

APROXIMACIÓN A LA DIMENSIÓN TERRITORIAL DE LAS EMISIONES MUNDIALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

M^a Fernanda PITA
Dpto. de Geografía Física y AGR, Universidad de Sevilla
mfpita@us.es

RESUMEN

La comunicación elabora una tipología de países en función de su comportamiento emisor de GEI y de los factores que dan lugar a esos mismos comportamientos (energéticos, socioeconómicos etc.). El análisis en componentes principales como mecanismo de reducción de la información y el análisis cluster como mecanismo de clasificación son las principales técnicas estadísticas utilizadas en el trabajo.

Palabras clave: Gases de Efecto Invernadero, Emisiones mundiales de CO₂, Análisis en Componentes Principales, Análisis Cluster

ABSTRACT

This paper shows a country's typology based on: (i) the GHG emission behaviours of the countries, and (ii) the main driving forces determining them (use of energy, socioeconomic aspects etc.). Main Component Analysis and Cluster Analysis have been used as a tool for simplifying original data and for statistical classification.

Key words: Greenhouse Gases, CO₂ World Emissions, Main Components Analysis, Cluster Analysis.

1. INTRODUCCIÓN

Parece ya suficientemente demostrada la responsabilidad de los GEI en la génesis del cambio climático y también existen cada vez más evidencias de la asociación existente entre estas emisiones y variables de carácter socioeconómico tales como la renta, el uso de la energía o la intensidad energética y emisora (LIASKAS, K. *et al.*, 2000), hasta el punto de establecerse formulaciones que estiman las emisiones de GEI a partir de estas variables, asociadas al volumen poblacional de los distintos países (DURO, J.A. y PADILLA, E., 2006). También existen interesantes debates en torno a las posibilidades de disociar el necesario desarrollo socioeconómico de los hasta ahora casi inevitables inconvenientes ambientales que conlleva, los cuales, en el caso del cambio climático, constituyen amenazas planetarias absolutamente insostenibles (ROCA, J. y PADILLA, E., 2003). Tan estrecha asociación convierte al cambio climático en un tema de carácter predominantemente socio-económico (MARTIN VIDE, J. *et al.*, 2007) y, en esa medida, presenta una variabilidad espacial y una dimensión territorial innegables, que reflejan las propias desigualdades caracterizadoras de los restantes aspectos socio-económicos (DOW, K. y DOWNING, E., 2006).

Nuestra comunicación intenta profundizar en esa línea a partir de la elaboración de una tipología de países con arreglo a su comportamiento emisor y a los factores socio-económicos que desencadenan esas emisiones.

2. DATOS

Para la realización del trabajo hemos manejado la información suministrada por el World Resources Institute a través del Climate Analysis Indicator Tool (CAIT), disponible en la página web del propio Instituto. Se han utilizado 12 variables, de las cuales 7 son estrictamente emisoras, en tanto que las 5 restantes constituyen variables socio-económicas. Todas ellas se expresan en valores per cápita para evitar el efecto de tamaño ejercido por el volumen poblacional de cada país (ver tabla 1).

Tipos de variables	Variables	Unidades	Año
Emisoras	Emisiones per cápita totales de GEI	Tons. CO ₂ eq. (t CO ₂)	2000
	Emisiones per cápita de CO ₂ asociadas a la energía	Tons. CO ₂ eq. (t CO ₂)	2004
	Emisiones per cápita de CO ₂ asociadas a la industria	Tons. CO ₂ eq. (t CO ₂)	2004
	Emisiones per cápita de CH ₄ asociadas a la agricultura	Tons. CO ₂ eq. (t CO ₂)	2000
	Emisiones per cápita de CO ₂ asociadas a cambios en el uso del suelo	Tons. CO ₂ eq. (t CO ₂)	2000
	Emisiones per cápita acumuladas totales de CO ₂	Tons. CO ₂ eq. (t CO ₂)	1850-2004
	Emisiones per cápita acumuladas de CO ₂ asociadas a cambios en el uso del suelo	Tons. CO ₂ eq. (t CO ₂)	1850-2000
Socio-económicas	Renta per cápita	\$ intern. en unidades de poder adquisitivo	2004
	Índice de Gobernanza	Nº Índice (0-100)	2006
	Uso de energía per cápita	Tons. Equiv. de petróleo (TEP)	2004
	Intensidad emisora de la economía	t CO ₂ /Mill \$ intern.	2004
	Intensidad emisora de la energía	t CO ₂ /TEP	2004

Tabla 1: VARIABLES UTILIZADAS EN EL TRABAJO

La selección de las variables ha estado determinada por dos criterios fundamentales, su importancia y representatividad en relación con el fenómeno estudiado, y su disponibilidad para el mayor número posible de países. Ello ha motivado que tengamos que prescindir de las

variables expresivas del crecimiento registrado por las emisiones en los años recientes, que estaban ausentes en muchos países, a pesar de que hubieran aportado matices muy interesantes en relación con el comportamiento emisor. La disponibilidad de información también ha sido el criterio predominante en la selección del año de referencia, que en la mayoría de las variables es el 2004, pero que avanza hasta el 2006 para el índice de gobernanza y retrocede hasta el 2000 para todas las variables en las que intervienen las emisiones asociadas a cambios en el uso del suelo o a la agricultura. Como resultado de todo ello se ha conseguido reunir información para un total de 185 países, casi todos los que componen el escenario geopolítico actual.

3. METODOLOGÍA

Dadas las numerosas variables utilizadas y las fuertes correlaciones existentes entre muchas de ellas, en una primera fase hemos procedido a un análisis en componentes principales como técnica de reducción de la información. El análisis se ha realizado previa tipificación de las variables y aplicando una rotación varimax. A continuación, sobre los componentes resultantes, se ha aplicado un análisis cluster para realizar la tipología final de los países. Se ha utilizado un cluster jerárquico ascendente con similitudes intragrupos y distancia euclídea al cuadrado como expresión de la distancia.

4. RESULTADOS

Como resultado del Análisis en Componentes Principales hemos aislado tres componentes que explican en conjunto el 74,4% de la varianza. Los tres tienen un significado muy nítido, como se pone de manifiesto a partir de las correlaciones que presentan con las variables utilizadas (ver tabla 2).

El primer componente, que explica el 41,4% de la varianza total, está claramente asociado al uso de la energía y a la intensidad emisora de la economía y de la propia energía. Es destacable también en él que presenta correlaciones negativas, aunque muy modestas, con las emisiones asociadas a los cambios en el uso del suelo.

El segundo componente explica más del 21% de la varianza y está asociado al desarrollo, como se evidencia a partir de las altas correlaciones que presenta con la renta per cápita y la gobernanza. Es también relevante su elevada correlación negativa con la intensidad emisora de la economía y, en menor medida, con las emisiones derivadas de los cambios en el uso del suelo. Efectivamente, los países más desarrollados apenas generan emisiones por este concepto e incluso en muchos casos llegan a ser sumideros netos de carbono en él. Tampoco tienen altas intensidades energéticas ni emisoras en la mayoría de los casos por su avanzada tecnología, su desarrollada conciencia ambiental y una estructura productiva con claro predominio del sector servicios, mucho menos consumidor de energía que las actividades industriales (HAMILTON, C. y TURTON, H., 2002).

Por último, el tercer componente explica casi el 12% de la varianza y está asociado con total nitidez a las emisiones derivadas de cambios en el uso del suelo, siendo también relevante su alta correlación con las emisiones totales de GEI (ver tabla 2).

Variables	Componentes		
	C1	C2	C3
Renta per cápita	,423	,847	,017
Uso de energía per cápita	,759	,497	,064
Índice de Gobernanza	,124	,894	- ,004
Emisiones per cápita totales de GEI	,423	,251	,833
Emisiones per cápita de CO ₂ asociadas a la energía	,813	,447	,055
Emisiones per cápita de CO ₂ asociadas a la industria	,644	,383	- ,017
Emisiones per cápita de CH ₄ asociadas a la agricultura	,028	,354	- ,017
Emisiones per cápita de CO ₂ asociadas a cambios en el uso del suelo	- ,149	- ,110	,970
Emisiones per cápita acumuladas totales de CO ₂	,632	,573	- ,001
Emisiones per cápita acumuladas de CO ₂ asociadas a cambios en el uso del suelo	- ,136	- ,080	,972
Intensidad emisora de la economía	,757	- ,403	,028
Intensidad emisora de la energía	,685	,088	- ,107

Tabla 2: CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS Y LOS COMPONENTES SELECCIONADOS

Las puntuaciones de cada componente en los distintos países ratifican esta visión, de forma tal que en el primer componente las mayores puntuaciones las obtienen los países productores y exportadores de petróleo, fortísimos consumidores de energía, y las economías en transición, es decir, los países de la antigua Unión Soviética, con intensidades energéticas y emisoras muy altas por la obsolescencia de sus instalaciones industriales. Sólo en mucha menor medida aparecen bien posicionados en este componente los países desarrollados. Éstos obtienen claramente las mayores puntuaciones en el segundo componente. En el tercer componente aparecen en los primeros lugares los países tropicales y ecuatoriales con escasos niveles de desarrollo y que han experimentado brutales procesos de deforestación conducentes a elevadas emisiones por cambios en el uso del suelo (ver figura 1).

La aplicación del análisis cluster a los tres componentes seleccionados conduce a una tipología compuesta por 12 tipos de países que pueden agruparse en 5 grandes bloques.

El **primer bloque** integra los países con un protagonismo claro del primer componente, reflejo de su elevado consumo de energía y de su alta intensidad emisora. Posteriormente matices en la intensidad de este componente unidos a variaciones en los niveles de desarrollo permitirán establecer diferentes tipos dentro de él, porque el componente asociado al uso del suelo no parece tener una gran relevancia en la génesis de este grupo (ver tabla 3 y figura 2).

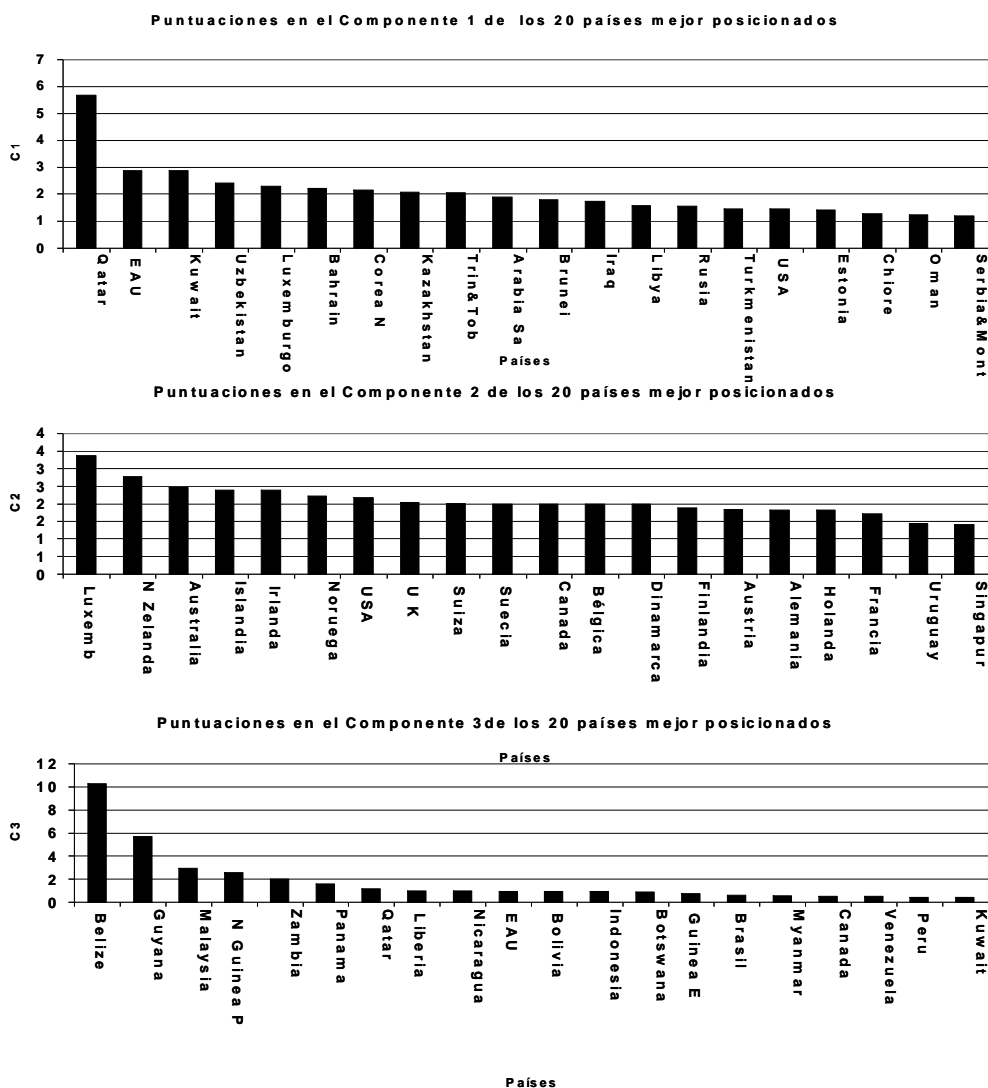


Fig. 1: Puntuaciones obtenidas en los tres componentes por los 20 países con puntuación máxima en cada caso

El primer tipo (tipo 1.1., ejemplificado por Iraq en la figura 2) engloba un total de 7 países que se caracterizan por presentar un elevadísimo consumo de energía (C1) asociado a niveles bajísimos de desarrollo (C2). En todos los casos las intensidades energéticas y emisoras son muy elevadas, lo cual en ocasiones se acompaña de la producción de petróleo. El segundo tipo (tipo 1.2., ejemplificado por Arabia Saudí) también está integrado por 7 países fuertes consumidores de energía, pero con niveles de desarrollo más elevados. En todos los casos se trata de países productores y exportadores de petróleo, con niveles de renta apreciables, pero con índices de gobernanza muy bajos. Es especialmente destacable el caso de Qatar, que puede

considerarse excepcional por sus elevadísimas puntuaciones en el C1. El tercer tipo (tipo 1,3, ejemplificado por Líbano), se caracteriza por un C1 elevado, aunque no tanto como en los casos anteriores, y un nivel de desarrollo bajísimo. Engloba un conjunto de 20 países muy diferentes entre sí, pero que reúnen la condición de ser productores de petróleo o economías en transición, con intensidades emisoras y energéticas muy elevadas. Podría considerarse un caso excepcional dentro de este grupo a Guinea Ecuatorial por su nivel de desarrollo extraordinariamente bajo y por el hecho de ser el único país dentro de este grupo que tiene además una elevada puntuación en el C3, asociada a cambios en el uso del suelo. Por último, se puede establecer un cuarto tipo dentro de este bloque (tipo 1,4, ejemplificado por la República Checa), similar al anterior en cuanto a los consumos de energía, pero con niveles de desarrollo medios o altos.

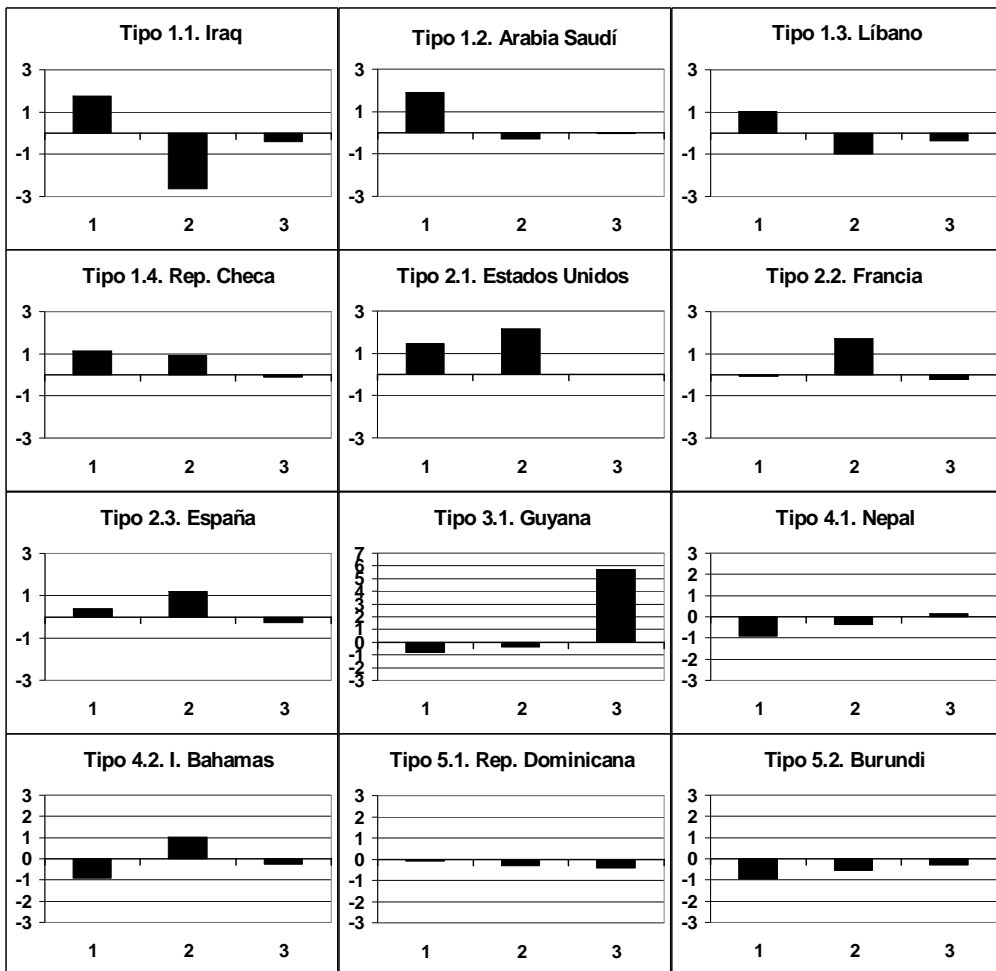


Fig. 2: Ejemplos de las puntuaciones de los componentes en los tipos de países que componen la tipología.

El **segundo bloque** de países está asociado a la riqueza y al elevado nivel de desarrollo, de forma tal que lo que les une es el predominio del segundo componente (C2). Los tipos aquí se configuran a partir de la intensidad de ese C2 y del consumo de energía que se produzca, que puede ser muy variable de unos países a otros. El quinto tipo (tipo 2.1, ejemplificado por Estados Unidos), se caracteriza por un altísimo nivel de desarrollo, que se asocia además a un uso muy elevado de la energía y a un tercer componente muy bajo o neutro, pero nunca negativo. Lo integran 3 países del ámbito anglosajón, más Luxemburgo, un caso verdaderamente único por los valores excepcionalmente altos de los dos primeros componentes. Podría hablarse en este tipo de un desarrollo conseguido a costa de un precio ambiental demasiado alto y, en ese sentido, podríamos considerarlo como la faceta esquiladora del desarrollo. Frente a él, el tipo sexto (tipo 2.2, ejemplificado aquí por Francia) se caracteriza también por un muy alto nivel de desarrollo (aunque no tanto como en el caso anterior), pero unido a un uso medio-bajo de energía y a puntuaciones negativas en el componente asociado a los cambios en el uso del suelo. Integra a 16 países, todos de la Europa comunitaria y desarrollada, salvo Nueva Zelanda, Singapur y Japón. El séptimo tipo (tipo 2.3, ejemplificado por España) sigue presentando un predominio del C2 en su figura, aunque ahora el nivel de desarrollo es sólo medio-alto y se asocia a un nivel medio-bajo en el consumo de energía y a valores neutros o ligeramente negativos en el componente asociado al uso del suelo. Incluye 12 países variados y ubicados entre los más desarrollados de América Latina o Asia y los menos desarrollados de la Europa próspera. En ese sentido se podría definir como un grupo de transición.

El **tercer bloque** está formado por todos aquellos países en los que el protagonismo claro lo tiene el tercer componente, es decir, el asociado a cambios en el uso del suelo. Dentro de él hay un solo tipo fundamental, el tipo octavo (tipo 3.1, ejemplificado por Guyana). Incluye a 9 países caracterizados por presentar bajos niveles de desarrollo y un escaso uso de la energía, salvo en el caso de Malaysia, que lo tiene ligeramente positivo. Todos ellos pertenecen a dominios tropicales y asisten a procesos de deforestación y desertización verdaderamente dramáticos. Resulta especialmente destacable el caso de Belice, cuyos niveles de emisiones asociadas a los cambios en el uso del suelo pueden calificarse de claramente insostenibles. También lo son, por otro lado, los de Guyana, que nos han obligado a alterar la escala de su gráfico de la figura 2 para poder recogerlos.

El **cuarto bloque** está integrado por países con poco consumo de energía, un nivel de desarrollo variable, aunque con valores siempre próximos a 0 y un C3 ligeramente negativo. Dentro de él se pueden establecer dos tipos en función del nivel de desarrollo de los países. El tipo noveno (tipo 4.1, ejemplificado por Nepal) engloba al conjunto menos desarrollado y está compuesto por 21 países de todos los continentes con la excepción de Europa. En el tipo décimo (tipo 4.2, ejemplificado por las Islas Bahamas) se sitúa el conjunto más desarrollado, un total de 16 países, en su mayoría islas del Caribe, Pacífico o Índico y casi siempre asociadas a la condición de paraísos fiscales.

Por último, el **quinto bloque** integra a la mayor parte del mundo subdesarrollado. En él siempre el consumo de energía es escaso, mucho más lo es el nivel de desarrollo y ni siquiera se producen fuertes emisiones asociadas a los cambios en el uso del suelo. Aquí las distinciones entre tipos se establecen en función de matices en la magnitud de los valores de los componentes. El tipo décimoprimer (tipo 5.1, ejemplificado por República Dominicana) agrupa las mejores situaciones, un total de 21 países de África, América y Asia, y el tipo

decimosegundo (tipo 5.2, ejemplificado por Burundi) incluye 36 países que, en casi todos los casos, se pueden clasificar como de extremo subdesarrollo.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de la tipología ratifican la idea de la importancia territorial que adquieren en la actualidad las variables asociadas a las emisiones de GEI y configuran conjuntos de países cuya unidad va más allá de la mera realidad de estas emisiones; se sitúa en el orden de los fenómenos socio-económicos de gran calado. Este hecho, unido a la importancia económica transcendental que tienen las medidas destinadas a reducirlas, convierte a las emisiones de GEI en una nueva variable caracterizadora de los distintos territorios, capaz de integrar y sintetizar muchos otros fenómenos sociales y económicos, y destinada a convertirse en el futuro en un indicador de gran relevancia para la caracterización del desarrollo territorial y sostenible.

Ti pos	Países	Ti pos	Países	Ti pos	Países	Ti pos	Países
1.1	Libia	2.2	Alemania	4.1	S. Tomé y Princ.	5.2	Myanmar
	Serbia		Holanda		Tanzania		R. Democr. Congo
	Kazastan		Dinamarca		Nepal		Benin
	Turkmenistan		UK		Laos		Camerún
	Uzbekistán		Austria		Madagascar		Paraguay
	Corea del N		Bélgica		Camboya		Guatemala
Iraq	Singapur		Bhutan	Costa de Marfil			
1.2	Trinad. y Tob.		Suecia	4.2	Fidji		Nigeria
	Arabia Saudí		Suiza		Ghana		Zimbabwe
	Brunei		Francia		Lesotho		Pakistan
	Bahrein		Irlanda		Tonga		Bangla Desh
	Emir. Arab. U.		Noruega		Bahamas		Haiti
	Kuwait	Irlanda	Barbados		Togo		
	Qatar	N. Zelanda	St. Kitty		Sudan		
1.3	Tayikistán	2.3	Chile		Seychelles	Sierra Leona	
	Kyrgistan		Letonia		Kiribati	Rep. Centroafricana	
	Angola		Lituania		Vanuatu	Eritrea	
	Siria		Malta		I. Cook	Guinea Bisau	
	Moldova		Argentina	Granada	Guinea		
	Cuba		Hungría	Cabo Verde	Chad		
	Congo		Portugal	Samoa	Burundi		
	Yemen		Eslovenia	Mauricio	Palau		
	Macedonia		Italia	Sta. Lucia	Surinam		
	Jordania		España	S. Vicente y Gr.	Colombia		
	China		Taiwán	Dominica	Namibia		
	Ucrania		Uruguay	Brasil	Maldivas		

	Bielorrusia	3.1	Belize	5.1	Bostwana		Sri Lanka
	Irán		Guyana		Honduras		Mauritania
	Azerbaijan		Zambia		Vietnam		Kenia
	Jamaica		N. Guinea Papúa		Albania		Niue
	Libano		Malaysia		R. Dominicana		El Salvador
	Nauru		Nicaragua		India		Filipinas
	Venezuela		Bolivia		Armenia		Georgia
	Rusia		Indonesia		Maruecos		Senegal
	Guinea Ecuat		Panamá		Bosnia Herzeg.		
1.4	Estonia	4.1	Antigua	5.2	Egipto		
	Oman		Costa Rica		Argelia		
	Rep. Checa		Malawi		Ecuador		
	Chipre		Mali		Mongolia		
	Israel		Uganda		Gabón		
	Estonia		Ruanda		Bulgaria		
	Corea del Sur		Mozambique		Sudáfrica		
	Grecia		Gambia		Croacia		
	Polonia		Burkina Faso		Tunez		
			Swazilandia		México		
2.1	Luxemburgo		Djibuti		Rumanía		
	Canadá		I. Salomón		Turquía		
	Australia		Etiopía		Tailandia		
	USA						
2.2	Japón		Comoros	5.2	Liberia		
	Finlandia		Níger		Perú		

Tabla 3: TIPOLOGÍA DE PAÍSES EN FUNCIÓN DE SU COMPORTAMIENTO EMISOR

6. REFERENCIAS

- CLIMATE ANALYSIS INDICATORS TOOL (CAIT) version 5.0. (Washington, DC: World Resources Institute, 2008). Disponible en <http://cait.wri.org>.
- DOW, K. y DOWNING, E. (2006): *The Atlas of Climate Change. Mapping the World greatest challenge*, Earthscan, Londres
- DURO, J.A. y PADILLA, E. (2006): “International inequalities in per capita CO₂ emissions: A decomposition methodology by Kaya factors”, *Energy Economics*, 28, pp. 170-187
- HAMILTON, C. y TURTON, h. (2002): “Determinants of emissions growths in OCDE countries” *Energy Policy*, 30, pp. 63-71
- LIASKAS, K. et al. (2000): “Decomposition of industrial CO₂ emissions: the case of European Union”, *Energy Economics*, 22, pp. 383-394
- MARTIN VIDE, J. et al (2007): *Aspectos económicos del cambio climático en España*, Barcelona, Caixa Catalunya
- ROCA, J. y PADILLA, E. (2003): “Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España. La curva de Kuznetz ambiental y el protocolo de Kyoto”, *Economía Industrial*, 351, pp. 73-86