



Determinantes de las emisiones de CO₂ en los países mediterráneos

Autores y e-mail de la persona de contacto:

Lucas Andreu Dossantos

Aurelia Bengochea Morancho, e-mail: bengoche@uji.es

Departamento: Departament d'Economia

Universidad: Universitat Jaume I

Área Temática: Energía, sostenibilidad, recursos naturales y medio ambiente

Resumen: (*máximo 300 palabras*)

En este trabajo se analiza la relación existente entre las emisiones de CO₂ en 25 países pertenecientes a la Unión para el Mediterráneo y las siguientes variables: crecimiento demográfico, renta per cápita y estructura productiva. La muestra comprende datos del periodo 2009-2014. Los resultados muestran importantes disparidades entre países pero, en general, se observa que el impacto de las variables explicativas consideradas en las emisiones de CO₂ es menor en los países miembros de la UE que en los países candidatos a adherirse y en los pertenecientes a África y a Oriente Medio. En lo que se refiere a crecimiento demográfico, no se han encontrado grandes diferencias entre todo el conjunto de países. Sin embargo, en la renta per cápita y la intensidad energética, los países más desarrollados han mostrado un impacto significativamente menor que los que se encuentran en fase de desarrollo.

Palabras Clave: emisiones de CO₂, ecuación IPAT, países mediterráneos, datos de panel.

Clasificación JEL: Q56, C33

1. Introducción

Cualquier actividad humana genera en mayor o menor medida cierto impacto ambiental. La actividad económica crea riqueza pero frecuentemente va acompañada de efectos negativos para el medioambiente. Desde la Revolución Industrial se ha producido un aumento de las emisiones de gases causantes del efecto invernadero (GEI) que han provocado alteraciones en el clima y desastres naturales con las consiguientes pérdidas humanas y económicas. Según datos del Programa Ambiental de Naciones Unidas, el dióxido de carbono (CO₂) ya representaba en la década de los noventa más del 80% del total de gases causantes del efecto invernadero en los países desarrollados (UNEP, Annual Evaluation Report 1999). Dicho porcentaje se mantiene actualmente y es compartido por los países emergentes como India y China. El 5º Informe del IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático) advierte de los riesgos que supone el aumento de GEI por sus impactos irreversibles en el clima, la gente y los ecosistemas (UNFCCC, 2014). Con el fin de reducir estas emisiones se firmó en 1997 el Protocolo de Kioto cuyos objetivos se encuentran actualmente en proceso de revisión.

El objetivo de este trabajo es analizar la relación existente entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico y demográfico en los países mediterráneos. Su interés reside en la importancia que tiene actualmente el control de las emisiones de GEI ya que los plazos para cumplir el Protocolo de Kioto finalizaron en 2012 y se están debatiendo posibles acuerdos para ser negociados en la próxima cumbre de París en diciembre de 2015.

Con el objetivo de formular un análisis que incluya de forma ordenada y lógica los aspectos cruciales que influyen en las emisiones de CO₂, se ha tomado como punto de partida la ecuación IPAT. Dicha ecuación fue propuesta por Ehrlich y Holdren en 1971 y reformulada posteriormente por Dietz y Rosa en 1997. La ecuación IPAT relaciona el impacto ambiental con tres variables: población, renta y tecnología perjudicial para el medioambiente.

La muestra está formada por un conjunto de 25 países pertenecientes a la llamada Unión para el Mediterráneo. Esta es una estructura política de reciente creación que reúne países de la Unión Europea (UE), países de la ribera sur del Mediterráneo y algunos cercanos a este mar. Cuenta con un total de 43 países, 28 de ellos miembros de la UE.

Además, la Liga Árabe consta como organismo asociado y sus delegados participan en todas las reuniones.

Este trabajo investiga el posible impacto medioambiental que se ha podido derivar del crecimiento económico que los países ribereños del Mediterráneo han experimentado en los últimos años y de su evolución demográfica. Su estructura es como sigue: tras esta sección introductoria y una breve reseña sobre la historia y composición de la Unión para el Mediterráneo (apartado 2), se presenta el marco teórico del estudio (apartado 3) para seguir con la metodología empleada y las fuentes de datos utilizadas (apartado 4). El quinto apartado muestra el análisis empírico realizado y en el sexto se discuten los resultados obtenidos. Finalmente, se exponen las principales conclusiones extraídas de la investigación.

2. Breve reseña sobre la Unión para el Mediterráneo

El origen de esta organización tuvo lugar hace veinte años, con la Conferencia de Barcelona de 1995, donde se reunieron los representantes de los entonces 15 miembros de la UE con los representantes de cinco países candidatos y nueve estados ribereños. Esta fecha marcó el inicio del Proceso de Barcelona, también llamado Asociación Euromediterránea, una propuesta que pretendía establecer lazos más fuertes en cuanto a las relaciones políticas, económicas y culturales de las partes. Aunque no se alcanzaron resultados concretos y no incidió en la resolución de los conflictos armados de la región, la Asociación Euromediterránea constituyó un marco de acuerdos bilaterales entre la UE y los estados de la ribera sur del Mediterráneo que son miembros del proceso. Posteriormente, en 2008, la UE acordó formar parte de la iniciativa, que pasó a denominarse “Unión para el Mediterráneo”.

Desde 2011, el organismo se centra en seis áreas prioritarias: la descontaminación del Mar Mediterráneo, la planificación de carreteras y rutas de navegación, la protección civil, los planes de estudio universitarios y de investigación (mediante la Universidad Euromediterránea), la Iniciativa de Negocios Mediterráneos y las energías alternativas, que es el área más relacionada con este estudio. Cabe señalar que actualmente no existe ninguna normativa común que afecte directamente a todos los países que forman este organismo, más allá de las políticas ambientales que llevan a cabo individualmente o las que han debido adoptar por pertenecer a otros organismos como la UE.

La Unión para el Mediterráneo, como se ha explicado anteriormente, está formada por estados europeos, norteafricanos y de Oriente Medio, con las diferencias culturales, económicas y gubernamentales que ello conlleva. Debido a su reciente creación y a que sus diferentes miembros pertenecen a su vez a otros organismos internacionales (UE, Liga Árabe...), no existen programas ambientales uniformes para todos ellos. Los países europeos pertenecientes a esta Unión sí que comparten objetivos comunes puesto que la UE tiene la reducción de emisiones entre sus objetivos prioritarios y los estados miembros tienen fijados unos techos de emisión. Sin embargo, dichas limitaciones no existen en los países orientales ni africanos integrados en la Unión. Esto plantea la cuestión de qué factores son los realmente relevantes para controlar las emisiones de efecto invernadero con vistas a determinar adecuadamente una posible cuota de emisiones.

3. Marco Teórico

El marco teórico de referencia para nuestra investigación ha sido la ecuación IPAT propuesta por Ehrlich y Holdren (1971) que representa el impacto ambiental (I) como el producto de tres variables: la población (P); la riqueza per cápita (A); y el nivel de tecnología perjudicial para el medio ambiente (T).

$$I = P \times A \times T \quad [1]$$

Son varios los autores que han propuesto distintas versiones sobre ella, como es el caso de Commoner (1972), Dietz y Rosa (1997), Schulze (2002), Roca (2002) y York et al. (2003). Commoner (1972) reinterpreto el modelo en términos de contaminación:

$$\text{Pollution} = \text{population} \times \frac{\text{goods}}{\text{population}} \times \frac{\text{pollutants}}{\text{goods}} \quad [2]$$

Según este modelo la contaminación estaba determinada por tres factores: la población total, la cantidad de bienes consumidos per cápita y la cantidad de contaminación generada por unidad de bien producido. Schulze (2002) sugirió modificar I=PAT por I=PBAT, donde *B* recoge las pautas de comportamiento, ya que es lógico pensar que éstas son un factor clave para el impacto medioambiental. Roca (2002) destacó la dificultad de cuantificar esta nueva variable y propuso una reformulación de la identidad

IPAT en la cual el impacto ambiental vendría explicado por cuatro variables: la población, el PIB per cápita, la estructura de la demanda agregada (relacionada con el estilo de vida) y los coeficientes de emisión (que reflejarían el estado de la tecnología).

Dietz y Rosa (1997) formularon una versión estocástica de la ecuación IPAT, utilizando variables representativas de la población, la riqueza y el nivel tecnológico. Estos autores designaron su modelo con el término STIRPAT (Stochastic Impacts by Regresión on Population, Affluence and Technology). La formulación viene dada por la siguiente ecuación:

$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i \quad [3]$$

donde I , P , A y T son las variables anteriormente definidas, a , b , c y d son parámetros a estimar y e representa la perturbación aleatoria. Estos mismos autores, junto a Richard York, modificaron su formulación introduciendo nuevas variables explicativas y el concepto de elasticidad ecológica para medir el impacto sobre las emisiones de CO₂ y sobre la huella energética de otros factores adicionales a los anteriormente mencionados (York et al., 2003).

El modelo STIRPAT ha sido también el marco teórico de estudios más recientes como los de Liddle (2011), que examinó el impacto provocado por el transporte y el consumo de electricidad residencial de diferentes colectivos segmentados según tramos de edad, y Liddle (2014) que partiendo de la ecuación básica añadió al modelo la estructura demográfica, el tamaño de los hogares, la urbanización y la densidad de población. Siguiendo la misma línea, Zhao *et al.* (2014) analizaron los factores clave del cambio en la agricultura china en la primera década del siglo XXI. También Wenhui y Da Costa (2014), han usado la ecuación STIRPAT junto al índice de Gini, para analizar la evolución de la desigualdad del PIB per cápita y de emisiones de CO₂ en la Unión Europea.

4. Metodología y fuentes de datos

En este trabajo se utiliza el modelo STIRPAT para analizar los determinantes de las emisiones de CO₂ en los países ribereños del Mediterráneo. Partiendo del modelo

formulado por Dietz y Rosa (1997), se toman logaritmos en la ecuación [3] de forma que el modelo se linealiza y permite interpretar directamente los coeficientes de las variables explicativas como elasticidades:

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 (\ln P_{it}) + \beta_2 (\ln A_{it}) + \beta_3 (\ln T_{it}) + \delta_i + \epsilon_{it} \quad [4]$$

El subíndice i indica los diferentes países y t los diferentes años. I es la cantidad de emisiones de CO₂ en toneladas, P representa la población total de cada país, A contiene el Producto Nacional Bruto per cápita a precios corrientes. T mide la intensidad energética, siendo esta el consumo energético por unidad de PIB generado, medido en toneladas equivalentes de petróleo. Por último, δ capta los efectos individuales de cada país y e es el término de error.

La técnica utilizada ha sido la econometría de datos de panel. La ecuación [4] se ha estimado para el total de la muestra y para distintos subconjuntos de países según su continente geográfico (Europa, Asia y África). Esta segregación resulta lógica teniendo en cuenta la disparidad de los países en cuanto a su riqueza, población, su estado de desarrollo y nivel de conflictos bélicos. Debido a que en la submuestra de países europeos hay algunos que no forman parte de la Unión Europea, se han llevado a cabo otros dos análisis separando estos países en dos grupos, dependiendo de su pertenencia o no a la UE.

Los países que forman la muestra son: Albania, Argelia, Bosnia, Croacia, Chipre, Egipto, Francia, Macedonia, Grecia, Israel, Italia, Jordania, Líbano, Libia, Malta, Montenegro, Marruecos, Palestina, Portugal, Serbia, Eslovenia, España, Siria, Túnez y Turquía. Todos ellos son países dispares en cuanto a población, economía o política. Los datos utilizados proceden mayoritariamente de las distintas publicaciones anuales del Instituto Europeo Mediterráneo, desde 2009 a 2014. Los datos sobre la energía consumida en los periodos de 2011-2012 proceden del Banco Mundial (World Development Indicators). Para contrastar ambas fuentes también se han utilizado diferentes informes publicados por Eurostat, la Agencia Internacional de la Energía (Energy Outlook) y BP Statical Review of World Energy. Aun así, ha habido dificultades para recopilar datos de Palestina, Israel y Macedonia, ya que por sus

características y peculiar situación no tienen datos disponibles para todo el periodo analizado.

5. Análisis empírico

5.1. Análisis descriptivo de los datos

La tabla 1 presenta los valores medios de las variables consideradas en este análisis. Puede observarse que al tratarse de países muy dispares, las diferencias en las magnitudes analizadas son notables. El rango del PIB per cápita va desde los 2.800 euros de Marruecos hasta los 42.000 de Francia. Asimismo, se observan contrastes importantes en la intensidad energética, siendo ésta significativamente menor en los países miembros de la Unión Europea, al igual que en Chipre e Israel. En cuanto a las emisiones, en términos absolutos destacan Italia, Francia, Italia, Turquía y España. Si se toma como referencia las emisiones per cápita, la media del conjunto se sitúa en 4,8 toneladas anuales de CO₂ por habitante. Los países con valores más altos son Israel, Chipre, Grecia y Eslovenia. Los de valores más bajos son Albania, Marruecos, Egipto y Túnez. El gráfico 1 muestra las emisiones de cada grupo de países en el periodo analizado y el gráfico 2 las emisiones per cápita de cada país.

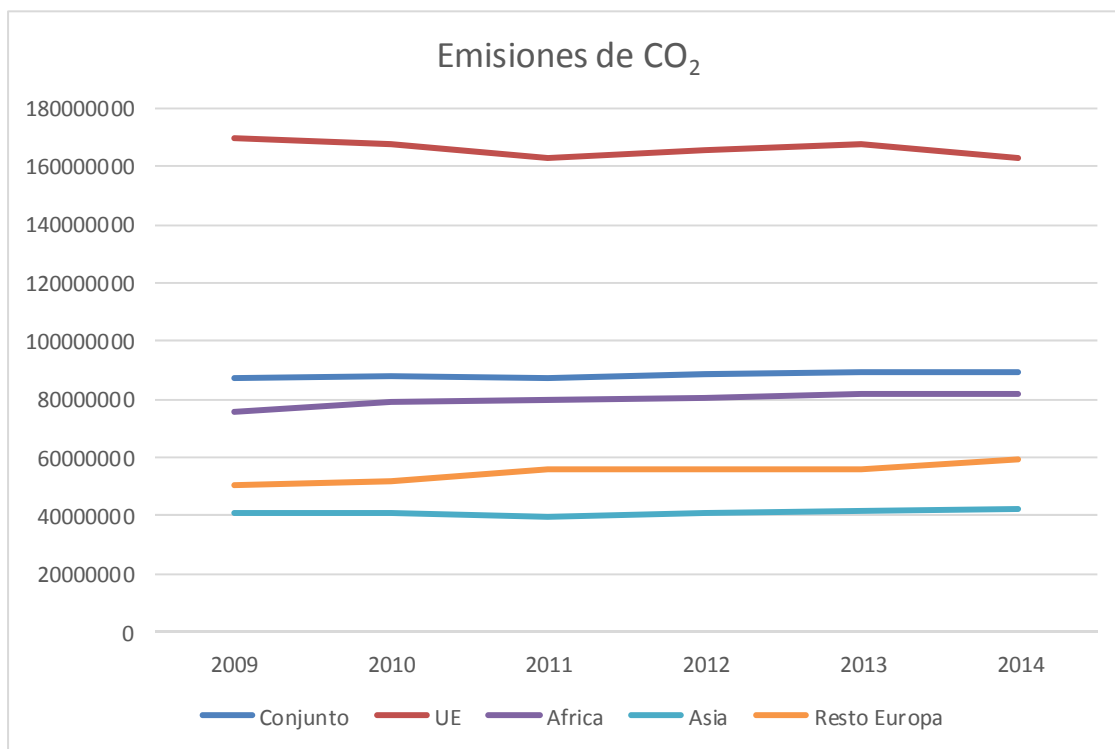
Se puede observar como los países más desarrollados de Europa son los que más toneladas de CO₂ emiten por ser los más industrializados, además de contar con mayor población, aunque sus emisiones han ido disminuyendo en los últimos años como reflejo de la crisis económica. También se aprecia que las emisiones de los países europeos con menor peso económico, sin embargo, tienden al alza año tras año. Esto puede ser debido a su incorporación más reciente a la Unión Europea, ya que conlleva un aumento de su riqueza y de su grado de industrialización. Por su parte, los países africanos y orientales muestran cifras estables a lo largo de los últimos años, quizá fruto del estancamiento económico que padecen, puesto que no han experimentado ningún cambio estructural significativo en los últimos años.

Tabla 1: Valores medios de las variables (2009-2014)

| | Emisiones de CO2 (miles de toneladas anuales) | Población (en miles) | PIB per cápita (dólares anuales) | Intensidad Energética (Tep por unidad de PIB) |
|------------|--|-------------------------|-------------------------------------|--|
| Francia | 341.654 | 63.167 | 42.197 | 0,0961 |
| Grecia | 85.048 | 11.283 | 25.240 | 0,0942 |
| Italia | 396.283 | 60.600 | 34.617 | 0,0787 |
| Malta | 2.452 | 400 | 21.517 | 0,0991 |
| Portugal | 48.896 | 10.683 | 21.250 | 0,1017 |
| Eslovenia | 15.248 | 2.017 | 23.758 | 0,1498 |
| España | 273.428 | 46.133 | 30.631 | 0,0894 |
| Albania | 3.467 | 3.200 | 3.830 | 0,1696 |
| Bosnia | 20.600 | 3.800 | 4.549 | 0,3672 |
| Croacia | 49.793 | 15.771 | 8.717 | 0,2328 |
| Chipre | 8.227 | 1.033 | 23.445 | 0,1018 |
| Montenegro | 2.220 | 600 | 7.041 | 0,2500 |
| Serbia | 54.193 | 9.800 | 4.153 | 0,3915 |
| Turquía | 276.056 | 74.533 | 10.008 | 0,1491 |
| Argelia | 104.286 | 36.620 | 5.271 | 0,2200 |
| Egipto | 183.605 | 83.117 | 2.814 | 0,3306 |
| Libia | 44.418 | 6.417 | 9.319 | 0,3461 |
| Marruecos | 47.310 | 32.433 | 2.946 | 0,1724 |
| Túnez | 21.676 | 10.600 | 4.201 | 0,2141 |
| Israel | 67.214 | 7.500 | 31.399 | 0,1025 |
| Jordania | 20.343 | 6.550 | 4.394 | 0,2579 |
| Líbano | 19.112 | 4.350 | 8.718 | 0,1800 |
| Palestina | NO DATA | 4.267 | NO DATA | NO DATA |

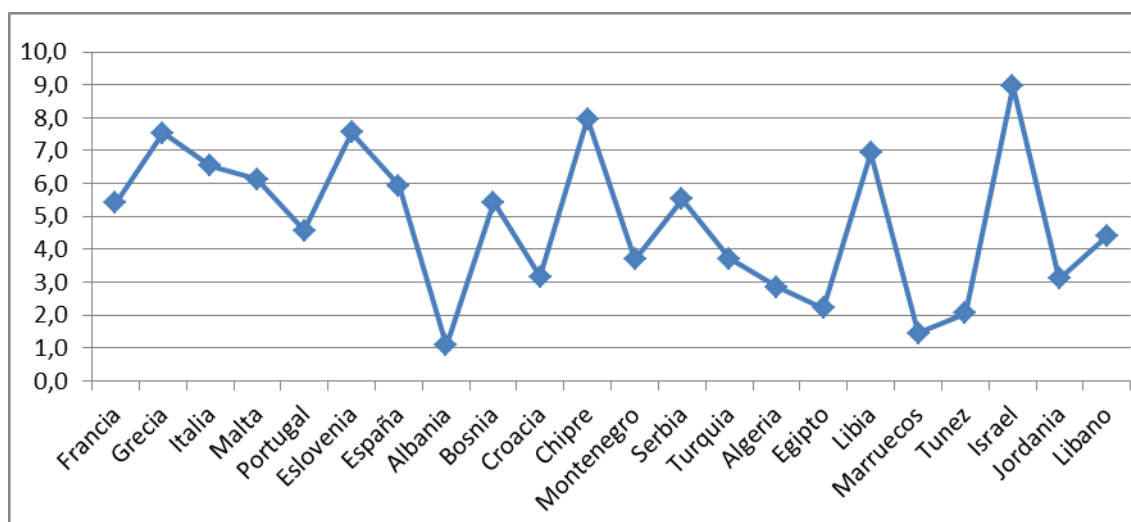
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Emisiones totales de CO2 por grupos de países (toneladas anuales)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Emisiones de CO2 per cápita (toneladas por habitante)



Fuente: Elaboración propia

5.2. Estimación de la ecuación IPAT

La ecuación [4] se ha estimado utilizando distintos métodos: mínimos cuadrados ordinarios con término constante (OLS), mínimos cuadrados generalizados (GLS), efectos fijos (FE) y efectos aleatorios (RE). Los resultados se muestran en la Tabla 2. La primera columna corresponde a MCO y la segunda, a MCG. La tercera y cuarta columna muestran los resultados correspondientes al estimador de efectos fijos y efectos aleatorios respectivamente.

Para contrastar la hipótesis de no significatividad de efectos individuales se ha aplicado el test de Wald. Dado que su resultado lleva a rechazar la hipótesis nula, no podemos aceptar que todos los países compartan el mismo término constante (OLS), es decir, cada país parte de un nivel distinto de emisiones. Asimismo, se ha realizado el contraste de Breusch-Pagan para contrastar si la varianza del término de error es significativamente distinta de 0. Dicha hipótesis no se puede rechazar (su p-valor es menor de 0,05) lo que nos lleva a descartar la estimación por mínimos cuadrados generalizados y apostar por un modelo de efectos fijos o de efectos aleatorios. A tal fin, se ha realizado el test de Hausman, que contrasta la ortogonalidad entre los efectos aleatorios y los regresores. Dado que su p-valor es menor que 0,05, concluimos que existen efectos aleatorios.

Como puede observarse en la tabla 2, la significación conjunta es alta en todos los modelos estimados y los coeficientes tienen los signos esperados: un aumento de la población o de la renta per cápita o de la intensidad energética se traduce en mayores emisiones de CO₂. Las tres variables explicativas se muestran estadísticamente significativas, salvo en el modelo de efectos fijos donde solo lo es la renta.

Dado que la muestra contiene países muy dispares, con estructura productiva, costumbres y políticas muy diferentes, se han reagrupado en submuestras ajustadas a territorios más concretos. Con esta finalidad se han efectuado los siguientes grupos:

- 1) Países mediterráneos europeos. Integrados en la UE: Francia, Grecia, Italia, Malta, Portugal, Eslovenia, España (UE). No integrados en la UE: Albania, Bosnia, Croacia, Chipre, Serbia, Montenegro y Turquía.
- 2) Países africanos: Argelia, Egipto, Libia, Marruecos y Túnez.
- 3) Países asiáticos (Oriente Medio): Israel, Jordania, Líbano, Palestina y Siria.

Tabla 2: Determinantes de las emisiones de CO2 (toda la muestra)

| | OLS | GLS | FE | RE |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| CONSTANT | -5,0502 *** (1,26) | -4,4359 *** (0,23) | 11,2528 *** (4,31) | -2,6261 *** (0,76) |
| LN_P | 0,9663 *** (0,03) | 0,9543 *** (0,01) | 0,2749 (0,24) | 0,9392 *** (0,03) |
| LN_A | 0,9599 *** (0,13) | 0,8963 *** (0,02) | 0,2022 * (0,11) | 0,6311 *** (0,07) |
| LN_T | 1,0235 *** (0,20) | 0,9235 *** (0,04) | 0,0384 (0,11) | 0,4338 *** (0,09) |
| R ² | 0,98 | 0,99 | 0,99 | |
| S.E. REGR. | 0,2094 | 0,9802 | 0,0479 | 0,2372 |
| WALD | $\chi^2(24)=1,6e+26$ | | | |
| Breusch-Pagan | $\chi^2(1)=93,24$ | | | |
| P. VALUE | 0,000 | | | |
| HAUSMAN | $\chi^2(3)=34,189$ | | | |
| P. VALUE | 0,000 | | | |

Significatividad: *** 1% ** 5% * 10%. Desviación típica entre paréntesis.

5.2.1. Países mediterráneos europeos

Para este grupo se han realizado tres estimaciones. Primeramente se han incluido todos los países (Tabla 3), y posteriormente se han analizado por separado dos grupos: los estados que pertenecen a la Unión Europea (Tabla 4) y aquellos países que, o bien hace relativamente poco que se han incorporado a la UE, o son países candidatos para entrar en ella en los próximos años (Tabla 5). Pensamos que realizar esta segregación tiene sentido puesto que en la Unión Europea la normativa ambiental es más estricta y sus países tienen un nivel mayor de riqueza, por lo que no tener en cuenta estas diferencias podría introducir un sesgo importante en los resultados.

Los datos de la Tabla 3 muestran que el comportamiento de los países europeos no presenta grandes diferencias respecto al observado para el conjunto de la Unión del Mediterráneo, si bien los coeficientes estimados indican que en estos países, tanto un aumento de la población, como del PIB o de la intensidad energética, tienen un mayor impacto medioambiental. Aunque las diferencias no sean excesivamente grandes, este hecho puede resultar en principio algo extraño, dado que en la UE se tienen políticas

ambientales menos laxas que en los países orientales o los pertenecientes a la Liga Árabe. La explicación reside en que este grupo de países incluye tanto los estados pertenecientes a la UE-15 como los de nueva incorporación, en los que es posible que las políticas que se han visto obligados a adoptar aún no hayan tenido un gran efecto, y también se encuentran en la muestra países candidatos a la UE, con unas políticas menos severas en cuanto a la protección del medioambiente.

La Tabla 4 muestra los resultados para los países europeos que pertenecen al llamado EU-15. Estos son Francia, Grecia, Italia, Malta, Portugal, Eslovenia y España. El contraste de Breusch-Pagan indica que la varianza del error no es significativamente distinta de 0. El test de Hausman corrobora que el mejor método para estimar los coeficientes es el de efectos aleatorios. Los resultados obtenidos parecen confirmar la hipótesis planteada anteriormente: que el mayor impacto sobre el medioambiente en la Unión Europea se puede deber a que las políticas ambientales en los países recién incorporados todavía no han causado el efecto deseado. El efecto de la población sobre las emisiones es similar al obtenido en los casos anteriores, con una elasticidad cercana a la unidad (las emisiones aumentan un 0,95% cuando la población aumenta un 1%). En cambio, el impacto que tiene el PIB per cápita es mucho menor: las emisiones aumentan un 0,39% cuando este aumenta un 1%. Un resultado similar se encuentra en la intensidad energética, que eleva las emisiones un 0,42% cuando esta aumenta un punto porcentual. Estos resultados, pueden indicar que las políticas medioambientales que lleva a cabo la Unión Europea son efectivas, o al menos más adecuadas que las del resto de países que forman la Unión para el Mediterráneo.

La tabla 5 muestra resultados para el grupo de países europeos que no pertenecen a la Unión Europea: Albania, Bosnia, Croacia, Chipre, Serbia, Montenegro y Turquía. Los tests aplicados revelan que el modelo más adecuado en este caso es el de mínimos cuadrados generalizados, en el que todas sus variables vuelven a ser, tanto independientemente como de manera conjunta, significativas al 1%. Un aumento de la población de un 1% incrementa un 1,02% la emisión de CO₂, que va en concordancia con los análisis anteriores. Sin embargo, un aumento del 1% en el PIB per cápita aumenta las emisiones un 1,41% y un aumento del 1% en la intensidad energética lo aumentaría en media un 1,63%. Es decir, la influencia de las variables explicativas consideradas en las emisiones de CO₂ es mayor en este grupo de países. Esto reforzaría

la tesis anteriormente expuesta de que las políticas ambientales tienen un efecto a medio-largo plazo que estos países todavía no han podido captar o, en el caso de países candidatos a la UE, reflejaría la ausencia de medidas efectivas contra la emisión de gases.

Tabla 3: Determinantes de las emisiones de CO2 (países europeos)

| | OLS | GLS | FE | RE |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| CONST | -5,3949 *** (1,81) | -5,0417 *** (0,55) | 11,0706 (8,20) | -2,6131 ** (1,01) |
| LN_P | 0,9614 *** (0,03) | 0,9790 *** (0,01) | 0,2689 (0,44) | 0,9533 *** (0,04) |
| LN_A | 1,0195 *** (0,23) | 0,9466 *** (0,08) | 0,2079 (0,22) | 0,5931 *** (0,11) |
| LN_T | 1,1142 *** (0,32) | 1,0742 *** (0,12) | 0,0019 (0,17) | 0,3766 ** (0,14) |
| R ² | 0,98 | 0,99 | 0,99 | |
| S.E. REGR. | 0,2496 | 1,0058 | 0,0715 | 0,3074 |
| WALD | $\chi^2(15)=1,04e+28$ | | | |
| B-P | $\chi^2(1)=63,367$ | | | |
| P. VALUE | 0,0000 | | | |
| HAUSMAN | $\chi^2(3)=15,408$ | | | |
| P. VALUE | 0,0014 | | | |

Significatividad: *** 1% ** 5% * 10%. Desviación típica entre paréntesis.

Tabla 4: Determinantes de las emisiones de CO2 (países europeos de la UE-15)

| | OLS | GLS | FE | RE |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| CONST | -0,2178 (3,72) | -0,6942 (1,39) | 24,4705 (14,30) | -0,4751 (1,27) |
| LN_P | 0,9517 *** (0,04) | 0,9641 *** (0,01) | -0,5082 (0,83) | 0,9512 *** (0,04) |
| LN_A | 0,3210 (0,44) | 0,3863 ** (0,16) | 0,2468 (0,17) | 0,3977 *** (0,13) |
| LN_T | 0,1985 (0,22) | 0,3640 *** (0,10) | 0,3237 (0,20) | 0,4239 ** (0,17) |
| R ² | 0,99 | 0,99 | 0,99 | |
| S.E. REGR. | 0,1634 | 0,9777 | 0,0282 | 0,1651 |
| B-P | $\chi^2(1)=38,805$ | | | |
| P. VALUE | 0,00 | | | |
| HAUSMAN | $\chi^2(3)=4,4325$ | | | |
| P. VALUE | 0,21 | | | |

Tabla 5: Determinantes de las emisiones de CO2 (países europeos no UE-15)

| | OLS | GLS | FE | RE |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| CONST | -9,3001 *** (0,48) | -9,0879 *** (0,61) | 7,2902 (13,16) | -6,6678 *** (1,86) |
| LN_P | 1,0377 *** (0,02) | 1,0263 *** (0,02) | 0,4161 (0,68) | 1,0238 *** (0,06) |
| LN_A | 1,4004 *** (0,08) | 1,4170 *** (0,07) | 0,3289 (0,43) | 1,0157 *** (0,19) |
| LN_T | 1,5291 *** (0,13) | 1,6330 *** (0,09) | -0,0184 (0,26) | 0,8006 *** (0,22) |
| R ² | 0,98 | 0,99 | 0,99 | |
| S.E. REGR. | 0,1974 | 0,9832 | 0,0994 | 0,1651 |
| B-P | | | | $\chi^2(1)=1,6075$ |
| P.VALUE | | | | 0,20 |

5.2.2. Países africanos

La Tabla 6 muestra los resultados para los países ubicados en África; siendo estos Argelia, Egipto, Libia, Marruecos y Túnez, todos ellos pertenecientes a la Liga Árabe. En este caso nos encontramos con unos resultados similares a los obtenidos en el segundo grupo de países de la Unión Europea aunque reflejan una menor influencia de los regresores incluidos. El contraste de Breusch-Pagan y el contraste de Hausman indican que el mejor modelo es el de efectos aleatorios. Todas las variables son estadísticamente significativas al 1%. En el caso del PIB per cápita, un aumento de un 1% incrementa las emisiones un 1,01%. Respecto de la intensidad energética, un aumento de un punto porcentual hace aumentar un 0,81% las emisiones. Un aumento de 1% de la población hace que las emisiones de dióxido de carbono aumenten un 1,02%. En este caso, al contrario que en el análisis anterior, se puede decir que se cumple la tesis malthusiana, que defiende que el impacto medioambiental se debe principalmente al efecto de la población sobre los recursos. Hay que tener en cuenta que estos países tienen un alto índice de pobreza en comparación con los de la Unión Europea y parte de su población no tiene todavía acceso a la electricidad. También están menos industrializados, a excepción de Egipto que cuenta con un alto porcentaje de industria en su estructura productiva, lo que explicaría la mayor influencia de la variable población en las emisiones de CO₂.

Tabla 6: Determinantes de las emisiones de CO₂ (países africanos)

| | OLS | GLS | FE | RE |
|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| CONST | -7,4406 *** (1,34) | -6,8568 *** (0,90) | 8,9965 (11,76) | -6,7880 *** (1,88) |
| LN_P | 1,0522 *** (0,04) | 1,0402 *** (0,03) | 0,1189 (0,69) | 1,0249 *** (0,07) |
| LN_A | 1,0339 *** (0,08) | 0,9920 *** (0,06) | 0,9589 ** (0,32) | 1,0139 *** (0,11) |
| LN_T | 0,8123 *** (0,09) | 0,8388 *** (0,06) | 0,7122 * (0,33) | 0,8195 *** (0,12) |
| R ² | 0,99 | 0,99 | 0,99 | |
| S.E. REGR. | 0,0731 | 1,0892 | 0,0368 | 0,0735 |
| P.VALUE | | | | 0,001 |
| HAUSMAN | | | | $\chi^2(3)=3,0823$ |
| P.VALUE | | | | 0,379 |

5.2.3. Países de Oriente Medio

Este subgrupo es el más dispar en cuanto a las características de los países, ya que algunos pertenecen a la Liga Árabe y otros no tienen datos sobre alguna variable necesaria debido a su condición o a los conflictos en los que se encuentran. Los países de la submuestra son: Israel, Jordania, Líbano, Palestina y Siria.

En este caso, al ser una muestra pequeña, no hay suficientes grados de libertad, por lo que se ha omitido la estimación de efectos aleatorios y se ha considerado que el método más conveniente es el de mínimos cuadrados generalizados (segunda columna de la Tabla 7). Todas sus variables son significativas con un margen de error menor al 1%. Los resultados son muy similares a los de los países africanos. Esta similitud no resulta extraña ya que son países con características muy parecidas a las descritas anteriormente. Cuando la población aumenta un 1%, las emisiones lo hacen en un 0,97%. Cuando el PIB per cápita aumenta un 1%, el CO₂ lo hace en media en un 0,96%, mientras que cuando la intensidad energética se incrementa un 1%, las emisiones lo hacen un 0,88%. Estos datos, al igual que en los países africanos, revelan la importancia de imponer políticas ambientales relativamente estrictas para frenar las emisiones de CO₂, como las que se llevan a cabo en la Unión Europea.

Tabla 7: Determinantes de las emisiones de CO₂ (países de Oriente Medio)

| | OLS | GLS | FE |
|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| CONST | -5,4994 *** (0,21) | -5,3216 *** (0,45) | 11,1238 (8,60) |
| LN_P | 0,9913 *** (0,03) | 0,9739 *** (0,03) | 0,3134 (0,49) |
| LN_A | 0,9427 *** (0,05) | 0,9617 *** (0,08) | 0,1678 (0,33) |
| LN_T | 0,8328 *** (0,13) | 0,8759 *** (0,16) | 0,1605 (0,33) |
| R ² | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| S.E. REGR. | 0,0490 | 1,1266 | 0,0389 |
| WALD | | | $\chi^2(5)=65,9284$ |

Significatividad: *** 1% ** 5% * 10%. Desviación típica entre paréntesis.

La Tabla 8 presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada grupo de países: miembros de la Unión Europea, resto de países de Europa, países africanos, y por último los pertenecientes a Oriente Medio. Los datos muestran la elasticidad estimada de cada variable considerada respecto a las emisiones de CO₂. Los valores son similares a los obtenidos en estudios realizados para otras zonas del mundo. La diferencia más destacada se da en los países mediterráneos pertenecientes a la Unión Europea, donde el impacto de los factores analizados es menor que el correspondiente a los países con menor riqueza donde no se llevan a cabo tantas medidas de protección del medioambiente.

Tabla 8: Determinantes de las emisiones de CO₂ por grupos de países

| | UE | Resto Europa | África | Asia |
|-------------|-----------|-------------------------|---------------|-------------|
| POBLACIÓN | 0,95% | 1,03% | 1,02% | 0,97% |
| PIB P.C. | 0,40% | 1,42% | 1,01% | 0,96% |
| INT. ENERG. | 0,42% | 1,63% | 0,82% | 0,88% |

6. Discusión

Los resultados obtenidos reflejan la necesidad de que los países africanos, asiáticos y los candidatos a formar parte de la Unión Europea, desarrollen políticas destinadas a impulsar el uso de energías más sostenibles tanto en el sector industrial como en el sector del transporte y residencial puesto que en los últimos años las emisiones de CO₂ no han disminuido prácticamente en ninguno de ellos. Dada su relativa pobreza, en comparación con la Unión Europea, no se cree recomendable enfocar sus políticas ambientales reduciendo el crecimiento económico, sino que sería menos perjudicial para su desarrollo económico centrar dichas políticas en la adopción de energías menos dañinas para el medioambiente, principalmente renovables, como energía solar o eólica. De hecho, varios de los países objeto de estudio han suscrito la declaración de Lisboa de 2001 mediante la cual se establecen áreas de trabajo comunes y de cooperación en materia de cambio climático y energías renovables en el Mediterráneo Occidental, con la consiguiente disminución de emisiones de CO₂. Concretamente, son diez países los que participan del acuerdo: Francia, Italia, Malta, Portugal y España (por parte de la UE) y Argelia, Libia, Marruecos, Mauritania y Túnez (de la ribera sur del Mediterráneo). España ha firmado dicha declaración en marzo de 2015 pero las raíces de esta supuesta colaboración se remontan a 1990, cuando se creó el primer foro de cooperación política entre los diez países mencionados situados en las dos orillas del Mediterráneo: "Foro del Mediterráneo occidental", también llamado "Diálogo 5+5" por estar formado por 5 países de la ribera norte y otros 5 países de la ribera sur. No obstante, debido a problemas políticos, el Grupo no reanudó sus reuniones de Ministros de Asuntos Exteriores hasta enero de 2001, fecha en la que se reactivó el proceso con la celebración de una reunión en Lisboa donde los jefes de la diplomacia expresaron la necesidad de alcanzar la estabilidad y la paz en la región y resucitar la Unión del Magreb Árabe. La primera Cumbre de jefes de Estado y de Gobierno del Foro del Mediterráneo occidental se celebró en Túnez, en diciembre de 2003. Los ámbitos sectoriales de cooperación han ido ampliándose progresivamente: Migraciones (2002), Defensa (2004), Turismo (2006), Educación (2009) y Medio Ambiente y Energías Renovables (2010).

Volviendo a los resultados del estudio realizado, resulta llamativo que el impacto sobre las emisiones de CO₂ sea mayor en los países orientales y africanos, a pesar de que el peso del sector industrial en su economía es menor que en la UE y de que, según cifras del

Instituto Europeo del Mediterráneo¹, parte de su población todavía no tenga acceso a la electricidad. Posiblemente este impacto puede reducirse con una legislación adecuada para proteger el medioambiente. Prueba de ello es que en los países más desarrollados de Europa, con economías más prósperas, la influencia de las variables mencionadas en las emisiones de CO₂ es menor, lo cual evidencia que el cuidado del medio ambiente reside no tanto en el aumento del crecimiento económico y en los avances tecnológicos sino en saber compaginarlo con una política ambiental apropiada.

La Unión Europea, desde su creación en 1957 y sobre todo a partir de los años 70, empezó a desarrollar leyes para la protección medioambiental. Poco a poco, se ha ido instaurando un enfoque basado en integrar los aspectos ambientales en otras políticas comunitarias y en fomentar la participación activa de los agentes implicados paralelamente a la adopción de normas medioambientales más estrictas. Se fomenta la información, la investigación y se incentivan económicamente las conductas y actuaciones respetuosas con el medio ambiente. Desde 1972, la Comunidad Económica Europea (inicialmente) y la Unión Europea (después) ha tenido programas específicos de acción para el medio ambiente. Los primeros programas se basaban fundamentalmente en instrumentos normativos pero desde el Quinto Programa (1992-2000) se impulsaron otros instrumentos basados en el mercado y se procuró fomentar el diálogo de la Administración con el mundo empresarial y con los ciudadanos, desde la premisa de que la conservación del entorno y la calidad ambiental concernía a todos. De hecho, el Acta Única Europea de 1987 añadió al Tratado fundacional un artículo específico sobre medio ambiente (Artículo 130R) que abogaba por un crecimiento compatible con la conservación, protección y mejora del medio ambiente y un uso más eficiente de los recursos naturales.

En 1992 (año de la Cumbre de Río sobre desarrollo sostenible), el Tratado de la Unión Europea, conocido también como Tratado de Maastricht, constituyó un paso crucial en el proceso de integración europea pero también mostró la importancia de los aspectos ambientales introduciendo el concepto de «crecimiento sostenible respetuoso con el medio ambiente». Más tarde, el Tratado de Ámsterdam, integró el principio de desarrollo sostenible entre los objetivos de la Unión Europea y situó la protección del medio ambiente entre sus prioridades absolutas.

La UE ha mantenido una postura de liderazgo en las conferencias celebradas para el seguimiento del Protocolo de Kioto, impulsando la fijación de objetivos de reducción

¹ Instituto Europeo del Mediterráneo: IEMed Mediterranean Yearbook 2014.

más ambiciosos y poniendo en marcha los mecanismos previstos para conseguirlos, como el mercado europeo de derechos de emisión cuya andadura empezó el 1 de enero de 2005, antes incluso de la entrada en vigor del protocolo de Kioto (16 de febrero de ese mismo año). No obstante, a pesar del descenso de las emisiones GEI que se ha producido en los últimos años (debido en gran medida a la crisis económica) y del menor impacto ambiental que los factores analizados muestran en la UE, no habría que bajar la guardia y se debería continuar con la aplicación de diversas medidas para la reducción de gases contaminantes.

Algunas de las acciones que se podrían llevar a cabo, válidas para todos los países analizados, podrían consistir en incentivar tanto a empresas como particulares que utilicen energías renovables. Otra alternativa podría ser impulsar el transporte público y castigar por vía tributaria a quienes poseen vehículos más perjudiciales para el medioambiente y premiar a quienes utilicen vehículos menos perjudiciales, como los coches eléctricos. Otra propuesta a nivel local, sería impulsar el Pacto de los Alcaldes, haciendo públicos los logros de cada municipio. La medida más efectiva sería pasar a un modelo energético basado en fuentes renovables en lugar de utilizar combustibles fósiles. Por ello hay que remarcar la importancia de invertir más en investigación y desarrollo para crear nuevos métodos de obtención de energías renovables y más económicas.

7. Conclusiones

En el presente estudio se ha realizado un análisis multivariante de los determinantes de las emisiones de CO₂ en 25 países pertenecientes a la Unión para el Mediterráneo durante el periodo 2009-2014. El marco teórico de referencia ha sido el modelo STIRPAT desarrollado por Dietz y Rosa (1997) en el cual el impacto ambiental (las emisiones de CO₂ en este caso) se relaciona con el número de habitantes del país, su riqueza y su nivel tecnológico. Esta última variable se ha aproximado en este caso por la intensidad energética (consumo energético de cada país por unidad de PIB generado).

La técnica utilizada ha sido la econometría de datos de panel y se han estimado distintas especificaciones. Los resultados muestran comportamientos diferenciados entre los países de la Unión Europea más antiguos y el conjunto formado por los de reciente incorporación y los candidatos a ser miembros. También se observan diferencias entre

los países de la UE y el conjunto de países orientales y africanos integrados en la Unión para el Mediterráneo.

La mayor similitud entre todos los grupos de países analizados se encuentra en la elasticidad emisiones-población. En todos los casos el valor de la elasticidad estimada se sitúa entre 0.95 y 1.03, es decir que un crecimiento demográfico del 1% conlleva un aumento de las emisiones de CO₂ entre un 0,95% y un 1,03%.

Para los demás factores analizados se observan diferencias significativas. Mientras que un aumento del 1% del PIB provoca un aumento de las emisiones del 0,4% en los países de la Unión Europea, dicho aumento asciende al 1,42% en los de reciente incorporación o candidatos a hacerlo. Asimismo, el impacto que provoca un aumento del PIB en los países africanos y orientales es también sustancialmente mayor (un 1,01% y un 0,96% respectivamente).

La contribución que el consumo energético realiza a las emisiones también es diferente: en el grupo de países miembros de la UE la elasticidad emisiones-intensidad energética es muy inferior al valor obtenido para los otros grupos de países. En el primer caso su valor es 0,42 mientras que para los países africanos es 0,82 y en los países asiáticos 0,88.

Resulta muy llamativo que la repercusión en emisiones GEI de las variables explicativas incluidas en el modelo sea considerablemente menor en el grupo de países con mayores recursos que en los demás grupos de países. Estos resultados podrían confirmar la eficacia de las políticas medioambientales llevadas a cabo por la Unión Europea, dado que en los últimos años la reducción de emisiones de CO₂ figura entre los objetivos prioritarios de su política ambiental.

A tenor de este estudio, se podría afirmar que el impacto sobre el medioambiente no se debe tanto al desarrollo económico, y por ende tecnológico, de los países, sino más bien a las acciones que éstos llevan a cabo para frenar sus consecuencias negativas, por lo que para realizar futuras políticas medioambientales deberían tenerse en cuenta factores adicionales a su dinámica demográfica, el nivel de renta y su estructura productiva.

Las líneas de política ambiental que se derivan de este análisis son claras, y pueden servir de guía para una posible estrategia futura de política ambiental integral para todos los países de la Unión para el Mediterráneo. Si bien el PIB per cápita resulta claramente

significativo para explicar la evolución de las emisiones de CO₂ en los países candidatos a entrar en la UE, los africanos y los orientales, resulta evidente que no se trata de una variable instrumental para la política ambiental, teniendo en cuenta los elevados índices de pobreza registrados en los países mencionados en comparación con los países miembros de la UE. Es altamente probable que la industrialización sea un factor muy importante para el despegue de estas economías, por lo que no es viable frenar su desarrollo.

El hecho de que la población no haya relevado grandes diferencias para explicar las emisiones, descarta cualquier política futura destinada a disminuir el impacto de los factores demográficos sobre el volumen de emisiones. En cambio, sí que resulta necesario orientar la estructura productiva hacia la utilización de alternativas de generación de energía más sostenibles.

La conclusión principal que se deriva del presente trabajo es que las acciones de política ambiental para disminuir las emisiones de CO₂, deben concentrarse en el logro de mejoras de eficiencia en el sector industrial y en la disminución de la intensidad energética, ya que es la variable cuya influencia ha mostrado mayores diferencias en los grupos analizados. Esto sólo será posible mediante la transformación del actual modelo energético dominante hacia otras formas de energía más limpia basada fundamentalmente en recursos renovables.

Con respecto a la legislación, se deduce que las normas implantadas en la Unión Europea son más efectivas para reducir la contaminación que las adoptadas en los países africanos y orientales analizados y sobre todo, más efectivas que la normativa que poseen los países candidatos a ser miembros de la UE, pero esto tampoco revela que estas normas sean suficientes, ya que en los últimos años las emisiones tan sólo han disminuido un porcentaje pequeño e incluso en los años 2011 y 2012 fueron mayores que en años anteriores.

Referencias bibliográficas:

Commoner B. (1972): "The environmental cost of economic growth". En R. G. Ridker (editor): *Population, Resources and the Environment*, U.S. Government Printing Office, pp. 339-363.

- Dietz, T. and Rosa, E. A. (1997): “Effects of population and affluence on CO2 emissions” *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94, 175-179.
- Ehrlich, P. R. and Holdren, J. P. (1971): “Impact of Population Growth”. *Science* 171, 1212-1217.
- Instituto Europeo del Mediterráneo, IEMed – (2014): *Anuario IEMed del Mediterráneo*, varios años.
- Liddle, B. (2011): “Consumption-Driven Environmental Impact and Age Structure Change in OECD Countries: A Cointegration-STIRPAT Analysis”. *Demographic Research*, 24: 749-770.
- Liddle, B. (2014): “Impact of population, age structure, and urbanization on carbon emissions/energy consumption: Evidence from macro-level, cross-country analyses”. *Population and Environment*, 35(3): 286-304.
- Martínez-Zarzoso, I., Bengochea, A. y Morales, R. (2007): “The impact of population on CO2 emissions: evidence from European countries”. *Environmental Resources Economics* 38: 497-512.
- Roca J. (2002): “The IPAT Formula and its Limitations”. *Ecological Economics*, 42 (1): 1-2.
- Schulze P. C. (2002): “I=PBAT”, *Ecological Economics*, 40 (2): 149-150.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014): *Climate Change 2014, Synthesis Report*. Disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf.
- UNEP (1999): *Climate Change Information Kit*. Geneva: UNEP.
- Union for the Mediterranean: <http://ufmsecretariat.org>.
- World Bank (2014): *World Development Indicators 2014*.
- Wenhui Tian; Da Costa, P. (2014): “Inequalities in per capita CO2 emissions in European Union, 1990–2020”. *11th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, Krakow (Poland), 28-30 May 2014.

York, R., Rosa, E.A. and Dietz, T. (2003): "STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts". *Ecological Economics* 46 (3), 351-365.

Zhao, C., Chen B., Hayat T., Alsaedi A., Ahmad B. (2014): "Driving force analysis of water footprint change based on extended STIRPAT model: Evidence from the Chinese agricultural sector". *Ecological Indicators* 47:43-49.