sociales de empleo agrario y empleo agrario femenino presentan una correlación muy elevada (0,83) entre ambos, por lo que en el presente trabajo se ha optado por descartar el empleo agrario. En cuanto a las proteínas y las kilocalorías ocurre un caso similar (correlación de 0,53), por lo que se ha optado por elegir las kilocalorías frente a las proteínas al tener una ponderación superior sobre la PC1 del ACP.

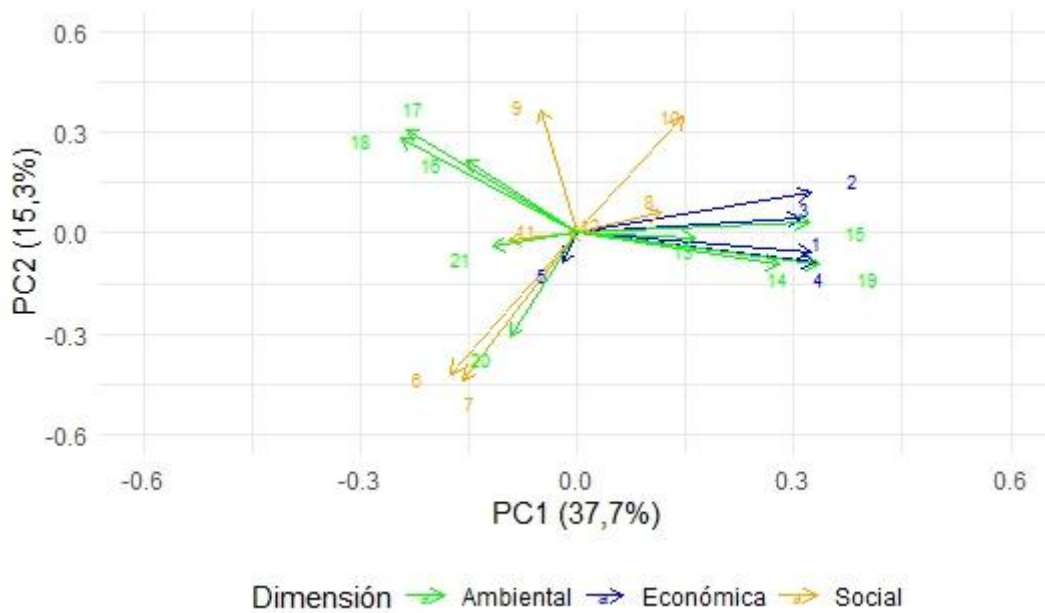
En cuanto a los indicadores ambientales, energía renovable, Fertilizantes N, Surplus P y GEIS Agricultura tienen unas correlaciones elevadas (superiores a 0,7) con la mayoría de los indicadores económicos y, además, tienen una correlación bastante alta entre ellos, por lo que se descarta su empleo para la elaboración del índice.

Tabla 3. Matriz de correlaciones entre los indicadores de referencia

Nitratos AS	-0.22	-0.17	-0.27	-0.22	-0.09	0	0	-0.44	0.35	-0.32	0.02	-0.15	-0.46	-0.25	-0.17	0.28	0.05	-0.04	-0.33	0.63	1
GElis Carne Porcino	-0.02	-0.23	-0.38	-0.09	-0.18	0.38	0.31	-0.35	-0.01	-0.55	0.1	0.11	-0.42	-0.24	-0.15	0.15	-0.24	-0.38	-0.12	1	0.63
GElis Agricultura	0.93	0.78	0.75	0.92	-0.1	-0.32	-0.31	0.38	-0.22	0.2	-0.3	-0.03	0.54	0.71	0.86	-0.35	-0.71	-0.72	1	-0.12	-0.33
Balance P	-0.72	-0.61	-0.51	-0.7	0.07	0.09	0.03	0.07	0.35	-0.08	0.04	-0.16	-0.08	-0.47	-0.68	0.43	0.84	1	-0.72	-0.38	-0.04
Balance N	-0.68	-0.53	-0.49	-0.7	-0.05	-0.03	-0.04	-0.16	0.31	0.09	0.14	-0.07	-0.19	-0.51	-0.56	0.41	1	0.64	-0.71	-0.24	0.05
Fertilizantes P	-0.32	-0.38	-0.49	-0.46	-0.2	-0.2	-0.13	-0.12	0.34	-0.15	0.1	0.07	0.03	-0.45	-0.15	1	0.41	0.43	-0.35	0.15	0.28
Fertilizantes N	0.8	0.82	0.79	0.78	-0.22	-0.6	-0.42	0.1	-0.19	0.45	-0.24	-0.04	0.5	0.63	1	-0.15	-0.56	-0.68	0.86	-0.15	-0.17
Energía Renovable	0.76	0.68	0.75	0.76	0.18	-0.27	-0.13	0.18	-0.2	0.16	-0.05	-0.07	0.42	1	0.63	-0.45	-0.51	-0.47	0.71	-0.24	-0.25
Energía	0.31	0.19	0.36	0.37	-0.14	-0.16	0.06	0.32	-0.39	0.1	-0.32	-0.24	1	0.42	0.5	0.03	-0.19	-0.08	0.54	-0.42	-0.46
Proteínas	0.07	0.01	-0.14	-0.07	0.09	-0.08	-0.05	-0.15	-0.04	0.12	0.53	-0.24	-0.07	-0.04	0.07	-0.07	-0.16	-0.03	0.11	-0.15	
kilocalorías	-0.13	-0.18	-0.11	-0.35	0.28	0.02	0.18	-0.51	-0.05	0.08	1	-0.32	-0.05	-0.24	0.1	0.14	0.04	-0.3	0.1	0.02	
Salarios	0.18	0.51	0.48	0.19	-0.19	-0.67	-0.57	-0.01	0.06	1	0.08	0.12	0.1	0.16	0.45	-0.15	0.09	-0.08	0.2	-0.55	-0.32
Mano de obra Extranjera	-0.02	0.11	-0.13	-0.12	-0.03	-0.41	-0.66	0.09	1	0.06	-0.05	-0.04	-0.39	-0.2	-0.19	0.34	0.31	0.35	-0.22	-0.01	0.35
Trabajadores jóvenes	0.31	0.22	0.12	0.37	-0.16	0.04	-0.24	1	0.09	-0.01	-0.51	-0.15	0.32	0.18	0.1	-0.12	-0.16	0.07	0.38	-0.35	-0.44
Empleo femenino	-0.42	-0.64	-0.35	-0.38	0.11	0.83	1	-0.24	-0.66	-0.57	0.18	-0.05	0.06	-0.13	-0.42	-0.13	-0.04	0.03	-0.31	0.31	0
Empleo	-0.39	-0.65	-0.51	-0.3	0.13	0.83	0.83	0.04	-0.41	-0.67	0.02	-0.08	-0.16	-0.27	-0.6	-0.2	-0.03	0.09	-0.32	0.38	0
IPC	-0.06	-0.05	0.07	0.05	1	0.13	0.11	-0.16	-0.03	-0.19	0.28	0.09	-0.14	0.18	-0.22	-0.2	-0.05	0.07	-0.1	-0.18	-0.09
Apertura comercial	0.9	0.81	0.73	1	0.05	-0.3	-0.38	0.37	-0.12	0.19	-0.35	-0.07	0.37	0.76	0.78	-0.46	-0.7	-0.7	0.92	-0.09	-0.22
Dependencia exterior	0.72	0.82	1	0.73	0.07	-0.51	-0.35	0.12	-0.13	0.48	-0.11	-0.14	0.36	0.75	0.79	-0.49	-0.49	-0.51	0.75	-0.38	-0.27
PMO	0.84	1	0.82	0.81	-0.05	-0.65	-0.64	0.22	0.11	0.51	-0.18	0.01	0.19	0.68	0.82	-0.38	-0.53	-0.61	0.78	-0.23	-0.17
VAB	1	0.84	0.72	0.9	-0.06	-0.39	-0.42	0.31	-0.02	0.18	-0.13	0.07	0.31	0.76	0.8	-0.32	-0.68	-0.72	0.93	-0.02	-0.22

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13. Análisis de componentes principales para los indicadores de referencia



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Códigos de los indicadores en el ACP en función de la dimensión de sostenibilidad a la que pertenezcan

INDICADORES ECONÓMICOS		INDICADORES SOCIALES		INDICADORES AMBIENTALES	
Indicador	Código	Indicador	Código	Indicador	Código
VAB	1	Empleo agrario	6	Energía	13
PMO	2	Empleo femenino	7	Energía renovable	14
Dependencia exterior	3	Trabajadores jóvenes	8	Fertilizantes N	15
Apertura comercial	4	Extranjeros	9	Fertilizantes P	16
IPC	5	Salarios	10	Balance N	17
		Kilocalorías	11	Balance P	18
		Proteínas	12	GEI agricultura	19
				GEI carne porcino	20
				Nitratos A.S.	21

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, atendiendo a estos criterios de selección, se ha propuesto una estructura basada en un total de 13 indicadores, de los cuales, tres de ellos pertenecen a la dimensión económica, cinco a la dimensión social y otros cinco a la dimensión ambiental. A partir de ellos tendrá lugar la construcción del ICS. Los indicadores que han sido seleccionados de cada una de las dimensiones de sostenibilidad para la elaboración del índice de sostenibilidad han sido los siguientes:

Dimensión económica:

- 1) VAB
- 2) Dependencia del exterior
- 3) IPC

Dimensión social:

- 1) Empleo femenino
- 2) Trabajadores jóvenes
- 3) Mano de obra extranjera
- 4) Salarios
- 5) Consumo alimentario en Kilocalorías

Dimensión ambiental:





- 1) Consumo energético en la agricultura
- 2) Consumo de Fertilizantes P
- 3) Balance de N
- 4) Emisiones de GEI en la producción de carne porcino
- 5) Nitratos A.S.

Los valores normalizados de estos indicadores pueden observarse en el ANEXO A: INDICADORES NORMALIZADOS para cada uno de los países analizados.

3.3.2. Rangos de clasificación

Los intervalos que se han diseñado para la clasificación del ICS en función de su valor se muestran en la *Tabla 5*.

Tabla 5. Intervalos establecidos para los valores del índice compuesto de sostenibilidad

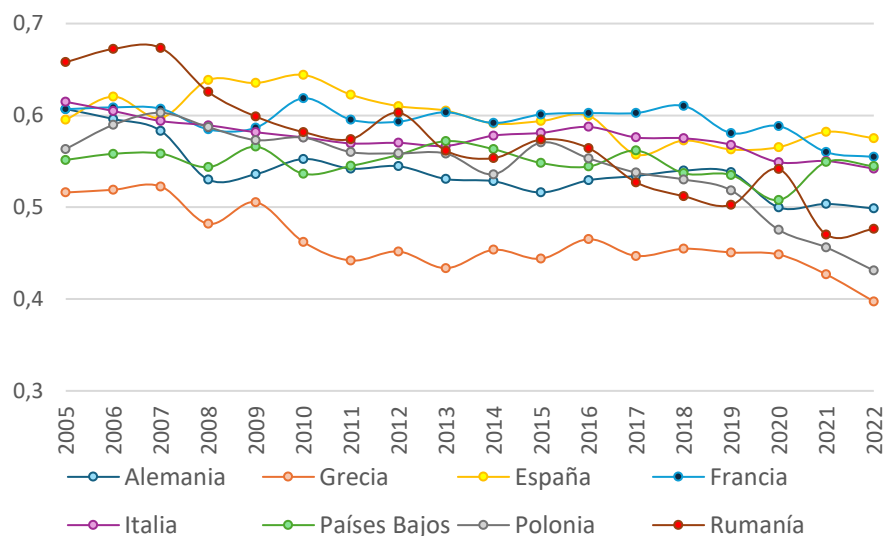
VALOR	ICS	DESCRIPCIÓN
[< 0,531]		Muy bajo
[0,531 > 0,562]		Bajo
[0,562 > 0,590]		Medio
[> 0,590]		Alto

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Evolución del índice compuesto de sostenibilidad por dimensión

El análisis de la evolución del ICS (*Gráfico 14*) muestra que todos los países analizados tienen una evolución decreciente a lo largo de la serie temporal analizada, lo que evidencia un empeoramiento de la sostenibilidad del sistema agrario en la Unión Europea.

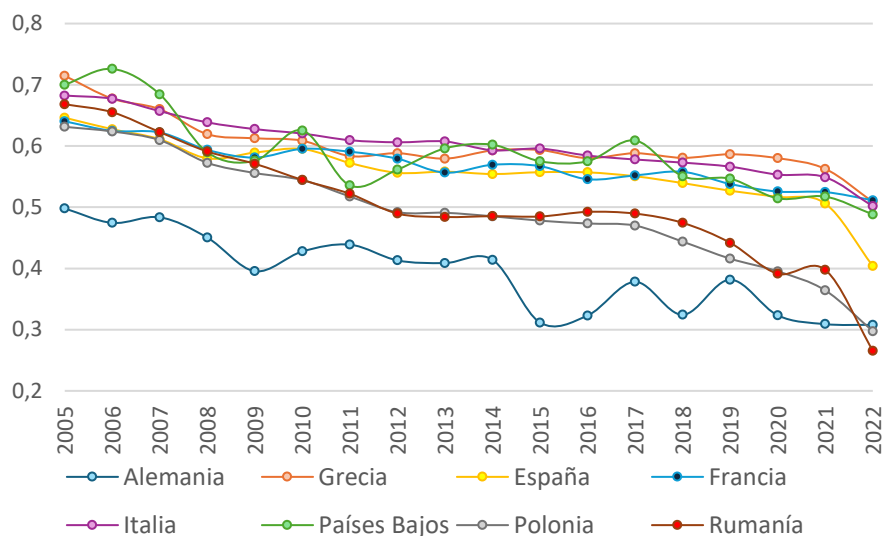
España y Francia son los países que reflejan los mejores valores en su ICS, aunque, este último, se ha visto perjudicado en los últimos años. Francia ha pasado de mostrar un ICS de 0,61 en el año 2018 a mostrar un valor de 0,54 en el año 2022, unos valores muy similares a los que muestran Italia y Países Bajos para ese mismo año. España es el único país que refleja una mejora en los últimos años, especialmente en el año 2021, lo cual le ha llevado a alcanzar valores cercanos a 0,60 en los dos últimos años de la serie temporal analizada. Por el contrario, Grecia es el país que muestra el ICS más bajo, alcanzando un valor de 0,4 en el año 2022. En los últimos años, Polonia y Rumanía, son los países que han mostrado una mayor reducción de su ICS, la cual los ha llevado a mostrar en el año 2022 un ICS de 0,43 y de 0,48, respectivamente.

Gráfico 14. Evolución del índice compuesto de sostenibilidad en los distintos países

Fuente: Elaboración propia

En la evolución del índice económico se puede comprobar como todos los países analizados disminuyen en mayor o menor medida sus índices económicos a lo largo del período analizado (*Gráfico 15*). Todos los países muestran una reducción de su índice económico en el año 2022, a excepción de Alemania, debido al incremento que se ha producido en el IPC de los alimentos, a la subida en el valor de las importaciones y a la dependencia en la adquisición de materias primas para la alimentación animal. Esta caída ha sido aún más acentuada en España debido a que el VAB no ha aumentado ese año, como sí que ha ocurrido en el resto de los países.

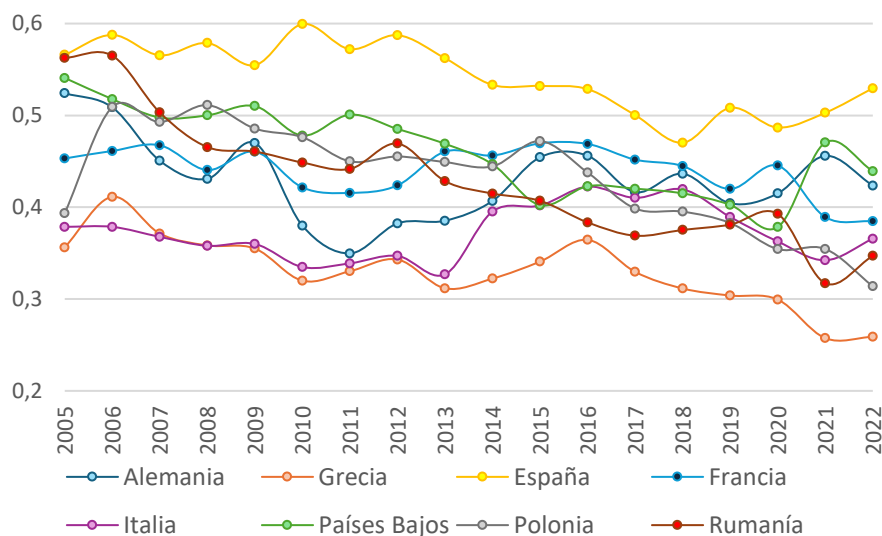
Grecia e Italia son los países que presentan unos valores más elevados de su índice económico durante los últimos años, mientras que, por el contrario, Alemania es el país que muestra los peores resultados debido a su elevada dependencia del exterior, con un índice económico ligeramente superior a 0,3 durante los últimos años. Polonia y Rumanía son los países que presentan una mayor disminución de sus índices económicos durante el período analizado, debido a que en el año 2005 presentaban unos índices económicos superiores a 0,60 y en el año 2022 han caído hasta valores de 0,30 y 0,27, respectivamente, lo que evidencia una situación económica muy desfavorable en ambos países.

Gráfico 15. Evolución del índice de sostenibilidad de la componente económica en los distintos países

Fuente: Elaboración propia

El índice social toma muestra de manera general los valores más bajos, ya que en ningún país ha superado el valor de 0,6 en ningún año de la serie temporal analizada. En su evolución se puede observar como todos los países muestran una tendencia decreciente (*Gráfico 16*). Tan solo España parece contradecir ese comportamiento, mostrando una tendencia creciente en los últimos años que le permite situarse por encima de un valor de 0,5. Italia venía mostrando una tendencia creciente los años previos a la pandemia COVID-19, pero a raíz de ella esa situación se ha revertido.

En el año 2021, Países Bajos y Alemania han experimentado un incremento considerable de su componente social respecto a los valores que venía presentando en años anteriores que les hicieron posicionarse en un índice social ligeramente superior a 0,45. Sin embargo, no han sabido aprovechar ese incremento debido a que en el año siguiente disminuyen sus registros. Rumanía y Polonia han experimentado la mayor disminución de sus índices sociales a lo largo del período analizado. En el caso de Rumanía se ha producido una caída progresiva que fue especialmente relevante en el año 2021, llegando a alcanzar un índice ambiental de 0,32 ese año. Polonia, por su parte, experimenta desde el año 2015 una caída significativa en su índice social que le ha llevado a situarse en un valor de 0,31 en el año 2022. Grecia muestra los valores más bajos de índice social, especialmente en los últimos años, donde ha caído hasta situarse por debajo de 0,3.

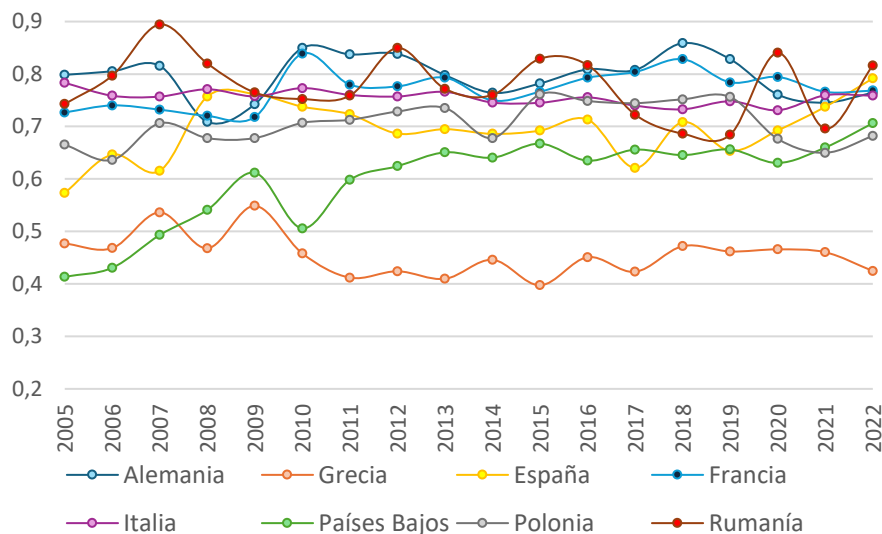
Gráfico 16. Evolución del índice de sostenibilidad de la componente social en los distintos países

Fuente: Elaboración propia

La evolución del índice ambiental muestra distintos comportamientos entre los países, puesto que mientras algunos países se caracterizan por mostrar una tendencia creciente, especialmente en los últimos años, otros presentan un comportamiento más variable, mientras que otros muestran una mayor estabilidad (Gráfico 17). Los valores que toma este índice en los últimos años son superiores a los que toma el índice económico y el social en todos los países analizados, excepto en Grecia donde el índice económico es superior. El índice ambiental toma valores muy similares y superiores a 0,75 en el año 2022 en España, Francia, Italia, Alemania y Rumanía. Mientras que en Países bajos y Polonia se sitúa en torno a 0,70. Grecia permanece por debajo de 0,5 durante la mayor parte del período analizado.

En los últimos años, el índice ambiental muestra un crecimiento significativo en España, debido a la menor aplicación de fertilizantes fosfatados, y en los Países Bajos debido a su mayor eficiencia energética. Por el contrario, en Alemania, Polonia y Francia se observa una caída en los últimos años debido a que disminuyen sus balances de nitrógeno hasta valores por debajo de los adecuados. Rumanía se caracteriza por combinar períodos de disminución con otros en los que sube repentinamente. El último episodio de estas características tuvo lugar en el año 2021, en el cual, su índice ambiental disminuyó hasta un valor de 0,70 tras haber mostrado en el año 2020 un índice de 0,84. En el año 2022 su índice volvió a aumentar hasta 0,82 convirtiéndose en el país que mejor índice ambiental mostró ese año.

Gráfico 17. Evolución del índice de sostenibilidad de la componente ambiental en los distintos países



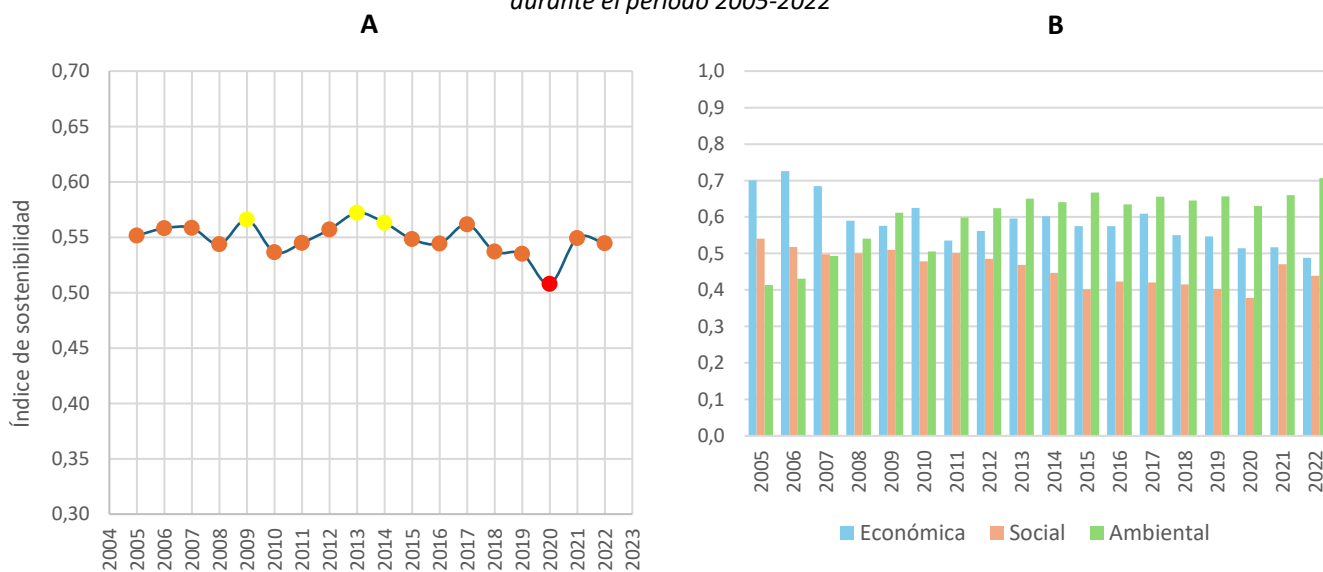
Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Evolución del índice compuesto de sostenibilidad por país

En Países Bajos predomina un nivel de sostenibilidad bajo donde, tan solo, en el año 2020, se presenta un valor de sostenibilidad considerado como muy bajo. Cabe destacar que, en los años 2009, 2013 y 2014 el índice mostró una sostenibilidad media (Gráfico 18 (A)).

El índice social tiende a disminuir de manera gradual, aunque en el año 2021 experimento un aumento significativo que no ha sabido conservar en el año 2022. En cambio, su índice ambiental experimenta una mejora más significativa consiguiendo situarse por encima de 0,7 en el año 2022. Su índice económico tiende a disminuir progresivamente desde el año del 2017 (Gráfico 18 (B)).

Gráfico 18. Evolución del índice de sostenibilidad en Países Bajos (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022

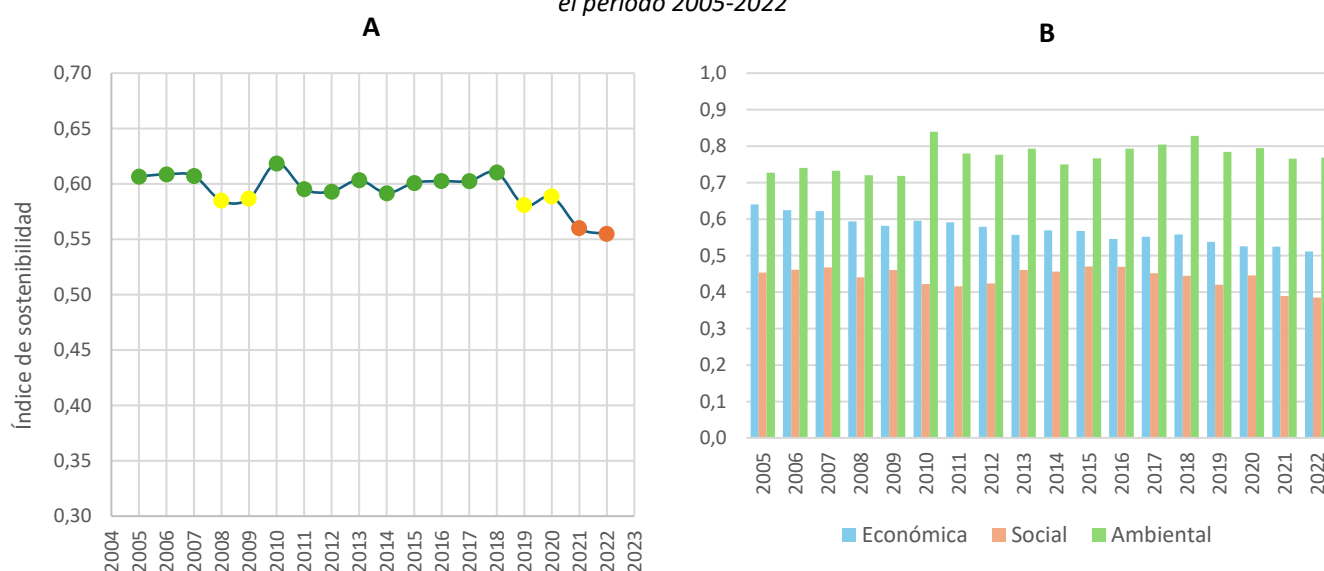


Fuente: Elaboración propia

El índice de sostenibilidad de Francia ha pasado de reflejar una sostenibilidad alta en el año 2018, a mostrar una sostenibilidad media (año 2019 y 2020) y baja (año 2021 y 2022) (Gráfico 19 (A)). Este descenso se ha reflejado en sus tres componentes en el período 2019/2022 (Gráfico 19 (B)).

El índice ambiental en Francia muestra valores elevados y muy superiores respecto a los de su índice económico y social, aunque cabe destacar que este se ha reducido en el período 2019/2022. En su índice social, Francia presenta una tendencia más irregular con períodos de caída combinados con años de repunte y posteriores recaídas. El último incremento tuvo lugar en el año 2020, alcanzando un índice social de 0,45, a esta subida le sucedió una disminución que le ha hecho estar por debajo de 0,40 en los dos últimos años registrados, unos valores muy reducidos que no había mostrado en los años anteriores. Su índice económico muestra una disminución progresiva en los últimos años que le hacen situarse ligeramente por encima de 0,51 en el año 2022.

Gráfico 19. Evolución del índice de sostenibilidad en Francia (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022

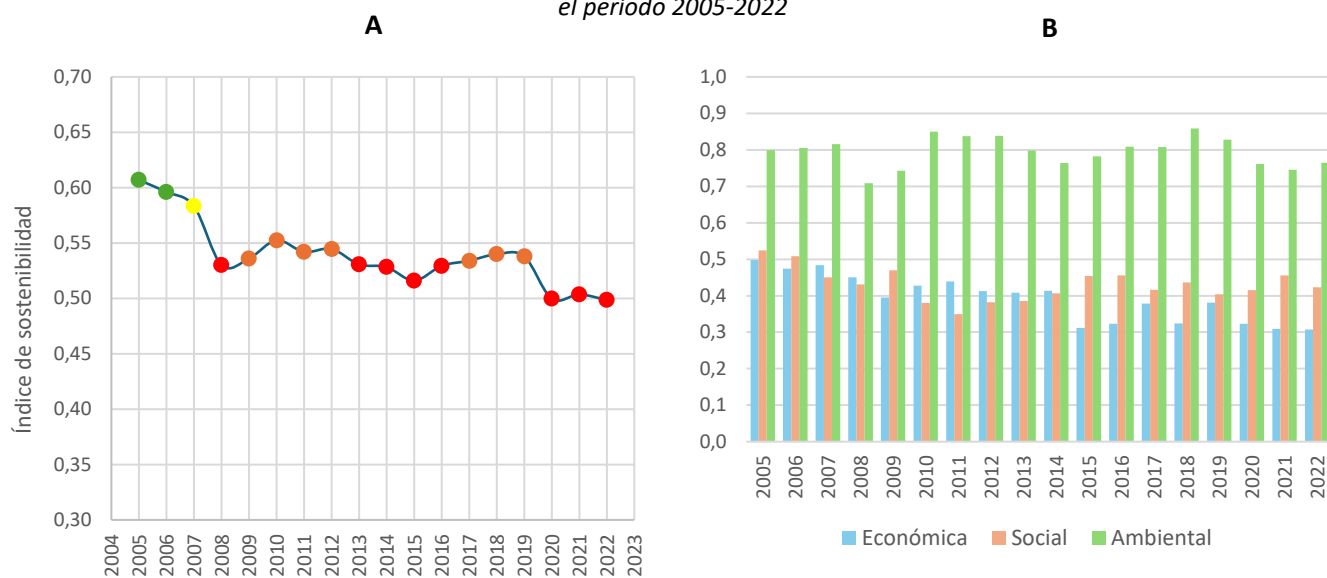


Fuente: Elaboración propia

Alemania ha experimentado una caída significativa de su ICS a lo largo del período analizado. En los últimos años muestra valores muy bajos de sostenibilidad, mostrando un ICS de en torno a 0,50 (Gráfico 20 (A)).

Su índice ambiental refleja unos valores notablemente superiores a los económicos y a los sociales, ambos muy reducidos, aunque ha disminuido ligeramente en el período 2019/2022 (Gráfico 20 (B)). En el año 2015 Alemania sufre una caída ostentosa de su índice económico, lo cual ha impedido que vuelva a alcanzar un índice económico igual o superior a 0,4 hasta la fecha estudiada. El índice social presenta valores más constantes, situándose ligeramente por encima de 0,4 en el año 2022.

Gráfico 20. Evolución del índice de sostenibilidad en Alemania (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022

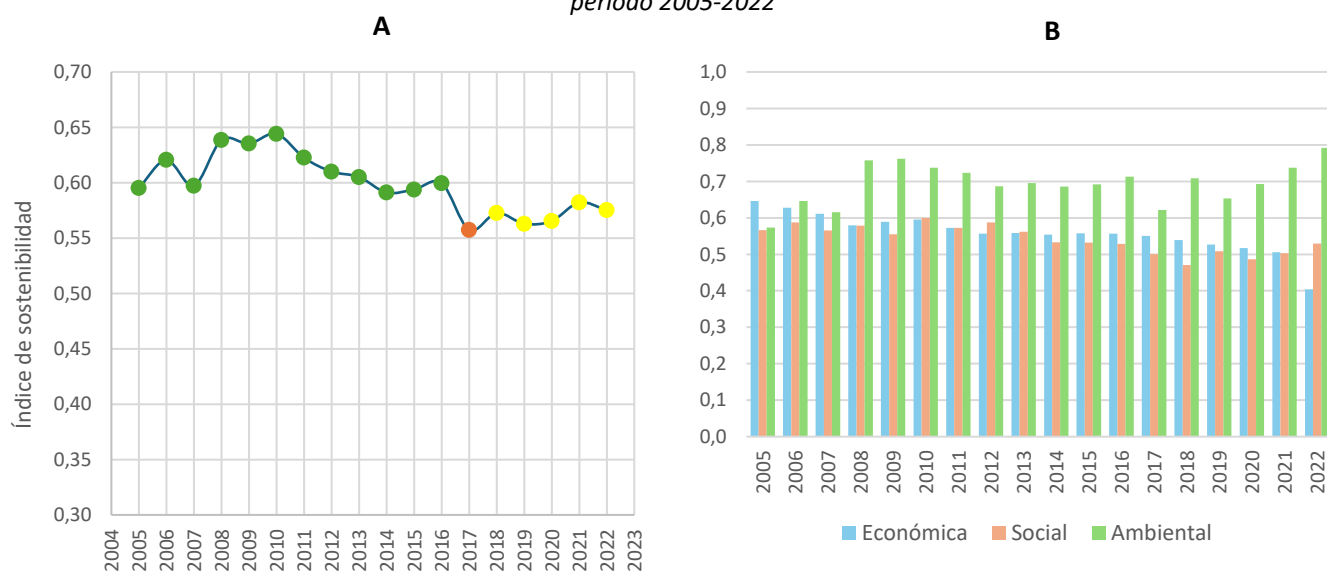


Fuente: Elaboración propia

España presenta un empeoramiento de su ICS en los últimos años como refleja el *Gráfico 21 (A)*. En el año 2017 su ICS deja de ser alto y pasa a ser bajo, aunque a partir de los años siguientes se convierte en medio.

Esta caída se refleja especialmente en su índice económico (*Gráfico 21 (B)*), el cual experimenta una reducción notable que le hace mostrar un valor mínimo de 0,4 en el año 2022, lo cual impide que haya una mejora en la sostenibilidad. El índice ambiental aumenta significativamente en España en el período 2019/2022, al igual que su índice social, aunque en menor medida.

Gráfico 21. Evolución del índice de sostenibilidad en España (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022

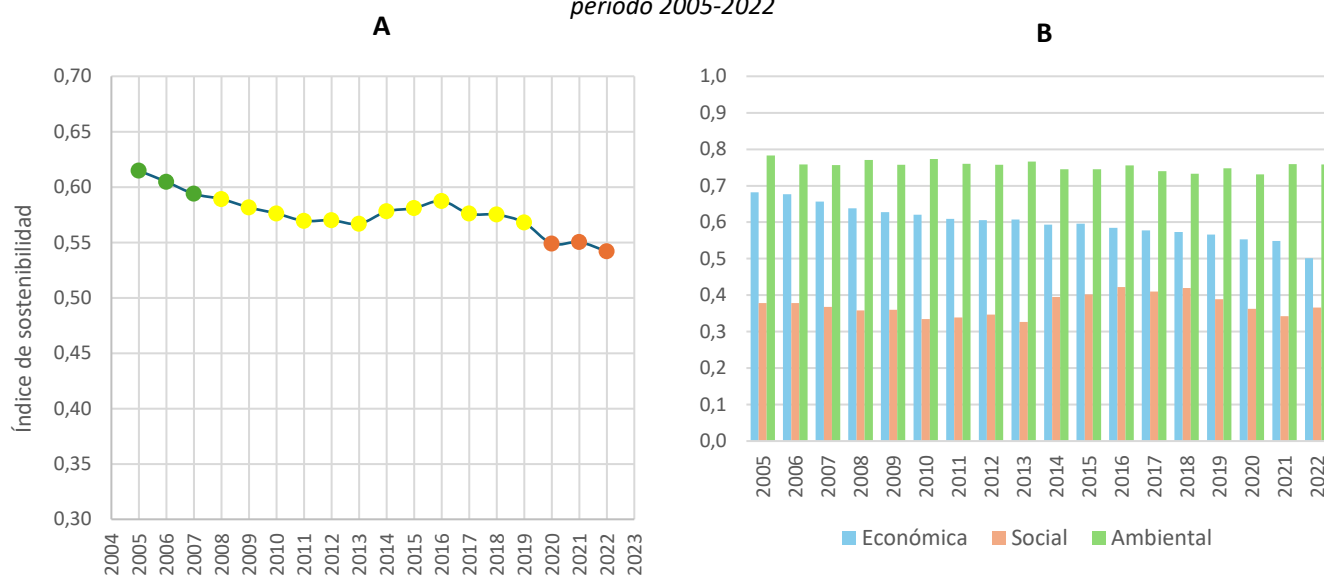


Fuente: Elaboración propia

Italia muestra en el período 2020/2022 valores de su ICS que se le hacen posicionarse en una sostenibilidad baja, lo que evidencia un empeoramiento en su nivel de sostenibilidad respecto a los valores de sostenibilidad media que venía mostrando los años anteriores (*Gráfico 22 (A)*).

Esta caída en sostenibilidad es debida a la reducción que ha experimentado su índice económico y social en ese período mientras que su índice ambiental permanece estable con pocas variaciones mostrando valores que lo sitúan en torno a 0,75 (*Gráfico 22 (B)*).

Gráfico 22. Evolución del índice de sostenibilidad en Italia (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022

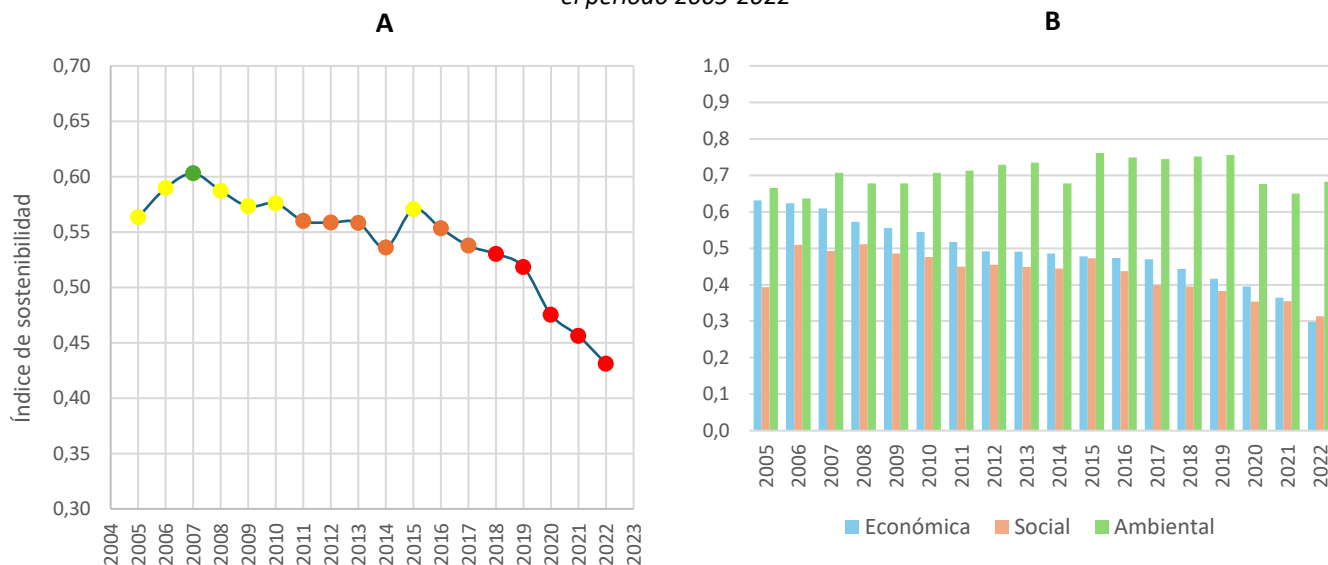


Fuente: Elaboración propia

Polonia muestra un notable empeoramiento de su ICS, situándose en el período 2018/2022 valores de muy bajos del ICS (*Gráfico 23 (A)*).

Esta disminución se debe a la caída que ha experimentado su índice económico y social, ya que, su índice ambiental, aunque no muestra mejoras significativas, presenta un comportamiento más estable y toma valores notablemente superiores a los que presenta el índice económico y social (*Gráfico 23 (B)*).

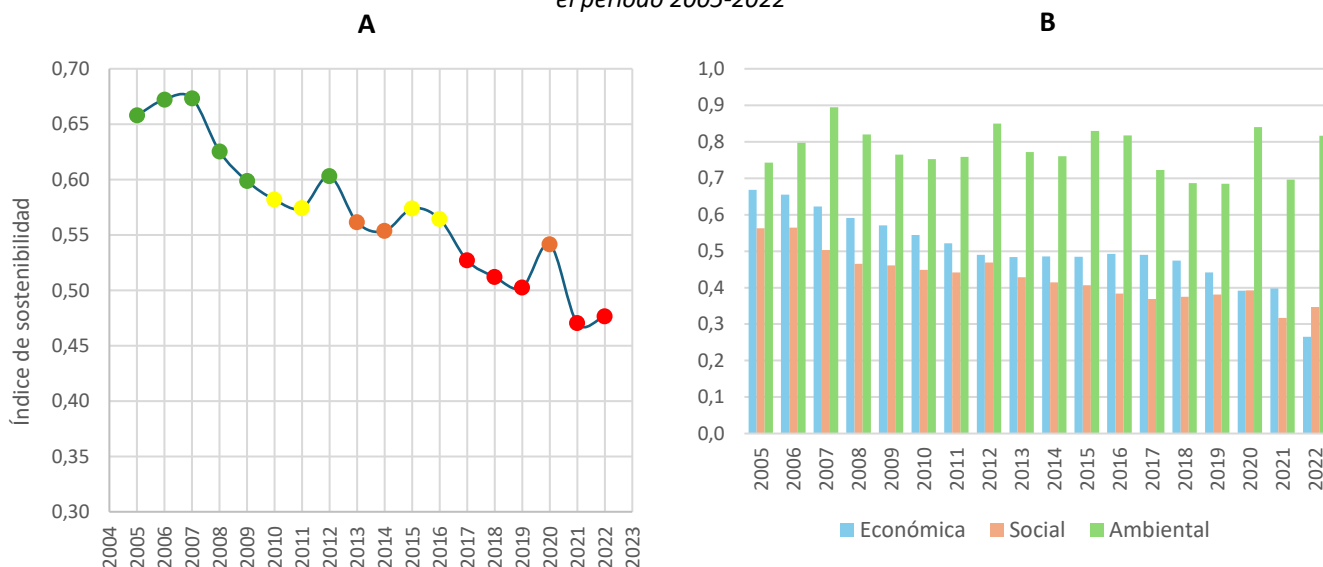
Gráfico 23. Evolución del índice de sostenibilidad en Polonia (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022



Fuente: Elaboración propia

Rumanía presenta valores de su ICS clasificados como muy bajos en los dos últimos años de la serie temporal analizada (Gráfico 24 (A)). Este país muestra un empeoramiento en su índice económico, especialmente en el año 2022 donde registra un valor inferior a 0,3. Su índice social también cae de manera notable en estos dos años (Gráfico 24 (B)).

Gráfico 24. Evolución del índice de sostenibilidad en Rumanía (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022

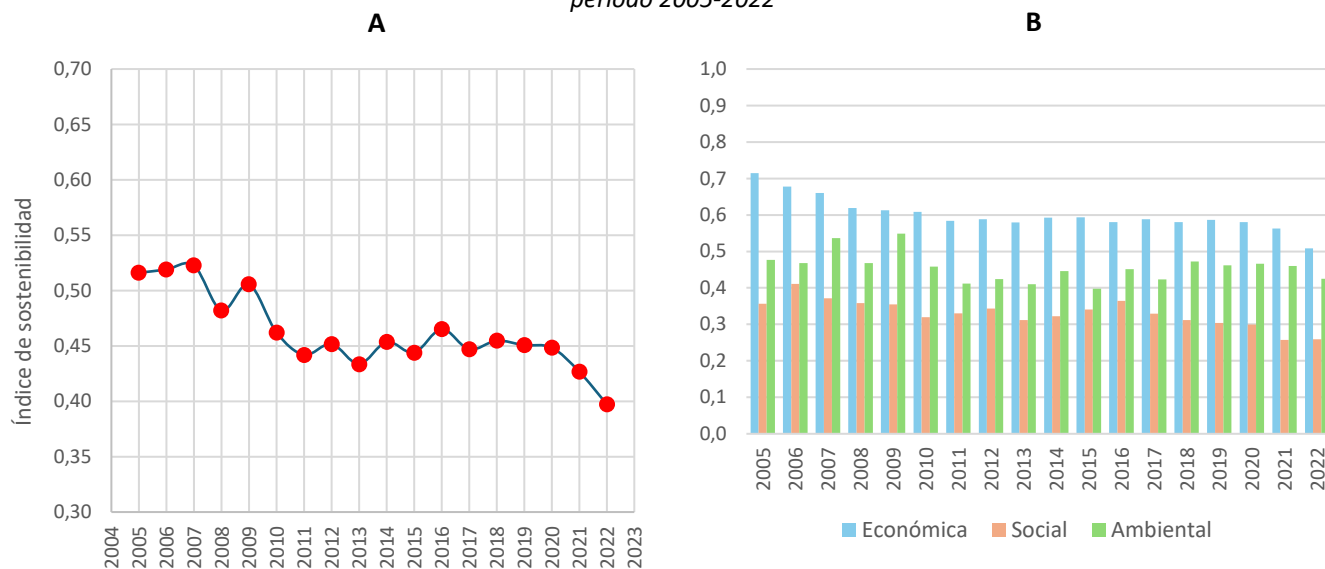


Fuente: Elaboración propia

Grecia muestra un ICS muy bajo durante todo el período analizado (Gráfico 25 (A)). Los valores tan reducidos que presenta en su índice ambiental y social hacen que su índice de sostenibilidad adquiera este comportamiento. Su índice económico presenta valores superiores al del resto de índices, aunque

en el año 2022 ha experimentado una caída significativa que le ha hecho situarse ligeramente por encima de 0,5 (Gráfico 25 (B)).

Gráfico 25. Evolución del índice de sostenibilidad en Grecia (A) y de cada una de sus componentes (B) durante el período 2005-2022



Fuente: Elaboración propia

4. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados alcanzados en esta investigación, la muestra de países analizados presenta una disminución de la sostenibilidad de sus sistemas agrarios medida a través del ICS. Todos los países (a excepción de Grecia) muestran, especialmente en los últimos años, que la caída de su ICS se debe a una caída en sus componentes de sostenibilidad económica y social, mientras que mantienen su sostenibilidad ambiental.

En base a la evolución de las distintas componentes de sostenibilidad se pueden identificar cuatro comportamientos diferentes:

España, Polonia, Rumanía y Países Bajos, muestran una evolución ascendente de su componente ambiental, mientras que, tanto el índice económico, como el social tienden a disminuir en el periodo analizado. Esto ha generado un desequilibrio entre las tres componentes de sostenibilidad, lo cual se ha manifestado en un detrimento en el ICS de estos países. Estos resultados están de acuerdo con la literatura definida por Castillo-Díaz et al. (2023), donde demuestra una relación inversa entre los aspectos medioambientales y los socioeconómicos. Algunos autores como Nogueira et al. (2023) han demostrado que para lograr un desarrollo sostenible las tres dimensiones de sostenibilidad han de estar equilibradas. Los resultados en estos países evidencian un empeoramiento en su nivel de sostenibilidad a medida que aumenta este desequilibrio. España ha pasado de mostrar niveles altos de sostenibilidad a mostrar valores medios, Países Bajos cae de niveles medios a niveles bajos, mientras que, Rumanía y Polonia han pasado de mostrar niveles medios y bajos a mostrar niveles muy bajos en los últimos años.

Rumanía y Polonia muestran una drástica disminución de sus índices sociales debido a que estos países han experimentado una gran caída en su empleo agrario durante las últimas décadas a causa de distintos fenómenos como: i) los procesos de desagrarización, que se desarrollaron con antelación en otros países de Europa occidental y que llegaron más tarde a los países del este europeo; ii) la falta de oportunidades laborales, que llevó a muchos jóvenes a emigrar al extranjero en busca de empleo en el sector agrario de países como Alemania, Italia y el Reino Unido; y iii) la disminución de la población, que contribuye directamente a la insuficiencia en la mano de obra agraria, así como a su envejecimiento, lo que ha fomentado la preocupación de los agricultores ante la falta de mano de obra (Radulescu et al., 2020). Todo ello ha afectado negativamente al sector agrario local y ha aumentado las dificultades económicas en las zonas rurales, donde reside una gran parte de la población. La proporción de empleo rumano en el sector agrario disminuyó del 35 % en 1997 a menos del 20 % en 2019 (Torrejón Pérez et al., 2025). La situación en el campo se agravó aún en mayor medida en este país después de la crisis sanitaria COVID-19, donde el empleo agrario se redujo hasta representar tan solo un 10% del total de su economía (*Gráfico 4(A)*). Polonia, por su parte, ha pasado de representar más de un 15% allá por el año 2015 a suponer tan solo un 7% en el año 2022 (*Gráfico 4(A)*).

Francia e Italia se caracterizan por mostrar un mayor equilibrio entre las tres dimensiones de sostenibilidad. En ambos países la componente ambiental tiene el papel más relevante sobre el nivel

de sostenibilidad durante todo el período analizado, mientras que la componente social tiene la menor representación. La representación que supone cada una de las dimensiones sobre la sostenibilidad sigue, por tanto, el siguiente orden:

Ambiental > Económica > Social

Estos países al mostrar una mayor estabilidad en sus tres dimensiones de sostenibilidad no evidencian caídas tan alarmantes como en el caso anterior, lo que está de acuerdo a lo propuesto por Nogueira et al. (2023). Tanto Italia, como Francia se mantienen en niveles medios y bajos de sostenibilidad, aunque este último se ha visto más afectado por el COVID-19, ya que venía mostrando niveles altos antes de la pandemia.

Alemania, se caracteriza por tener valores muy bajos en su dimensión social y, sobre todo, económica, mientras que en su dimensión ambiental toma valores mucho más elevados. El orden de representación de la sostenibilidad por parte de cada una de las dimensiones es, por tanto, el siguiente:

Ambiental > Social > Económica

Estos resultados, refuerzan lo definido por Biekša et al. (2022), el cual justifica que el índice ambiental es el que tiene una mayor representación en el desarrollo sostenible de los países europeos.

Alemania muestra una gran dependencia del exterior en productos agrarios, lo que le hace presentar valores muy reducidos en la dimensión económica. Un estudio realizado por Hart et al. (2007) destaca que la autosuficiencia en frutas y hortalizas en Alemania es baja (13 % y 50 % respectivamente), reforzando la necesidad de importarlas durante gran parte del año. Mientras que un estudio de mercado subraya que el consumo interno de cereales en Alemania aumentó ligeramente, hasta los 40,9 millones de toneladas entre el 2023 y 2024. De este total, el 51,5 % se destinó a la alimentación animal, el 21 % a la producción de alimentos, que registró un ligero descenso, y el 21 % a fines industriales y energéticos, que aumentaron 4,3 puntos porcentuales. El 5,8 % restante se atribuyó a semillas y pérdidas (TRIDGE, 2024).

Grecia es un caso especial entre todos los países europeos analizados. Mantiene un ICS en niveles bajos a lo largo de todo el periodo y su dimensión ambiental no es elevada ni evoluciona favorablemente, sino todo lo contrario. Los niveles muy bajos de sostenibilidad en este país son reflejo de unos bajos niveles en la dimensión ambiental y social. El orden de representación a la sostenibilidad de cada una de las dimensiones es:

Económica > Ambiental > Social

Los resultados obtenidos en este país concuerdan con lo propuesto por Magrini & Giambona (2022). Estos autores atribuyen una importancia relativa a la sostenibilidad del 41,5% a la dimensión económica, 27,1% a la ambiental y del 21,7% a la dimensión social en el período 2004/2020

La razón principal por la que Grecia muestra unos valores reducidos en su componente ambiental es debida a su problemática con la contaminación por nitratos en sus aguas subterráneas. En acuíferos superficiales de la región montañosa de Tesalia central se encontraron cerca de zonas habitadas

concentraciones de nitratos (NO_3^-) en el rango de [31,7-299]mg/l, aunque el problema de la contaminación por nitratos no solo se observa en la llanura de Tesalia, sino también en muchas otras zonas de Grecia (Stamatis et al., 2011). Según este autor, la degradación de la calidad de las aguas subterráneas está estrechamente relacionada con la intensificación de la agricultura (sin períodos de barbecho), el uso excesivo de fertilizantes químicos y el consumo excesivo de grandes volúmenes de agua de riego.

Los bajos resultados que muestra en su índice social son debidos a que los salarios suponen tan solo un 10% del VAB, siendo el país donde menos representación tienen de todos los analizados (*Gráfico 6*). Por otro lado, aunque muestra una tasa de empleo agrario ligeramente por encima del 10% durante todo el período analizado (*Gráfico 4 (A)*), presenta una mano de obra envejecida, con una tasa de trabajadores jóvenes en la agricultura situada en el 20% en el año 2020, aunque ha aumentado hasta el 25% en el año 2022, mientras que el resto de los países analizados se encuentra por encima del 30% en ese mismo año (*Gráfico 5(A)*). La mano de obra extranjera ha pasado de representar más de un 5% a prácticamente eliminarse a raíz de la pandemia en el año 2020 (*Gráfico 5(B)*). Esta disminución, sumado a la sequía del año 2022, ha afectado a la producción y cosecha de cultivos clave como aceitunas, frutas y verduras. Para paliar esta situación, el gobierno implementó varias medidas encaminadas a flexibilizar las condiciones de contratación de trabajadores extranjeros ante la escasez de trabajadores del sector agrario en Grecia. Entre las medidas dispuestas se encuentran: establecer acuerdos bilaterales con Egipto y Bangladesh para traer trabajadores temporales; extensión de permisos de trabajo para migrantes (Ekathimerini.com, 2023); regularización de migrantes indocumentados, con la aprobación de una ley que otorga permisos de residencia de tres años a unos 30,000 migrantes (Millet News, 2024).

5. CONCLUSIONES

En un mundo con una creciente escasez de recursos (suelo, agua, energía, aire limpio) y una población en aumento con una demanda en ascenso de productos agrarios, tanto en cantidad como en calidad, la eficiencia en el uso de los recursos y la sostenibilidad se convierten en objetivos primordiales del sector agrario. Desde un análisis de una muestra de países que representan más del 80% del valor añadido bruto del sector agrario de la UE-27, se concluye que la sostenibilidad del sector está reduciéndose, principalmente motivado por la reducción de las dimensiones económica y social. La dimensión ambiental no muestra un comportamiento tan generalizado, mostrando diferentes tendencias según los países analizados.

Un mayor desequilibrio entre las distintas dimensiones de sostenibilidad conlleva a un menor nivel de sostenibilidad del sector agrario y cuanto más equilibradas están los tres componentes mayores niveles de sostenibilidad se alcanzan. Las acciones que se lleven a cabo han de ir dirigidas a fortalecer las tres dimensiones y se debe evitar la existencia de impactos negativos (trade-offs) que repercutan sobre alguna de ellas. Puesto que de esta manera nunca se logrará alcanzar un estado sostenible.

Se debe hacer un gran esfuerzo por mejorar los índices sociales en todos los países europeos, mediante la mejora en el desarrollo de políticas, de manera que estas ofrezcan unas mejores condiciones que incentiven el relevo generacional y fomenten el papel de la mujer en el campo. Es importante el fortalecimiento de la pata económica, la cual se ve afectada principalmente por la dependencia del exterior para la adquisición de materias primas, lo que aumenta la vulnerabilidad ante los movimientos de precios internacionales y decisiones geopolíticas. También es necesario continuar con el importante esfuerzo que se ha realizado hasta ahora desde las instituciones europeas y nacionales (principalmente a través de la PAC) de fortalecer la dimensión ambiental, que muestra una evolución positiva a la cual aún le queda un importante camino por recorrer para alcanzar los objetivos de restauración de la naturaleza.

La elaboración del presente trabajo muestra algunas limitaciones ya que solo abarca un reducido número de países de la UE-27, lo que impide obtener una visión exhaustiva de la sostenibilidad del sector agrario en la UE-27. Por otro lado, la selección de los indicadores de referencia está condicionada por los criterios de disponibilidad de los datos, lo cual se acentúa aún más al considerar la evolución temporal. También cabe destacar que los problemas de sostenibilidad pueden darse a distintas escalas geográficas, por lo que para lograr una visión holística de la sostenibilidad en el sector agrario es importante la integración de diferentes escalas geográficas.

La mejora en la elaboración del ICS aborda desafíos clave relacionados con las mejoras en las fuentes de datos y la transparencia por parte de los países miembros de la UE-27, así como la definición de variables que no están consensuadas entre países en cuanto a su medición, como es el desperdicio alimentario, un aspecto muy relevante desde el punto de vista de la sostenibilidad social y ambiental. Esto supone un desafío que, si resulta de una mejora adecuada, puede permitir la elaboración de

índices de mayor complejidad en los que incluir un mayor número de indicadores con los que medir de manera más representativa el estado de sostenibilidad en la UE-27.

BIBLIOGRAFÍA

- Apostu, S. A., Gigauri, I., Panait, M., & Martín-Cervantes, P. A. (2023). Is Europe on the Way to Sustainable Development? Compatibility of Green Environment, Economic Growth, and Circular Economy Issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1078. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021078>
- Bardají Azcárate, I., Alcantud Izquierdo, M., Blanco Gutiérrez, I., Esteve Bengoechea, P., Lassaletta Coto, L., Sanz Cobeña, A., & Soriano Martínez, B. (2024). *Indicadores de sostenibilidad en el sector agroalimentario: Informe 2024* (No. 87). Cajamar: Caja Rural.
- Bernués, A., Rodríguez-Ortega, T., Ripoll-Bosch, R., & Alfnes, F. (2014). Socio-Cultural and Economic Valuation of Ecosystem Services Provided by Mediterranean Mountain Agroecosystems. *PLoS ONE*, 9(7), e102479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102479>
- Biekša, K., Valiulė, V., Šimanskienė, L., & Silvestri, R. (2022). Assessment of Sustainable Economic Development in the EU Countries with Reference to the SDGs and Environmental Footprint Indices. *Sustainability*, 14(18), 11265. <https://doi.org/10.3390/su141811265>
- Castillo-Díaz, F. J., Belmonte-Ureña, L. J., López-Serrano, M. J., & Camacho-Ferre, F. (2023). Assessment of the sustainability of the European agri-food sector in the context of the circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 40, 398-411. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.010>
- Cataldo, R., Crocetta, C., Grassia, M. G., Lauro, N. C., Marino, M., & Voytsekhovska, V. (2021). Methodological PLS-PM Framework for SDGs System. *Social Indicators Research*, 156(2-3), 701-723. <https://doi.org/10.1007/s11205-020-02271-5>
- Cobourn, K., O'Donnell, C., Antón, J., & Henderson, B. (2024). *An Index Theory Based Approach to Measuring the Environmentally Sustainable Productivity Performance of Agriculture* (OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers No. 213; OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, Vol. 213). <https://doi.org/10.1787/bf68fb78-en>
- EFSA. (2013). *Scientific Opinion on Dietary Reference Values for energy*. 11((1), 3005). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3005>
- Ekathimerini.com. (2023). *Work permits for migrant farm workers to be extended to Dec 31*.
- European Commission. (2019). *Sustainable growth and development in the EU: concepts and challenges*.
- European Commission. (2022). *Sustainable development in the European Union: Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context : 2023 edition*. Statistical Office of the European Union. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/403194>
- Georgescu, P.-L., Barbuta-Misu, N., Zlati, M. L., Fortea, C., & Antohi, V. M. (2025). Quantifying the Performance of European Agriculture Through the New European Sustainability Model. *Agriculture*, 15(2), 210. <https://doi.org/10.3390/agriculture15020210>
- Hart, V., Kavallari, A., Schmitz, P. M., & Wronka, T. C. (2007). Supply chain analysis of fresh fruit and vegetables in Germany. *Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU), Justus-Liebig-Universität Gießen*, 36. https://www.uni-giessen.de/de/fbz/zentren/zeu/publikationen/zeu_dp_36_hart.pdf
- Kaul, S., Akbulut, B., Demaria, F., & Gerber, J.-F. (2022). Alternatives to sustainable development: What can we learn from the pluriverse in practice? *Sustainability Science*, 17(4), 1149-1158. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01210-2>

- Latruffe, L., Diazabakana, A., Bockstaller, C., Desjeux, Y., Finn, J., Kelly, E., Ryan, M., & Uthes, S. (2016). Measurement of sustainability in agriculture: A review of indicators. *Studies in Agricultural Economics*, 118(3), 123-130. <https://doi.org/10.7896/j.1624>
- Magrini, A. (2022). Assessment of agricultural sustainability in European Union countries: A group-based multivariate trajectory approach. *AStA Advances in Statistical Analysis*, 106(4), 673-703. <https://doi.org/10.1007/s10182-022-00437-9>
- Magrini, A., & Giambona, F. (2022). A Composite Indicator to Assess Sustainability of Agriculture in European Union Countries. *Social Indicators Research*, 163(3), 1003-1036. <https://doi.org/10.1007/s11205-022-02925-6>
- Millet News. (2024). *Facing severe labor shortage, Greece moves to import workers from Egypt*.
- MITECO. (2024). *Informe de seguimiento DN91/676/CEE cuatrienio 2020-2023*.
- Moerkerken, A., Duijndam, S., Blasch, J., Van Beukering, P., & Van Well, E. (2023). Which farmers adopt solar energy? A regression analysis to explain adoption decisions over time. *Renewable Energy Focus*, 45, 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.04.001>
- Moliner-Gerbeau, Y. (2020). La creciente dependencia de mano de obra migrante para tareas agrícolas en el centro global. Una perspectiva comparada. *Estudios Geográficos*, 81(288), e031. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202046.026>
- Mollavelioglu, Ş., Hakan, M., Cagatay, S., & Ulucan, A. (2010). Assessment of sustainability of the European Union and Turkish agricultural sectors. *New Medit*, 9(3), 13-21.
- Nogueira, E., Gomes, S., & Lopes, J. M. (2023). Triple Bottom Line, Sustainability, and Economic Development: What Binds Them Together? A Bibliometric Approach. *Sustainability*, 15(8), 6706. <https://doi.org/10.3390/su15086706>
- Nowak, A., Krukowski, A., & Rózańska-Boczula, M. (2019). Assessment of Sustainability in Agriculture of the European Union Countries. *Agronomy*, 9(12), 890. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120890>
- OCDE. (2024). *Sustainable Agricultural Productivity to Address Food Systems Challenges (Measurement, Data, Drivers and Policies)*.
- OCDE. (2025). *Environmental Performance of Agriculture in OECD Countries*.
- Oudes, D., Van Den Brink, A., & Stremke, S. (2022). Towards a typology of solar energy landscapes: Mixed-production, nature based and landscape inclusive solar power transitions. *Energy Research & Social Science*, 91, 102742. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102742>
- Radulescu, C. V., Ladaru, G.-R., Burlacu, S., Constantin, F., Ioanăș, C., & Petre, I. L. (2020). Impact of the COVID-19 Pandemic on the Romanian Labor Market. *Sustainability*, 13(1), 271. <https://doi.org/10.3390/su13010271>
- Sirnik, I., Oudes, D., & Stremke, S. (2024). Agrivoltaics and landscape change: First evidence from built cases in the Netherlands. *Land Use Policy*, 140, 107099. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107099>
- Spaiser, V., Ranganathan, S., Swain, R. B., & Sumpter, D. J. T. (2017). The sustainable development oxymoron: Quantifying and modelling the incompatibility of sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(6), 457-470. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1235624>
- Stamatis, G., Parpodis, K., Filintas, A., & Zagana, E. (2011). Groundwater quality, nitrate pollution and irrigation environmental management in the Neogene sediments of an agricultural region in

- central Thessaly (Greece). *Environmental Earth Sciences*, 64(4), 1081-1105.
<https://doi.org/10.1007/s12665-011-0926-y>
- Strezov, V., Evans, A., & Evans, T. J. (2017). Assessment of the Economic, Social and Environmental Dimensions of the Indicators for Sustainable Development. *Sustainable Development*, 25(3), 242-253. <https://doi.org/10.1002/sd.1649>
- Swain, R. B. (2018). A Critical Analysis of the Sustainable Development Goals. En W. Leal Filho (Ed.), *Handbook of Sustainability Science and Research* (pp. 341-355). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63007-6_20
- Torrejón Pérez, S., Hurley, J., Fernández-Macías, E., & Staffa, E. (2025). Employment Shifts in Europe from 1997 to 2021: The Cases of Ireland, France, Spain, Germany, the Czech Republic, Italy, Sweden and Romania. En S. Torrejón Pérez, E. Fernández-Macías, & J. Hurley (Eds.), *Global Trends in Job Polarisation and Upgrading* (pp. 45-82). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-76228-4_4
- TRIDGE. (2024). *Grain Use 2023/2024 in Germany*. <https://www.tridge.com/news/grain-use-20232024-in-germany-clyxvi>
- Zhang, X., Yao, G., Vishwakarma, S., Dalin, C., Komarek, A. M., Kanter, D. R., Davis, K. F., Pfeifer, K., Zhao, J., Zou, T., D'Odorico, P., Folberth, C., Rodriguez, F. G., Fanzo, J., Rosa, L., Dennison, W., Musumba, M., Heyman, A., & Davidson, E. A. (2021). Quantitative assessment of agricultural sustainability reveals divergent priorities among nations. *One Earth*, 4(9), 1262-1277. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.015>

ANEXOS

ANEXO A: INDICADORES NORMALIZADOS

Tabla A 1. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Alemania

	VAB	Dependencia exterior	IPC	Empleo Femenino	Trabajadores jóvenes	Extranjeros	Salarios	Kcal	Energía	Fertilizante P	Balance N	GEI porcino	Nitratos A.S.
2005	0,05	0,56	0,00	0,42	0,60	0,13	0,76	0,29	0,28	0,49	1,00	0,06	0,17
2006	0,06	0,61	0,02	0,38	0,59	0,12	0,74	0,29	0,28	0,43	0,94	0,05	0,16
2007	0,08	0,57	0,06	0,40	0,51	0,11	0,63	0,40	0,23	0,40	0,91	0,04	0,16
2008	0,08	0,61	0,13	0,47	0,36	0,10	0,62	0,40	0,22	0,53	0,49	0,03	0,17
2009	0,05	0,76	0,11	0,49	0,28	0,06	0,90	0,38	0,31	0,18	0,39	0,03	0,17
2010	0,08	0,67	0,13	0,47	0,23	0,10	0,70	0,60	0,24	0,33	1,00	0,01	0,17
2011	0,11	0,63	0,17	0,46	0,25	0,11	0,58	0,65	0,19	0,46	1,00	0,01	0,16
2012	0,11	0,66	0,21	0,43	0,26	0,14	0,62	0,55	0,19	0,36	0,92	0,02	0,16
2013	0,12	0,63	0,26	0,42	0,24	0,16	0,63	0,52	0,17	0,45	0,80	0,01	0,17
2014	0,12	0,60	0,28	0,43	0,27	0,21	0,65	0,52	0,19	0,45	0,65	0,02	0,18
2015	0,08	0,86	0,29	0,40	0,31	0,22	0,94	0,60	0,26	0,49	0,86	0,01	0,19
2016	0,09	0,82	0,30	0,39	0,34	0,25	0,90	0,59	0,24	0,47	0,96	0,01	0,20
2017	0,13	0,65	0,34	0,39	0,37	0,23	0,68	0,59	0,17	0,33	0,74	0,02	0,19
2018	0,10	0,75	0,38	0,37	0,36	0,24	0,84	0,63	0,21	0,27	0,98	0,01	0,19

2019	0,14	0,60	0,40	0,39	0,41	0,28	0,65	0,71	0,16	0,26	0,75	0,02	0,18
2020	0,12	0,72	0,43	0,38	0,51	0,16	0,75	0,72	0,18	0,37	0,56	0,02	0,17
2021	0,13	0,72	0,49	0,53	0,47	0,27	0,71	0,70	0,18	0,24	0,32	0,01	0,17
2022	0,21	0,59	0,70	0,48	0,55	0,27	0,48	0,66	0,11	0,04	0,15	0,01	0,16

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 2. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Grecia

	VAB	Dependencia exterior	IPC	Empleo Femenino	Trabajadores jóvenes	Extranjeros	Salarios	Kcal	Energía	Fertilizante P	Balance N	GEI porcino	Nitratos A.S.
2005	0,19	0,04	0,00	0,82	0,41	0,14	0,13	0,72	0,17	0,93	0,34	0,74	0,11
2006	0,15	0,07	0,04	0,81	0,43	0,13	0,19	0,51	0,24	1,00	0,45	0,75	0,13
2007	0,15	0,10	0,07	0,78	0,36	0,11	0,19	0,58	0,21	0,84	0,59	0,74	0,11
2008	0,11	0,11	0,14	0,75	0,35	0,13	0,15	0,59	0,23	0,76	0,17	0,75	0,09
2009	0,08	0,09	0,16	0,73	0,28	0,22	0,12	0,58	0,17	0,55	0,29	0,74	0,09
2010	0,08	0,09	0,16	0,77	0,23	0,24	0,11	0,74	0,17	0,83	0,55	0,75	0,52
2011	0,07	0,12	0,20	0,79	0,26	0,26	0,13	0,78	0,14	0,69	0,34	0,72	0,73
2012	0,08	0,10	0,22	0,75	0,29	0,26	0,17	0,75	0,03	0,57	0,36	0,69	0,95
2013	0,07	0,11	0,22	0,72	0,23	0,24	0,12	0,75	0,03	0,66	0,38	0,70	0,93
2014	0,07	0,09	0,20	0,71	0,14	0,23	0,16	0,62	0,02	0,55	0,44	0,77	0,88
2015	0,09	0,08	0,22	0,73	0,16	0,24	0,14	0,57	0,01	0,50	0,32	0,82	1,00

2016	0,07	0,11	0,22	0,70	0,17	0,25	0,17	0,47	0,03	0,51	0,51	0,76	0,95
2017	0,09	0,10	0,22	0,69	0,12	0,21	0,16	0,54	0,02	0,74	0,55	0,89	0,78
2018	0,08	0,11	0,23	0,68	0,08	0,17	0,18	0,56	0,02	0,68	0,69	0,92	0,71
2019	0,09	0,11	0,23	0,63	0,06	0,21	0,17	0,55	0,02	0,71	0,67	0,91	0,73
2020	0,09	0,10	0,25	0,64	0,00	0,20	0,16	0,51	0,02	0,82	0,90	0,97	0,76
2021	0,08	0,13	0,27	0,64	0,04	0,01	0,18	0,58	0,03	0,89	1,00	1,00	0,78
2022	0,10	0,14	0,44	0,59	0,14	0,01	0,17	0,62	0,01	0,70	0,53	0,93	0,78

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 3. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en España

	VAB	Dependencia exterior	IPC	Empleo Femenino	Trabajadores jóvenes	Extranjeros	Salarios	Kcal	Energía	Fertilizante P	Balance N	GEI porcino	Nitratos A.S.
2005	0,06	0,12	0,00	0,14	0,86	0,59	0,24	0,01	0,16	0,93	0,70	0,31	0,43
2006	0,05	0,12	0,05	0,21	0,81	0,63	0,29	0,01	0,16	0,78	0,90	0,32	0,40
2007	0,06	0,14	0,10	0,18	0,86	0,54	0,28	0,03	0,14	0,97	0,98	0,32	0,47
2008	0,07	0,15	0,17	0,18	0,76	0,67	0,30	0,02	0,13	0,39	0,93	0,27	0,37
2009	0,06	0,13	0,16	0,15	0,70	0,62	0,33	0,02	0,12	0,37	0,98	0,32	0,37
2010	0,07	0,13	0,15	0,14	0,75	0,76	0,36	0,01	0,09	0,53	0,91	0,23	0,37
2011	0,07	0,17	0,17	0,15	0,74	0,63	0,39	0,05	0,11	0,59	0,99	0,24	0,43
2012	0,07	0,19	0,20	0,15	0,67	0,83	0,34	0,05	0,13	0,63	0,84	0,22	0,42

2013	0,07	0,16	0,24	0,05	0,64	0,90	0,30	0,07	0,12	0,77	1,00	0,21	0,42
2014	0,07	0,17	0,24	0,07	0,60	0,68	0,32	0,00	0,12	0,68	0,85	0,21	0,41
2015	0,09	0,16	0,25	0,03	0,61	0,76	0,30	0,04	0,09	0,70	0,86	0,20	0,41
2016	0,10	0,15	0,27	0,01	0,62	0,91	0,29	0,19	0,08	0,72	0,95	0,18	0,40
2017	0,10	0,16	0,29	0,05	0,59	0,81	0,29	0,24	0,08	0,78	0,59	0,19	0,44
2018	0,10	0,17	0,32	0,04	0,61	0,69	0,34	0,34	0,08	0,77	0,97	0,18	0,40
2019	0,09	0,18	0,33	0,03	0,57	0,86	0,41	0,33	0,09	0,91	0,83	0,18	0,38
2020	0,09	0,18	0,37	0,00	0,55	0,76	0,46	0,33	0,09	0,94	1,00	0,17	0,33
2021	0,11	0,19	0,40	0,04	0,51	0,90	0,46	0,40	0,09	0,73	0,99	0,16	0,32
2022	0,09	0,30	0,58	0,02	0,46	1,00	0,49	0,32	0,09	0,36	0,98	0,20	0,38

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 4. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Francia

	VAB	Dependencia exterior	IPC	Empleo Femenino	Trabajadores jóvenes	Extranjeros	Salarios	Kcal	Energía	Fertilizante P	Balance N	GEI porcino	Nitratos A.S.
2005	0,05	0,13	0,00	0,29	0,56	0,18	0,80	0,56	0,22	0,86	1,00	0,17	0,12
2006	0,04	0,15	0,02	0,23	0,56	0,12	0,92	0,52	0,23	0,77	0,99	0,17	0,12
2007	0,05	0,15	0,04	0,30	0,58	0,10	0,81	0,45	0,20	0,67	0,82	0,17	0,12
2008	0,05	0,17	0,10	0,41	0,47	0,10	0,84	0,63	0,21	0,70	0,81	0,17	0,13
2009	0,04	0,19	0,10	0,34	0,43	0,10	1,00	0,57	0,26	0,50	0,66	0,17	0,13

2010	0,06	0,16	0,11	0,26	0,42	0,10	0,79	0,46	0,19	0,32	1,00	0,16	0,13
2011	0,07	0,16	0,14	0,32	0,28	0,11	0,75	0,37	0,18	0,47	0,83	0,16	0,12
2012	0,07	0,16	0,18	0,31	0,31	0,13	0,77	0,40	0,17	0,48	0,82	0,16	0,13
2013	0,06	0,19	0,19	0,26	0,38	0,14	0,92	0,41	0,21	0,48	0,94	0,16	0,13
2014	0,06	0,17	0,18	0,22	0,34	0,16	0,88	0,32	0,19	0,52	0,74	0,16	0,12
2015	0,07	0,18	0,19	0,26	0,37	0,16	0,84	0,27	0,18	0,47	0,75	0,16	0,12
2016	0,06	0,23	0,19	0,21	0,38	0,17	0,96	0,37	0,20	0,43	0,87	0,15	0,12
2017	0,07	0,20	0,21	0,27	0,38	0,21	0,83	0,43	0,17	0,41	0,87	0,15	0,12
2018	0,08	0,17	0,24	0,18	0,49	0,17	0,74	0,35	0,15	0,42	0,98	0,15	0,12
2019	0,08	0,19	0,27	0,23	0,44	0,16	0,70	0,43	0,16	0,45	0,79	0,14	0,12
2020	0,08	0,20	0,30	0,29	0,57	0,14	0,69	0,46	0,17	0,49	0,89	0,14	0,12
2021	0,09	0,20	0,31	0,22	0,54	0,14	0,61	0,56	0,15	0,49	0,74	0,14	0,13
2022	0,13	0,17	0,42	0,29	0,52	0,16	0,48	0,53	0,10	0,45	0,64	0,12	0,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 5. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Italia

	VAB	Dependencia exterior	IPC	Empleo Femenino	Trabajadores jóvenes	Extranjeros	Salarios	Kcal	Energía	Fertilizante P	Balance N	GEI porcino	Nitratos A.S.
2005	0,18	0,13	0,00	0,34	0,61	0,20	0,41	0,67	0,12	0,62	0,99	0,23	0,11
2006	0,20	0,14	0,02	0,35	0,68	0,19	0,45	0,78	0,12	0,66	0,92	0,23	0,12

2007	0,18	0,15	0,06	0,35	0,59	0,20	0,46	0,76	0,11	0,66	0,89	0,22	0,12
2008	0,20	0,16	0,12	0,37	0,50	0,23	0,44	0,75	0,10	0,66	0,99	0,22	0,15
2009	0,18	0,16	0,15	0,30	0,48	0,31	0,48	0,77	0,12	0,69	0,99	0,22	0,18
2010	0,19	0,18	0,15	0,30	0,47	0,34	0,51	0,95	0,11	0,70	1,00	0,21	0,10
2011	0,21	0,20	0,18	0,31	0,43	0,42	0,47	0,94	0,10	0,72	0,99	0,23	0,14
2012	0,22	0,19	0,22	0,29	0,42	0,46	0,48	0,91	0,09	0,78	0,99	0,21	0,13
2013	0,25	0,18	0,25	0,26	0,40	0,48	0,43	0,93	0,08	0,71	0,96	0,20	0,14
2014	0,22	0,19	0,25	0,24	0,41	0,54	0,50	0,71	0,09	0,74	1,00	0,28	0,16
2015	0,24	0,19	0,26	0,21	0,43	0,59	0,50	0,72	0,09	0,75	0,95	0,24	0,16
2016	0,22	0,20	0,27	0,21	0,45	0,63	0,56	0,73	0,09	0,74	0,97	0,22	0,14
2017	0,23	0,20	0,29	0,16	0,45	0,64	0,55	0,74	0,09	0,72	0,88	0,24	0,13
2018	0,23	0,20	0,31	0,19	0,42	0,65	0,57	0,73	0,09	0,74	0,85	0,23	0,12
2019	0,22	0,20	0,32	0,15	0,43	0,66	0,58	0,88	0,09	0,70	0,89	0,24	0,12
2020	0,22	0,21	0,35	0,12	0,38	0,66	0,62	0,97	0,10	0,72	0,88	0,29	0,12
2021	0,23	0,23	0,35	0,12	0,31	0,67	0,61	1,00	0,10	0,72	1,00	0,26	0,12
2022	0,27	0,27	0,50	0,14	0,44	0,65	0,57	0,97	0,08	0,68	0,99	0,31	0,13

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 6. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Países Bajos

	VAB	Dependencia exterior	IPC	Empleo Femenino	Trabajadores jóvenes	Extranjeros	Salarios	Kcal	Energía	Fertilizante P	Balance N	GEI porcino	Nitratos A.S.
2005	0,57	0,47	0,00	0,18	1,00	0,08	0,51	0,07	0,56	0,95	0,00	0,33	0,09
2006	0,65	0,45	0,02	0,16	0,92	0,08	0,46	0,04	0,43	1,00	0,00	0,33	0,08
2007	0,65	0,56	0,04	0,11	0,84	0,09	0,50	0,06	0,44	0,69	0,00	0,32	0,08
2008	0,59	0,71	0,11	0,15	0,75	0,09	0,56	0,05	0,48	0,44	0,00	0,31	0,07
2009	0,54	0,69	0,12	0,19	0,70	0,08	0,63	0,05	0,53	0,02	0,01	0,33	0,08
2010	0,66	0,66	0,12	0,19	0,68	0,09	0,52	0,09	0,52	0,58	0,00	0,31	0,07
2011	0,60	0,85	0,15	0,19	0,71	0,10	0,60	0,09	0,51	0,16	0,01	0,29	0,06
2012	0,65	0,79	0,18	0,19	0,71	0,10	0,56	0,13	0,49	0,07	0,01	0,27	0,06
2013	0,73	0,73	0,21	0,15	0,64	0,20	0,51	0,15	0,43	0,02	0,02	0,27	0,05
2014	0,72	0,71	0,21	0,18	0,58	0,13	0,51	0,16	0,40	0,14	0,02	0,24	0,04
2015	0,74	0,80	0,22	0,27	0,46	0,03	0,49	0,25	0,42	0,00	0,00	0,23	0,02
2016	0,81	0,86	0,23	0,20	0,57	0,09	0,47	0,21	0,39	0,15	0,00	0,22	0,06
2017	0,91	0,81	0,27	0,25	0,51	0,13	0,44	0,23	0,35	0,11	0,01	0,23	0,04
2018	0,83	0,89	0,28	0,21	0,49	0,13	0,52	0,28	0,42	0,10	0,01	0,22	0,05
2019	0,88	0,90	0,34	0,30	0,61	0,10	0,51	0,51	0,39	0,08	0,02	0,20	0,06
2020	0,86	0,94	0,37	0,21	0,64	0,07	0,56	0,59	0,39	0,14	0,00	0,18	0,14

2021	0,89	0,97	0,37	0,30	0,88	0,25	0,56	0,64	0,37	0,14	0,02	0,15	0,06
2022	1,00	1,00	0,54	0,31	0,76	0,25	0,52	0,64	0,24	0,09	0,06	0,15	0,06

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 7. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Polonia

	VAB	Dependencia exterior	IPC	Empleo Femenino	Trabajadores jóvenes	Extranjeros	Salarios	Kcal	Energía	Fertilizante P	Balance N	GEI porcino	Nitratos A.S.
2005	0,00	0,11	0,00	0,81	0,71	0,00	0,26	0,82	1,00	0,53	0,98	0,09	0,03
2006	0,00	0,12	0,01	0,79	0,71	0,00	0,30	0,26	0,84	0,79	0,89	0,08	0,00
2007	0,02	0,13	0,06	0,83	0,65	0,00	0,24	0,26	0,58	0,77	1,00	0,07	0,05
2008	0,02	0,16	0,14	0,87	0,59	0,00	0,32	0,23	0,61	0,87	0,97	0,05	0,05
2009	0,01	0,14	0,20	0,89	0,57	0,00	0,33	0,36	0,70	0,66	0,90	0,07	0,08
2010	0,02	0,16	0,23	0,83	0,59	0,00	0,25	0,30	0,62	0,69	1,00	0,06	0,09
2011	0,03	0,17	0,31	0,79	0,56	0,00	0,25	0,35	0,53	0,83	1,00	0,03	0,05
2012	0,03	0,18	0,37	0,77	0,54	0,00	0,28	0,31	0,54	0,74	0,98	0,01	0,04
2013	0,04	0,17	0,40	0,73	0,50	0,00	0,22	0,22	0,47	0,76	0,97	0,02	0,04
2014	0,03	0,19	0,39	0,71	0,48	0,00	0,27	0,24	0,48	0,66	0,60	0,01	0,05
2015	0,02	0,23	0,36	0,72	0,48	0,00	0,33	0,17	0,54	0,56	0,98	0,01	0,05
2016	0,03	0,23	0,37	0,70	0,46	0,00	0,31	0,29	0,55	0,63	0,98	0,00	0,06
2017	0,05	0,21	0,43	0,67	0,45	0,01	0,23	0,37	0,45	0,67	0,91	0,01	0,06

2018	0,04	0,24	0,47	0,69	0,45	0,01	0,26	0,42	0,53	0,65	0,99	0,01	0,04
2019	0,04	0,24	0,55	0,69	0,39	0,00	0,27	0,44	0,49	0,66	0,97	0,01	0,03
2020	0,05	0,23	0,63	0,65	0,41	0,00	0,25	0,54	0,46	0,69	0,58	0,02	0,03
2021	0,04	0,27	0,68	0,60	0,40	0,01	0,39	0,63	0,48	0,69	0,48	0,01	0,04
2022	0,09	0,24	0,96	0,62	0,43	0,00	0,25	0,73	0,26	0,59	0,31	0,01	0,04

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 8. Valores normalizados de los indicadores empleados en la construcción del ICS en Rumanía

	VAB	Dependencia exterior	IPC	Empleo Femenino	Trabajadores jóvenes	Extranjeros	Salarios	Kcal	Energía	Fertilizante P	Balance N	GEI porcino	Nitratos A.S.
2005	0,00	0,00	0,00	0,95	0,74	0,00	0,48	0,36	0,00	0,20	0,36	0,32	0,12
2006	0,01	0,00	0,05	0,96	0,74	0,00	0,51	0,39	0,00	0,06	0,51	0,36	0,10
2007	0,01	0,05	0,09	0,99	0,67	0,01	0,14	0,29	0,01	0,10	0,96	0,31	0,07
2008	0,03	0,04	0,22	1,00	0,62	0,00	0,02	0,32	0,00	0,10	0,62	0,32	0,09
2009	0,01	0,04	0,26	0,99	0,62	0,00	0,00	0,31	0,03	0,09	0,80	0,75	0,11
2010	0,00	0,07	0,30	0,93	0,56	0,00	0,06	0,31	0,05	0,15	0,68	0,63	0,09
2011	0,02	0,06	0,39	0,99	0,56	0,00	0,02	0,36	0,04	0,17	0,59	0,52	0,07
2012	0,00	0,11	0,42	0,94	0,57	0,00	0,09	0,26	0,08	0,13	1,00	0,46	0,08
2013	0,01	0,08	0,48	0,92	0,54	0,00	0,05	0,37	0,05	0,14	0,53	0,40	0,08
2014	0,01	0,10	0,46	0,90	0,53	0,00	0,10	0,46	0,05	0,15	0,42	0,35	0,07

2015	0,00	0,15	0,40	0,82	0,59	0,00	0,18	0,56	0,07	0,20	0,84	0,33	0,10
2016	0,00	0,17	0,36	0,78	0,56	0,00	0,22	0,65	0,07	0,19	0,71	0,30	0,07
2017	0,01	0,15	0,40	0,80	0,51	0,00	0,22	0,68	0,06	0,25	0,30	0,28	0,10
2018	0,02	0,13	0,46	0,81	0,49	0,00	0,30	0,73	0,06	0,39	0,17	0,20	0,09
2019	0,02	0,14	0,56	0,80	0,51	0,00	0,32	0,73	0,06	0,41	0,19	0,21	0,09
2020	0,01	0,20	0,64	0,76	0,51	0,00	0,40	0,72	0,07	0,40	0,97	0,22	0,08
2021	0,04	0,15	0,69	0,42	0,58	0,01	0,25	0,68	0,04	0,56	0,41	0,23	0,09
2022	0,03	0,24	1,00	0,42	0,65	0,01	0,34	0,69	0,05	0,46	0,93	0,25	0,10

Fuente: Elaboración propia