

Departament d'Economia Aplicada

Análisis de la distribución de las  
emisiones de CO2 a nivel internacional  
mediante la adaptación del concepto y  
las medidas de polarización

Juan Antonio Duro Moreno  
Emilio Padilla Rosa

**D  
O  
C  
U  
M  
E  
N  
T  
  
D  
E  
T  
R  
E  
B  
A  
L  
L**

07.06



Universitat Autònoma de Barcelona

Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales

Aquest document pertany al Departament d'Economia Aplicada.

Data de publicació : **Setembre 2007**

Departament d'Economia Aplicada  
Edifici B  
Campus de Bellaterra  
08193 Bellaterra

Telèfon: (93) 581 1680  
Fax:(93) 581 2292  
E-mail: [d.econ.aplicada@uab.es](mailto:d.econ.aplicada@uab.es)  
<http://www.ecap.uab.es>

**Análisis de la distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel internacional mediante la adaptación del concepto y las medidas de polarización**

Juan Antonio Duro Moreno<sup>a</sup> y Emilio Padilla Rosa<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departament d'Economia, Universitat Rovira i Virgili, Av. de la Universitat, 1, 43204 Reus. Correo electrónico: [juanantonio.duro@urv.net](mailto:juanantonio.duro@urv.net)

<sup>b</sup> Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra. Tel. 0034 935814572. Fax: 0034 935812292. Correo electrónico: [emilio.padilla@uab.es](mailto:emilio.padilla@uab.es).

## **Análisis de la distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel internacional mediante la adaptación del concepto y las medidas de polarización**

### **Resumen**

La medida de la polarización está ligada a la inestabilidad potencial —la aparición de grupos con intereses opuestos— generada por una situación de distribución específica. Esta investigación analiza la distribución internacional de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita a través de la adaptación del concepto y las medidas de polarización.

La descripción agrupada más interesante que se deriva del análisis de polarización es la de dos grupos. Estos grupos coinciden ampliamente con los países del Anexo B del Protocolo de Kyoto y los que no lo son, lo que podría indicar la capacidad del análisis de polarización para explicar la generación de grupos en el mundo real.

El análisis muestra una reducción significativa en la polarización internacional de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita entre 1971 y 2001. Esto se explica en gran parte por el aumento en las emisiones experimentado por China e India. Una reducción en la polarización puede implicar una reducción en la dificultad de alcanzar acuerdos. No obstante, la polarización no ha cambiado mucho desde 1995 o 1997 (año en que tuvieron lugar las negociaciones de Kyoto), lo que podría indicar que la polarización de la distribución de emisiones entre países es aún uno de los factores importantes llevando a la dificultad en alcanzar nuevos acuerdos respecto a las políticas globales de mitigación.

**Códigos JEL:** D39; Q43; Q56.

**Palabras clave:** acuerdos internacionales; distribución internacional de CO<sub>2</sub>; emisiones de CO<sub>2</sub>; formación de grupos de países; polarización.

## **1. Introducción**

Existen grandes diferencias en los niveles de emisiones causadas por los habitantes de diferentes partes del mundo. El análisis de la distribución internacional de las emisiones de CO<sub>2</sub> es muy importante para analizar el cambio climático y diseñar las políticas para mitigarlo. La desigualdad en las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita entre países muestra diferentes responsabilidades en la generación de las emisiones de efecto invernadero y en la contribución al cambio climático. Por tanto, el análisis de esta desigualdad informa el debate sobre las diferentes medidas de control y mitigación a aplicar en las diferentes regiones. De hecho, los problemas distributivos se han convertido en la cuestión más importante a tratar en las negociaciones y acuerdos globales sobre políticas de cambio climático. Tomar en cuenta adecuadamente los problemas distributivos en el diseño de políticas lleva a aumentar la percepción de justicia sobre las medidas y facilita una participación amplia en las mismas.

Aunque los países ricos son responsables de unas emisiones mucho mayores en términos absolutos y per cápita, las impresionantes tasas de aumento en las emisiones absolutas en algunas economías en expansión, como China e India, llevan a que cualquier solución para conseguir la estabilización de las emisiones de efecto invernadero (como establece el mandato de la CMNUCC) requiere de la participación tanto de los países ricos como de las economías en desarrollo para controlar las emisiones globales. La estabilización de las concentraciones de emisiones requiere establecer límites al nivel global de emisiones y distribuir este nivel entre los diferentes países o grupos de países. Estas limitaciones podrían implicar sacrificios económicos. Existen diferentes enfoques sobre la distribución de los “derechos” de emisiones futuras y sobre la distribución de los costes de

mitigación<sup>1</sup>. El análisis de la distribución de emisiones debería también ser útil para informar el debate sobre la distribución de los derechos de emisión.

Además, el grado de similitud en el nivel de las emisiones per cápita entre países podría ser razonablemente uno de los indicadores de la proximidad a un buen escenario para establecer acuerdos de reducción globales, debido a la previsible convergencia de intereses entre países con una situación similar.

Estas razones explican por qué, en los últimos años, han aparecido diversos trabajos enfocando su interés en el análisis distributivo de las cuestiones ambientales y, en concreto, en el análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía. Hedenus y Azar (2005) emplean el índice de desigualdad de Atkinson para analizar la evaluación de la desigualdad para varios recursos naturales. Respecto al análisis de las desigualdades en intensidad energética podemos citar los trabajos de Sun (2002) y de Alcántara y Duro (2004). Los trabajos de Heil y Wodon (1997, 2000), y Padilla y Serrano (2006) introducen varios índices tomados del análisis de la distribución del ingreso para medir y estudiar la evolución de la desigualdad internacional en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Heil y Wodon (1997) emplean una descomposición grupal del índice de Gini para analizar la

---

<sup>1</sup> La distribución de derechos en términos per cápita (ver e.g., Grubb, 1990; Agarwal y Narain, 1991; Meyer), la distribución basada en los niveles actuales de emisiones (e.g. Pearce y Warford, 1993), la basada en los ratios de GNP (Wirth y Lashof, 1990; Cline, 1992) y muchas combinaciones de éstas. Respecto a las propuestas para distribuir los costes de mitigación, se basan principalmente en diferentes aplicaciones del principio “quien contamina paga” y en índices de capacidad de pago (ver IPCC, 1996; sección 3.5., pp. 103-112).

desigualdad en las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> y la contribución de dos grupos de ingreso (países pobres y ricos) a esta desigualdad. Heil y Wodon (2000) emplean esta metodología para analizar la desigualdad futura en emisiones per cápita utilizando proyecciones hasta el año 2100, así como considerando el escenario bajo el impacto del Protocolo de Kyoto y otras medidas de reducción. Padilla y Serrano (2006) emplean índices de concentración y muestran que la desigualdad entre los países ricos y pobres (desigualdad en emisiones entre países ordenados en función de su ingreso per cápita) se había reducido menos que la desigualdad “simple” en emisiones, y utilizan la descomposición del índice de Theil para mostrar la contribución de cuatro grupos de ingreso a la desigualdad. Duro y Padilla (2006) descomponen la desigualdad internacional en las emisiones de CO<sub>2</sub> en los diferentes factores de Kaya y dos términos de interacción, llevando a cabo también el análisis entre e intra grupos de países, explicando así las principales fuentes de la desigualdad de emisiones.

Los estudios analizando la distribución internacional de las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> se han centrado en el empleo de herramientas analíticas tomadas de la conocida literatura sobre medidas de desigualdad. No obstante, estos estudios no han prestado atención a un concepto distributivo, que es diferente del concepto de desigualdad y que podría ser de especial interés para el análisis distributivo de emisiones: el concepto de polarización.

La noción de polarización consiste en examinar el grado en que las observaciones de una distribución —en nuestro caso, países y sus emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita— se distribuyen alrededor de diferentes polos. Esta noción distributiva parece particularmente relevante, en tanto en cuanto está más ligada a la posibilidad de surgimiento de conflictos que el

*enfoque estándar de desigualdad*. Bajo este enfoque de polarización, los conflictos dependerán del grado en que se constituyan grupos internamente compactos con intereses antagónicos. Esta dualidad en la distribución sería un escenario más factible para la aparición de tensión e inestabilidades que un escenario con baja polarización.

Entendemos que la aplicación del análisis de polarización al estudio de problemas ambientales y, en concreto, a la distribución de emisiones de CO<sub>2</sub>, es particularmente sugerente. La relación entre la polarización y la aparición de conflictos, le convierte en un análisis instructivo para interpretar el ambiente para la negociación sobre políticas de mitigación, su grado de dificultad y vías de mejora con el tiempo. De una forma similar a como pasa con el enfoque de la desigualdad, se da el requerimiento para cardinalizar la polarización utilizando un índice sintético que muestre adecuadamente la evolución de lo que se entiende bajo este concepto. En este sentido, en los últimos años, se han hecho varias sugerencias, entre las que hay que destacar las medidas EGR —diseñadas por Esteban, Gradín y Ray (1999)—.

El principal objetivo de este artículo es, por tanto, adaptar y aplicar estos índices de polarización al análisis de la distribución internacional de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Ésta es, según nuestro conocimiento, la primera tentativa para utilizar el potencial del concepto de polarización y sus medidas para analizar la distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los datos disponibles nos permitirán llevar a cabo el análisis para el período 1971–2001 e incluir 116 países, lo que es equivalente a más del 99% de la población y las emisiones mundiales. Además del análisis global de polarización de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, desarrollamos dos ejercicios adicionales. En primer lugar, comparamos los



resultados con el caso en que todos los países fueran tratados de forma homogénea, independientemente de su población. En segundo lugar, verificamos el grado de variabilidad de los resultados cuando China e India se excluyen del análisis, dado su gran tamaño y su impresionante crecimiento reciente.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. El apartado 2 revisa el concepto de polarización y las medidas sugeridas en la literatura. El apartado 3 lleva a cabo una aplicación empírica adaptando las medidas de polarización más apropiadas para el análisis de la distribución internacional de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita. El apartado 4 calcula los valores de la polarización cuando todos los países son tratados de forma uniforme, independientemente de su población, y también cuando China e India se excluyen de la muestra. El apartado 5 recoge las conclusiones.

## **2. Midiendo la polarización: algunos aspectos metodológicos**

La noción básica en el concepto de polarización es su capacidad de medir en una forma apropiada la inestabilidad potencial inherente de una distribución dada. Desafortunadamente, los índices convencionales de desigualdad y convergencia son inefectivos como medidas de polarización. Imaginémonos una distribución hipotética en la que un país pequeño tuviera un nivel positivo de emisiones de CO<sub>2</sub> per capita, mientras que otros países no emitieran nada de CO<sub>2</sub>. Este escenario extremo podría percibirse por los índices de desigualdad como una situación de máxima desigualdad. No obstante, ésta, probablemente no es la peor situación posible en términos de polarización y conflicto. Probablemente, si éste fuera el escenario, no sería difícil convencer a este país para

modificar su comportamiento, dado su pequeño poder relativo asociado con su peso relativo marginal. Es decir, los grupos pequeños no serían demasiado importantes en términos de inestabilidad potencial, en claro contraste con la percepción establecida por el enfoque de desigualdad tradicional.

Otra de las razones fundamentales por las que los dos conceptos son diferentes se atribuye a su tratamiento de las *transferencias progresivas*. En el enfoque de la desigualdad, todas las transferencias de una observación de nivel alto a una observación de nivel bajo que no altere el ranking, debe ser computada como una reducción en desigualdad. No obstante, un cambio de esta naturaleza no llevaría necesariamente a una reducción en polarización. Considérese, por ejemplo, una distribución inicial de emisiones en la que las observaciones estén estructuradas alrededor de cuatro polos relevantes. Nótese qué pasaría si los dos grupos con emisiones menores se compactaran en uno como resultado de transferencias progresivas, y lo mismo pasara con los dos grupos de mayores emisiones. En este nuevo contexto, cualquier medida ampliamente aceptada de desigualdad mostraría una reducción. Sin embargo, probablemente se podría estar de acuerdo en que el nuevo marco sería más polarizado que el previo, y podría llevar a la aparición de episodios de inestabilidad o desacuerdos.

Como consecuencia, dado que ambos conceptos miden diferentes cosas, y pueden evolucionar de forma diferente, es razonable analizarlos separadamente. De hecho, muchas de las cuestiones relevantes para la distribución internacional de las emisiones de CO<sub>2</sub> per capita podrían probablemente tenerse en cuenta de una forma más consistente con el concepto de polarización que con el de desigualdad, como indican las frecuentes

discusiones entre grupos de países muy contaminantes y grupos de países poco contaminantes.

La polarización sería entonces un concepto más apropiado para computar ciertos tipos de movimientos en las distribuciones. Para hacer operativa esta noción, Estaban y Ray (1994) propusieron inicialmente los índices ER para la medida de polarización en el ingreso, con la siguiente formulación, que hemos adaptado para la medida de polarización en las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita:

$$ER(\alpha) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i^{1+\alpha} p_j \left| \frac{e_i}{e} - \frac{e_j}{e} \right|$$

(1)

donde  $p_i$  y  $p_j$  son las poblaciones relativas de países “i” y “j”; y  $e_i$  y  $e_j$  son las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita de ambos países;  $e$  es la media mundial y  $\alpha$  es un parámetro midiendo el nivel de sensibilidad a la polarización, que, por construcción, tomaría valores entre 1 y 1,6. Conforme mayor sea el valor de  $\alpha$ , mayor es la diferencia entre este índice y las medidas estándar de desigualdad, como el índice de Gini.

ER es consistente con ciertas propiedades básicas requeridas para cualquier medida de polarización. En concreto, Estaban y Gray (1994) establecieron cuatro axiomas: 1) La polarización es una cuestión de grupos. Las bservaciones aisladas no tienen un papel significativo en la generación de conflictos; 2) La polarización aumenta con el nivel de cohesión interna de los grupos; 3) La polarización aumenta cuando la heterogeneidad

entre grupos aumenta; y 4) La polarización aumenta cuando el número de grupos se reduce<sup>2</sup>.

No obstante, el índice ER tiene algunas limitaciones, básicamente por lo que respecta a su aplicabilidad. No aporta criterios para agrupar observaciones, lo que significa que su uso es sobre todo aconsejable para analizar grupos predeterminados. Para resolver esta restricción, Esteban, Gradín y Ray (1999) propusieron los índices EGR. Estos índices serían consistentes con grupos definidos endógenamente y, como consecuencia, su expresión incluiría la falta de cohesión de los grupos. Formalmente, los índices EGR, que hemos adaptado al análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub>, se definirían como:

$$EGR(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i^{1+\alpha} p_j \left| \frac{e_i}{e} - \frac{e_j}{e} \right| - \beta(G - G_s) \quad (2)$$

donde  $\beta$  es un parámetro que muestra la sensibilidad de la medida la nivel de cohesión de los grupos,  $G$  es el coeficiente de Gini de la distribución original y  $G_s$  es el Gini de la distribución agrupada (desigualdad intergrupala).

Respecto al valor para el parámetro  $\beta$ , éste es libre. Nótese que los índices ER y EGR tienen coeficientes de Gini como referencia. En concreto, el índice ER, que es el primer término de la expresión (2), es un índice que puede adoptar valores próximos al índice de Gini<sup>3</sup>. El segundo término en (2) es, de hecho, una diferencia entre índices de Gini. Sería

---

<sup>2</sup> Específicamente, el enfoque tradicional de desigualdad no cumpliría las propiedades 1, 2 y 4.

<sup>3</sup> Ambos índices coincidirían cuando  $\alpha$  fuera igual a 0.

por tanto razonable, en términos de escala, fijar un valor estadístico para  $\beta$  cercano a la unidad.

El procedimiento, por tanto, consiste en establecer los límites a los grupos de tal forma que las disparidades internas en cada grupo se minimicen. Nótese que las agrupaciones endógenas de las observaciones, en el contexto de curvas de Lorenz, serían equivalentes a trazar sucesivos ángulos rectos a lo largo de la curva para tantos grupos como se hayan identificado. Por lo que respecta al procedimiento específico de minimización, este coincide con el sugerido por Davies y Shorrocks (1989), en que el punto de corte entre grupos se define por la emisión (ingreso en la formulación original) promedio ponderada de los dos grupos adyacentes. Por ejemplo, un aspecto interesante para los dos grupos es que el corte en emisiones coincide con la emisión promedio.

En términos empíricos, el índice EGR aumenta, para un número definido de grupos y parámetros, cuando los tamaños de los grupos son más iguales, cuando las diferencias en emisiones entre grupos aumentan, y/o cuando la cohesión interna de los grupos aumenta.

Con respecto a la elección específica del número de grupos, considerando la experiencia acumulada, parece que no se da aumentos significativos en la capacidad explicativa por encima de cuatro grupos<sup>4</sup>. Podría ser tentador el uso de la escala de desigualdad intra-grupos para la selección precisa del número apropiado de grupos. No obstante, este

---

<sup>4</sup> Ver la evidencia obtenida por Davies y Shorrocks (1989), Esteban et al. (1999), Gradín (2000), y Duro (2006).

método tendería a priorizar las distribuciones representadas por un gran número de polos de emisión, lo que reduce el mismo interés del análisis de polarización. En nuestra opinión, un criterio útil sería observar el valor mostrado por el índice EGR. La intuición subyacente es la siguiente. Cualquier aumento en el número de grupos, por un lado, tiende a llevar a menores errores de agregación, y por tanto a mayores valores de EGR pero, por otro lado, reduce el valor ER y, como consecuencia, el valor EGR. Por tanto, el valor final adoptado por el índice podría percibirse como una indicación de cual es el canal que prevalece.

Finalmente, algunos comentarios respecto a otros índices de polarización podrían ser instructivos. Entre las alternativas, tenemos que subrayar la medida propuesta por Wolfson (1994). El principal atractivo de la medida de Wolfson (W) es su derivación directa de la conocida curva de Lorenz. En términos específicos, su valor se representaría gráficamente como todo el área entre la curva de Lorenz y la tangente correspondiente al ingreso promedio (emisión en nuestro análisis). No obstante, una de sus principales limitaciones es que es sólo útil para analizar el caso de bipolarización, siendo inapropiada para examinar otras representaciones multipolares. Además, como muestran Esteban et al. (1999), W podría interpretarse como un caso particular de EGR cuando los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  toman un valor unitario y el ingreso medio (emisión en nuestro análisis) se utiliza para separar los grupos en vez del promedio. Esta es, por tanto, una medida con una baja sensibilidad a la polarización, lo que significa que podría ser interesante comprobar que pasa con mayores valores del parámetro  $\alpha$ . Zhang y Kanbur (2001), por otro lado, sugieren el uso del ratio desigualdad inter-grupos/desigualdad intra-grupos como un

indicador del nivel de polarización para un nivel de distribución dado (índice ZK). No obstante, esta medida parece muy poco satisfactoria, ya que viola la mayoría de axiomas establecidos por Eteban y Ray (1994) para una medida consistente de polarización. En concreto no cumple la primera de las propiedades, dando un valor muy alto para las observaciones aisladas concentrando la mayoría del ingreso (emisiones en nuestro análisis)<sup>5</sup>.

### **3. Polarización internacional en las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita: principales resultados**

Los datos sobre población y emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles se han tomado de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003)<sup>6</sup>. Después de un análisis detallado de la información estadística disponible, se ha considerado una muestra de 116 países cubriendo el período 1971–2001. Esta muestra es altamente representativa, ya que representa más del 99% de la población mundial y las emisiones de CO<sub>2</sub> de combustibles fósiles. Para ahorrar espacio, mostramos los resultados para una selección de años<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Además de la propiedad 1, el índice ZK tampoco cumple las propiedades 2 y 4.

<sup>6</sup> Las emisiones de la AIE no incluyen las emisiones que no se derivan de la quema de combustibles fósiles, como la generada por la producción de cemento o la quema de biomasa. Por tanto, estos datos podrían tender a subestimar las emisiones de los países pobres, dado que la combustión de biomasa es relativamente más importante en esos países, y no siempre se quema de una forma sostenible.

<sup>7</sup> Los datos para otros años están disponibles a petición a los autores. Hemos incluido 1992, año del encuentro de la Tierra de Río de Janeiro, y 1997, el año en que las negociaciones del Protocolo de Kyoto tuvieron lugar.

Las tablas 1, 2 y 3 muestran los resultados obtenidos después de aplicar los índices de EGR para el caso de dos, tres y cuatro grupos, respectivamente. Para evaluar la validez general de los resultados mostramos los cálculos para las diversas combinaciones ilustrando los parámetros de polarización.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Los resultados derivados de otras combinaciones de parámetros pueden solicitarse a los autores. No difieren de forma significativa de las mostradas en el trabajo.



**Tabla 1. Polarización entre países de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita para el caso de dos grupos, cálculos ponderados, muestra completa, 1971-2001**

	$\beta = 0,5$			$\beta = 1$			$\beta = 1,5$		
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$
1971	0,5178	0,4289	0,3597	0,4653	0,3764	0,3073	0,4128	0,3239	0,2548
1975	0,5051	0,4182	0,3506	0,4535	0,3666	0,2990	0,4019	0,3150	0,2474
1980	0,4893	0,4056	0,3405	0,4363	0,3526	0,2875	0,3833	0,2996	0,2346
1985	0,4659	0,3869	0,3258	0,4099	0,3309	0,2698	0,3540	0,2750	0,2139
1990	0,4420	0,3661	0,3072	0,3846	0,3087	0,2499	0,3273	0,2513	0,1925
1992	0,4244	0,3516	0,2953	0,3652	0,2924	0,2361	0,3060	0,2332	0,1769
1995	0,3935	0,3253	0,2728	0,3306	0,2624	0,2099	0,2677	0,1995	0,1470
1997	0,3891	0,3209	0,2682	0,3248	0,2566	0,2039	0,2605	0,1922	0,1395
2001	0,3931	0,3255	0,2734	0,3306	0,2629	0,2108	0,2680	0,2003	0,1482

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

**Tabla 2. Polarización entre países de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita para el caso de tres grupos, cálculos ponderados, muestra completa, 1971-2001**

	$\beta = 0,5$			$\beta = 1$			$\beta = 1,5$		
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$
1971	0,4644	0,3794	0,3175	0,4393	0,3543	0,2925	0,4143	0,3292	0,2674
1975	0,4427	0,3536	0,2889	0,4144	0,3253	0,2605	0,3860	0,2970	0,2322
1980	0,4308	0,3458	0,2842	0,4023	0,3173	0,2557	0,3738	0,2888	0,2271
1985	0,3379	0,2338	0,1600	0,3091	0,2050	0,1312	0,2803	0,1762	0,1024
1990	0,3330	0,2343	0,1642	0,3053	0,2065	0,1364	0,2775	0,1787	0,1086
1992	0,3266	0,2301	0,1615	0,2992	0,2026	0,1340	0,2717	0,1751	0,1064
1995	0,3171	0,2238	0,1574	0,2900	0,1967	0,1303	0,2629	0,1696	0,1032
1997	0,3143	0,2209	0,1545	0,2867	0,1934	0,1270	0,2592	0,1659	0,0995
2001	0,3086	0,2152	0,1488	0,2802	0,1868	0,1205	0,2519	0,1585	0,0921

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

**Tabla 3. Polarización entre países de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita para el caso de cuatro grupos, cálculos ponderados, muestra completa, 1971-2001**

	$\beta = 0,5$			$\beta = 1$			$\beta = 1,5$		
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$
1971	0,3074	0,2071	0,1406	0,2954	0,1951	0,1286	0,2834	0,1831	0,1166
1975	0,3047	0,2063	0,1406	0,2923	0,1940	0,1283	0,2800	0,1816	0,1159
1980	0,3008	0,2043	0,1396	0,2879	0,1914	0,1267	0,2751	0,1786	0,1139
1985	0,2988	0,2031	0,1390	0,2855	0,1898	0,1257	0,2722	0,1766	0,1125
1990	0,2867	0,1947	0,1332	0,2735	0,1816	0,1201	0,2604	0,1685	0,1070
1992	0,2818	0,1930	0,1331	0,2680	0,1791	0,1192	0,2541	0,1653	0,1053
1995	0,2769	0,1914	0,1335	0,2645	0,1789	0,1210	0,2520	0,1664	0,1085
1997	0,2753	0,1902	0,1327	0,2625	0,1774	0,1199	0,2497	0,1646	0,1070
2001	0,2772	0,1928	0,1354	0,2642	0,1797	0,1223	0,2511	0,1667	0,1093

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

Estos resultados muestran un alto nivel de polarización en la distribución internacional de CO<sub>2</sub>. Polarización que ha declinado notablemente a lo largo del periodo considerado<sup>9</sup>. De

---

<sup>9</sup> La polarización en CO<sub>2</sub> era mayor que la polarización en ingreso al principio del periodo, aunque ha experimentado una mayor reducción de forma que ahora son muy similares. Esta similitud podría indicar que la polarización en emisiones podría explicarse en buena parte por la polarización en ingreso.

hecho, los valores obtenidos para el índice EGR para dos, tres y cuatro grupos muestran una clara tendencia decreciente para cualquier combinación paramétrica. La reducción es especialmente significativa para el análisis agrupando los países en dos y tres grupos, y menos pronunciada para la agrupación de los países en cuatro grupos. Si tenemos en cuenta los valores para la polarización desde 1990, año de referencia para el Protocolo de Kyoto, también se da una tendencia decreciente. No obstante, no existe tanta reducción respecto a 1995, año en que existía abundante evidencia sobre el fenómeno, ni respecto a 1997, año en que tuvieron lugar las negociaciones sobre el Protocolo.

Ahora analizamos qué clasificación por grupos es la descripción más atractiva del fenómeno de polarización. Una forma inicial de contrastar la capacidad de los diversos casos analizados podría ser utilizar los porcentajes respecto a la desigualdad en la distribución de CO<sub>2</sub> original que representa la desigualdad entre grupos de la distribución simplificada en grupos, como un indicador del error incurrido por el proceso de agrupamiento. Esto significaría calcular el ratio  $G_s/G$ . Se adjunta la tabla 4 con este objeto. En principio, se puede observar una capacidad explicativa alta para los tres casos. Por tanto, la simplificación de la distribución en sólo dos grupos de países contribuye a explicar casi el 80% de las diferencias internacionales en las emisiones per cápita. Si consideramos tres grupos en vez de dos, lo que lógicamente produce una mejora en el ajuste, nos permite explicar el 90% de las diferencias, un porcentaje muy significativo. Nótese que cambiar de tres a cuatro grupos no implica una mejora significativa en la capacidad explicativa. Dado que el objetivo adicional, además de trabajar con un error de agregación pequeño, consiste en simplificar el número relevante de grupos, nuestro

análisis llevaría a rechazar la descripción más detallada en cuatro grupos, a favor de las otras dos descripciones (dos y tres grupos). No obstante, escoger cual de esas dos representaciones es más sugerente no es fácil. A pesar de la ganancia observada en la capacidad explicativa con la distribución asociada a tres grupos, esto no parece suficiente para escoger ésta en vez de la distribución en dos grupos, que es muy simple y tiene un error de agregación pequeño. El valor mostrado por el propio índice de polarización puede ayudar en esta situación<sup>10</sup>. Puede confirmarse que en la mayoría de casos, el valor EGR para dos grupos supera al producido por el EGR para tres grupos. Sólo en los casos donde la ponderación del error de agregación —el valor del parámetro  $\beta$ — es alto, la elección podrá ser la de la alternativa de tres grupos.

---

<sup>10</sup> Como se comentó previamente, cualquier aumento en el número de grupos, por un lado llevaría a menores errores de agregación, y por tanto mayores valores de EGR pero, por otro lado, reduce el valor de ER y, como consecuencia el de EGR. Por tanto, el valor del índice podría percibirse como un indicador somero de cual es el canal que prevalece.

**Tabla 4. Desigualdad internacional (Gini) explicada por las distribuciones simplificadas**

	Dos grupos	Tres grupos	Cuatro grupos
1971	84,5%	92,6%	96,4%
1975	84,4%	91,4%	96,3%
1980	83,7%	91,2%	96,0%
1985	82,3%	90,9%	95,8%
1990	81,3%	91,0%	95,7%
1992	80,3%	90,9%	95,4%
1995	78,4%	90,7%	95,7%
1997	77,9%	90,5%	95,6%
2001	78,5%	90,2%	95,6%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

Por tanto, parece que se da una clara superioridad de la representación simplificada en dos grupos, frente a la elección de tres grupos. La tabla 5 y la figura 1 muestran los principales rasgos descriptivos de esos dos grupos, así como su evolución en los años seleccionados de la muestra utilizada. De esta forma, podemos observar que la reducción en la dualidad distributiva es principalmente atribuible a la reducción en las diferencias en las emisiones promedio (relativas) de los dos grupos. Los países con emisiones per cápita

por debajo del promedio han pasado de emitir un nivel del 21% del promedio mundial en 1971 a emitir un 39% en 2001. Respecto a los países más contaminantes, han pasado de un nivel de emisiones del 305% del promedio mundial a un 279%, siempre en términos per cápita.

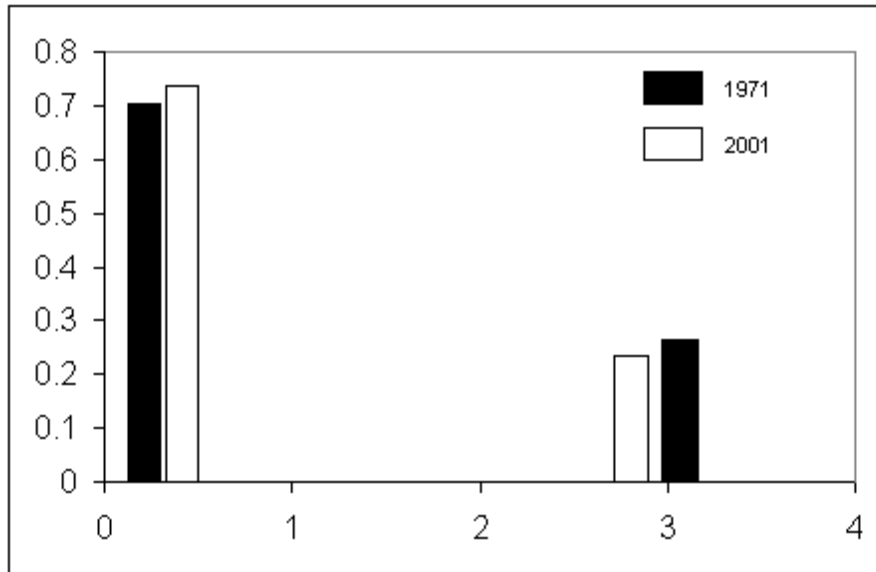
**Tabla 5. Caso de dos grupos. Descripción de los grupos**

	Grupo de bajas emisiones		Grupo de altas emisiones	
	p	$e_i/e$	p	$e_i/e$
	1971	0,72	0,21	0,28
1975	0,72	0,23	0,28	3,00
1980	0,73	0,25	0,27	2,99
1985	0,74	0,29	0,26	2,98
1990	0,73	0,33	0,27	2,88
1992	0,74	0,35	0,26	2,85
1995	0,74	0,39	0,26	2,78
1997	0,74	0,39	0,26	2,74
2001	0,75	0,39	0,25	2,79

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

**Figura 1. Representación de dos grupos. Comparación entre 1971 y 2001**

p



e/e

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

La tabla 6 y la figura 2 muestran los principales rasgos descriptivos de los grupos en el caso de tres grupos, así como su evolución a lo largo de los años de la muestra. Podemos ver que, con la división en tres grupos, al final del período los polos son más homogéneos, pero las diferencias mucho menores entre ellos explican la reducción general en polarización.

**Tabla 6. Caso de tres grupos. Descripción de los grupos**

	Grupo de bajas	Grupo de emisiones	Grupo de emisiones
--	----------------	--------------------	--------------------

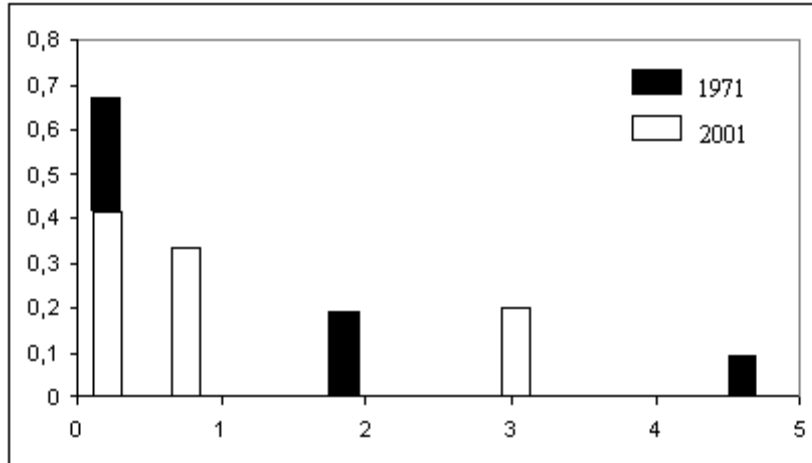


	emisiones		medias		altas	
	p	e <sub>i</sub> /e	P	e <sub>i</sub> /e	p	e <sub>i</sub> /e
1971	0,69	0,18	0,20	1,83	0,11	4,58
1975	0,66	0,19	0,16	1,37	0,18	3,66
1980	0,67	0,21	0,17	1,49	0,16	3,80
1985	0,39	0,11	0,37	0,54	0,24	3,13
1990	0,45	0,16	0,33	0,74	0,22	3,21
1992	0,45	0,17	0,33	0,76	0,22	3,10
1995	0,46	0,19	0,33	0,79	0,21	3,05
1997	0,43	0,18	0,36	0,78	0,21	3,04
2001	0,43	0,19	0,35	0,72	0,22	3,02

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

**Figura 2. Representación de tres grupos. Comparación entre 1971 y 2001.**

p



$e_i/e$

Debe señalarse que en la clasificación en dos grupos que se deriva del análisis, el *grupo por encima del promedio*<sup>11</sup> coincide ampliamente con el Anexo I del Protocolo de Kyoto (ver Anexo A.1), con algunos países suministradores de petróleo y unos pocos países con unos pesos de población relativamente bajos, con la excepción de Turquía, un país que no está incluido en el Anexo B de el Protocolo. Por tanto, todos los países con objetivos de control de sus emisiones de gases de efecto invernadero bajo el Protocolo de Kyoto (Anexo B del Protocolo) se incluyen en este grupo. En el caso de tres grupos, todos estos países se sitúan en el *grupo de emisiones altas*, mientras que en el caso menos relevante de cuatro grupos, estos países se sitúan en los grupos *medio-altas* y *altas* respecto al nivel de emisiones. Por tanto, el análisis de polarización con estos grupos determinados

---

<sup>11</sup> Nótese que en el caso de dos grupos el método EGR los clasifica directamente en grupo por encima del promedio y grupo por debajo del promedio. En el caso de más grupos, el método clasifica endógenamente los diferentes grupos de acuerdo con la metodología explicada en el texto. Esto significa que los países de la OCDE y los países del Este de Europa –los incluidos en el Anexo I– coinciden ampliamente con el grupo sobre el promedio en el caso de dos grupos, y con el grupo de emisiones altas en el caso de tres grupos.

endógenamente ampliamente coincidiría con la polarización entre las partes del Anexo B y otros grupos de países.

El hecho de que los grupos elegidos de forma endógena (grupos teóricos) coincida ampliamente con los grupos formados en las negociaciones reales de Kyoto refuerza la utilidad del análisis y abre nuevas vías para entender los procesos de negociación y sus resultados finales.

La tabla 7 muestra los resultados para un análisis de polarización con una agrupación exógena en países del Anexo B y países que no son del Anexo B.

**Tabla 7. Agrupación exógena en países del Anexo B y países que no son del Anexo B**

	$\beta = 0,5$			$\beta = 1$			$\beta = 1,5$			Poder explicativo
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	$\alpha = 1$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,6$	
1971	0,4871	0,3991	0,3303	0,4244	0,3364	0,2676	0,3617	0,2737	0,2049	81,4%
1975	0,4759	0,3917	0,3261	0,4145	0,3304	0,2648	0,3532	0,2690	0,2035	81,4%
1980	0,4528	0,3738	0,3125	0,3877	0,3086	0,2474	0,3226	0,2435	0,1822	79,9%
1985	0,4255	0,3520	0,2954	0,3561	0,2826	0,2260	0,2867	0,2132	0,1566	78,1%
1990	0,3957	0,3281	0,2764	0,3229	0,2553	0,2036	0,2501	0,1825	0,1308	76,3%
1992	0,3717	0,3077	0,2589	0,2949	0,2309	0,1821	0,2181	0,1542	0,1054	74,5%
1995	0,3286	0,2707	0,2266	0,2440	0,1861	0,1421	0,1595	0,1016	0,0575	71,0%
1997	0,3174	0,2612	0,2186	0,2292	0,1730	0,1304	0,1409	0,0847	0,0421	69,7%
2001	0,3114	0,2569	0,2157	0,2216	0,1671	0,1259	0,1318	0,0772	0,0361	69,1%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

Como puede verse, los resultados son muy similares al caso de dos grupos endógenos. La última columna muestra el grado en que esta clasificación endógena en países del Anexo B y países que no son del Anexo B es capaz de explicar la desigualdad global; es decir, el porcentaje que representa la desigualdad entre grupos respecto a la desigualdad total (Gs/G). Estos resultados muestran que la polarización entre estos grupos ha experimentado una reducción mayor que la polarización entre los grupos determinados

endógenamente. Mientras que al principio del periodo la agrupación de acuerdo a la pertenencia o no al Anexo B explicaba el 81,4% de la desigualdad total (sólo tres puntos menos que la desigualdad entre los grupos endógenos), ahora explica un 69,1 por ciento de ésta (9,4 puntos menos que la desigualdad entre grupos endógenos). A pesar de esta reducción, este es aún un porcentaje muy destacable de la desigualdad total.

El grado de segmentación de los países en grupos que son diferentes entre ellos ha disminuido claramente. Estos resultados podrían interpretarse como que la distribución de CO<sub>2</sub> actual mostraría un escenario más favorable para la consecución de acuerdos de reducción de las emisiones que si esas negociaciones hubieran tenido lugar en 1992 o cualquier otro año previo. Nuestra tesis es que un mayor *desequilibrio distributivo* podría contribuir a reconciliar los intereses y responsabilidades entre países, y esto podría significar un mejor escenario para crear el consenso político sobre las políticas ambientales y, en particular, sobre el control de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

No obstante, hasta los noventa no hubo demasiada preocupación internacional sobre el cambio climático, y la distribución de las emisiones no se percibía, en ese momento, como una fuente de conflicto entre países. Si tomamos en consideración las tendencias desde 1995 o 1997 (año en el que tuvieron lugar las negociaciones de Kyoto), los resultados no son tan concluyentes y la polarización no se habría reducido de forma significativa. Incluso se ha dado un pequeño aumento para el caso de dos y cuatro grupos de países. Esto podría indicar que la distribución desigual y polarizada de emisiones entre países, que no ha mejorado en los años más recientes, es aún uno de los factores

importantes implicando dificultades en la consecución de nuevos acuerdos que vayan más allá que el Protocolo de Kyoto.

Debe tenerse en cuenta que hay otras cuestiones distributivas que hay que tomar en consideración para realizar un análisis más comprehensivo de la convergencia de intereses entre países y por tanto en el ambiente para alcanzar acuerdos en las políticas de cambio climático. Un interesante campo para investigaciones futuras sería contrastar estos resultados con otras distribuciones relacionadas con el cambio climático que puedan afectar a la convergencia/divergencia de intereses, como la distribución de los impactos del cambio climático, las diferencias en el ingreso, y las diferencias en la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación al cambio climático. Además, se debería tener en cuenta que mayores niveles de emisiones implican mayores esfuerzos globales de reducción.

#### **4. Resultados para el caso sin ponderación por población y para la muestra excluyendo a China e India**

Los resultados de la sección previa se basan en índices de polarización ponderados, esto es, las observaciones de los países no tienen un tratamiento uniforme, sino que se ponderan de acuerdo con su población.

Por tanto, el comportamiento a lo largo del tiempo de los países con mayores poblaciones, como China o India, podría causar un gran impacto en los valores de polarización y los resultados obtenidos en el apartado previo. No obstante, podría pensarse que, en términos de conflicto político, el peso de los países podría no ser

exactamente proporcional a sus porcentajes en la población total. Es, por tanto, interesante comparara los resultados previos con los resultados bajo otros supuestos.

Hemos calculado los valores del índice de polarización considerando las diferentes observaciones de una forma uniforme. La tabla 8 muestra los resultados.

**Tabla 8. Polarización entre países de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, índices no ponderados, 1971-2001**

	EGR-2	EGR-3	EGR-4
1971	0,2847	0,2407	0,1819
1975	0,2636	0,2296	0,1765
1980	0,2467	0,2198	0,1627
1985	0,2357	0,2171	0,1714
1990	0,2214	0,2068	0,1506
1992	0,2149	0,2060	0,1524
1995	0,2113	0,2058	0,1573
1997	0,2092	0,2041	0,1561
2001	0,2134	0,2064	0,1636

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

Debe señalarse que los valores encontrados para la polarización bajo este supuesto son mucho menores. No obstante, los resultados no llevan a conclusiones cualitativas diferentes que los cálculos con ponderaciones de población, y también muestran una reducción en la polarización de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita entre países. No obstante, estos resultados deberían tenerse en cuenta con precaución, ya que no ponderar las observaciones para países implica considerar países con menos de 500.000 habitantes, como Gibraltar, Islandia o Brunei, y países como China (1.300 millones) o India (1.000 millones) de la misma forma.

China e India han experimentado un gran crecimiento económico, así como un gran incremento en sus emisiones, en años recientes. Dado sus grandes poblaciones, sería interesante comprobar hasta que punto los resultados de la polarización global se habrían visto influenciados por el comportamiento de estos países. Hemos calculado los índices de polarización excluyendo a China e India de la muestra, países cuya gran población e impresionante aumento en emisiones podría haber influenciado fuertemente la evolución de los valores de polarización globales calculados en la sección previa. La tabla 9 muestra los resultados, para los índices de polarización para los parámetros de polarización promedios<sup>12</sup>.

**Tabla 9. Polarización entre países de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, China e India excluidas, 1971–2001**

---

<sup>12</sup>  $\alpha=1,3$  y  $\beta=1$ . Los resultados con otras combinaciones de parámetros no difieren significativamente de las mostradas en el artículo.



	EGR-2	EGR-3	EGR-4
1971	0,2595	0,2475	0,1331
1975	0,2677	0,2455	0,1693
1980	0,2662	0,2184	0,1673
1985	0,2659	0,2186	0,1672
1990	0,2586	0,2302	0,1618
1992	0,2588	0,2256	0,1635
1995	0,2512	0,2279	0,1677
1997	0,2429	0,2312	0,1726
2001	0,2470	0,2320	0,1630

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2003).

Estos resultados contrastan con la evidencia indicada para la muestra completa. Los valores de polarización al principio del periodo son mucho menores que en la muestra completa, y se da una reducción muy pequeña, de forma que al final del periodo los valores son incluso mayores que en la muestra completa. Se da incluso un aumento para el caso de cuatro grupos. Dados los valores del índice de polarización EGR obtenidos, parece que la simplificación de la distribución en dos grupos vuelve a ser la más apropiada.

Excluyendo a estos dos países de la muestra, los valores de polarización al final del periodo son muy similares a los del principio. Por tanto, estos resultados muestran claramente la gran importancia en la reducción global de la polarización jugada por el

comportamiento de estos dos países, que han experimentado un gran aumento en emisiones, aumentando sus niveles per cápita.

## **5. Conclusiones**

Existen grandes diferencias entre países en las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita. Esta divergencia muestra no sólo la diferente responsabilidad en la contribución al problema, sino que es también uno de los factores que puede impedir alcanzar acuerdos en las políticas sobre el cambio climático global. Hemos argumentado sobre las ventajas del enfoque de polarización para analizar cómo esta divergencia entre países puede llevar a la aparición de situaciones e intereses polarizados entre grupos de países.

Se ha analizado el nivel de polarización en la distribución internacional de emisiones de CO<sub>2</sub> per capita para el periodo 1971-2001 adaptando a este análisis el índice EGR (Esteban et al., 1999) diseñado originalmente para el análisis de la distribución del ingreso. De acuerdo con los resultados obtenidos, destacamos lo siguiente.

Primero, a lo largo de los últimos 30 años se ha reducido de una forma importante la polarización internacional en emisiones. Se ha comprobado este menor nivel de fragmentación para la descripción con dos, tres y cuatro grupos, y para varias combinaciones paramétricas de los índices de polarización. La tendencia desde 1990, año de referencia para el Protocolo de Kyoto, es también de reducción. No obstante, no se da apenas reducción respecto a 1995, ni respecto a 1997.

Segundo, la estructura más sugerente para el análisis de polarización es la de dos grupos, dado que combina mejor la condición de considerar un mínimo número de grupos con un error de agregación reducido. La simplificación que conlleva peores resultados es la de cuatro grupos. Respecto a la clasificación en dos grupos derivada del análisis, el *grupo sobre el promedio* ampliamente coincide con el Anexo B del Protocolo de Kyoto (ver Anexo A.1), con algunos países exportadores de petróleo y unos pocos países más con un peso poblacional relativamente pequeño. Todos los países que se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero bajo el protocolo de Kyoto se incluyen en este grupo. En el caso de tres grupos, todos estos países se sitúan el *grupo de altas emisiones*. Por tanto, el análisis de polarización con estos grupos determinados endógenamente, coincide ampliamente con la polarización entre las partes del Anexo B y otros grupos de países. Además, los grupos elegidos endógenamente (grupos teóricos) coinciden ampliamente con los grupos formados en las negociaciones reales de Kyoto. Esta analogía, entre otros aspectos refuerza la utilidad del análisis y abre nuevas vías para entender los procesos de negociación y sus resultados finales.

Finalmente, se han desarrollado varios ejercicios adicionales. El cálculo de los índices en su versión no ponderada ha mostrado una reducción en la polarización a lo largo del periodo considerado, coincidiendo con los resultados previos. La exclusión de China e India de la muestra lleva a unos menores valores de polarización al principio del periodo y una mucho menor reducción a lo largo del periodo, lo que muestra la importancia del aumento de emisiones en esos grandes países en explicar los valores globales de polarización y su tendencia decreciente.

Por tanto, se da un claro progreso durante el periodo considerado hacia una menor dualidad en el nivel de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita entre países. Respecto a la distribución de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, esta reducción en la polarización de las emisiones per cápita entre países significaría un escenario más factible para los acuerdos que en 1990, año de referencia para el Protocolo de Kyoto, y también con respecto a cualquier año previo de la muestra. No obstante, no ha habido una tendencia clara desde 1995, ni respecto a 1997, cuando tuvieron lugar las negociaciones sobre el Protocolo. Esto podría indicar que la distribución polarizada de emisiones entre países es uno de los factores que contribuiría de forma importante a las dificultades en la consecución de nuevos acuerdos que vayan más allá del Protocolo de Kyoto.

Sería interesante analizar la evolución de la distribución de emisiones desde el punto de vista de la polarización en los próximos años para comprobar si la convergencia/divergencia en la situación de diferentes grupos de países podría facilitar la convergencia/divergencia en intereses entre países. Por supuesto, este análisis debería complementarse con el análisis de la distribución de otros factores, como la vulnerabilidad, la diferencia en los impactos (situación geográfica), ingreso, y las dotaciones de recursos energéticos contaminantes, entre otros importantes factores que también tienen un efecto relevante.

## **Referencias**

Alcántara, V., y J.A. Duro (2004). "Inequality of Energy Intensities Across OECD Countries: a Note." *Energy Policy* 32: 1257-1260.

- Agarwal, A., y S. Narain (1991). *Global Warming in an Unequal World*. New Delhi: Center for Science and Environment.
- Arrow, K., B. Boling, R. Costanza, P. Dasgupta, C. Folke, S. Holling, B.-O. Jansson, S. Levin, K.-G. Mäler, C. Perrings, y D. Pimentel (1995). "Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment." *Science* 268: 520-521.
- Cline, W.R. (1992). *The Economics of Global Warming*. Washington, DC: Institute for International Economics.
- Cowell, F. (1995). *Measuring Inequality*. Second edition. New York: Prentice Hall.
- Davies, J., y A. Shorrocks (1989). "Optimal Grouping of Income and Wealth Data." *Journal of Econometrics* 42: 97-108.
- Duro, J.A. (2005). "Another Look to Income Polarization across Countries." *Journal of Policy Modeling* 27: 1001-1007.
- Duro, J.A., y E. Padilla (2006). "International Inequalities in per capita CO<sub>2</sub> Emissions: a Decomposition Methodology by Kaya Factors." *Energy Economics* 28: 170-187.
- Esteban, J., y D. Ray (1994). "On the Measurement of Polarization." *Econometrica* 62: 819-852.
- Esteban, J., C. Gradín, y D. Ray (1999). "Extensions of a Measure of Polarization, with an Application to the Income Distribution of five OECD Countries." Luxembourg Income Study Working Paper Series 218. Syracuse, New York: Maxwell School of Citizenship and Public Affairs, Syracuse University.
- Gradín, C. (2000). "Polarization by Sub-populations in Spain, 1973-91." *Review of Income and Wealth* 46: 457-474.
- Grubb, M. (1990). "The Greenhouse Effect: Negotiating Targets." *International Affairs*

66: 67-89.

Hedenus, F., y C. Azar (2005). "Estimates of trends in global income and resource inequalities." *Ecological Economics* 55: 351-364.

International Energy Agency, IEA (2003). *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, 1971-2001*. Paris: OECD.

Heil, M.T., y Q.T. Wodon (1997). "Inequality in CO<sub>2</sub> Emissions between Poor and Rich Countries." *Journal of Environment and Development* 6: 426-452.

Heil, M.T., y Q.T. Wodon (2000). "Future Inequality in CO<sub>2</sub> Emissions and the Impact of Abatement Proposals." *Environmental and Resource Economics* 17: 163-181.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (1996). *Climate Change 1995. Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press.

International Energy Agency, IEA (2003). *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel combustion, 1971-2001*. 2003 Edition. Paris: International Energy Agency.

Meyer, A. (1995). *The Unequal Use of the Global Commons. Presented at IPCC Workshop on Equity and Social Considerations, Nairobi, July*.

Padilla, E., y A. Serrano (2006). "Inequality in CO<sub>2</sub> emissions across countries and its relationship with income inequality: a distributive approach." *Energy Policy* 34: 1762-1772.

Pearce, D.W., y Warford, J.J. (1993). *World without End*. New York: Oxford University Press.

- Roca, J., y V. Alcántara (2002). "Economic Growth, Energy Use, and CO<sub>2</sub> Emissions."  
in: Blackwood, J.R. (Ed.) Energy Research at the Cutting Edge. New York:  
Novascience.
- Sen, A. (1973). On Economic Inequality. Oxford: Clarendon Press.
- Sun, J.W. (2002). "The Decrease in the Difference of Energy Intensities between OECD  
Countries from 1971 to 1998." Energy Policy 30: 631-635.
- Torras, M., y J.K. Boyce (1998). "Income, Inequality and Pollution: a Reassessment of  
the Environmental Kuznets Curve." Ecological Economics 25: 147-160.
- Theil, H. (1967). Economics and Information Theory. Amsterdam: North Holland.
- Wolfson, M. (1994). "Divergent Inequalities: Theory and Empirical Results." The  
Review of Income and Wealth 43: 401-422.
- Wirth, D.A., y D.A. Lashof (1990). Ambio 19: 305-310.
- Zhang, X., y Kanbur (2001). "What Difference do Polarization Measures Make? an  
Application to China." Journal of Development Studies 37: 85-98.

## **Anexo A. Grupos de países derivados del análisis de polarización**

### *A.1. Grupos Óptimos: caso de dos grupos, año 2001*

*Grupo bajo el promedio:* Democratic Republic of Congo, Ethiopia & Eritrea, Mozambique, United Republic of Tanzania, Myanmar, Nepal, Other Africa, Zambia, Cameroon, Haiti, Other Asia, Togo, Sudan, Bangladesh, Congo, Benin, Kenya, Ghana, Côte d'Ivoire, Nigeria, Senegal, Angola, Yemen, Paraguay, Sri Lanka, Vietnam, Pakistan, Nicaragua, Honduras, Guatemala, El Salvador, Philippines, Peru, Zimbabwe, Bolivia, India, Albania, Morocco, Costa Rica, Colombia, Gabon, Indonesia, Uruguay, Ecuador, Panamá, Egypt, Brazil, Tunisia, Dominican Republic, Algeria, China, Thailand, Turkey, Cuba, Jordan, Chile, Syria, Argentina, Other Latin America, Dem. People's Republic of Korea, Iraq, Lebanon, Mexico.

*Grupo sobre el promedio:* Jamaica, Romania, Former Yugoslavia, Malaysia, Iran, Venezuela, Malta, Sweden, Hungary, Bulgaria, Hong-Kong, Portugal, Switzerland, France, Spain, South Africa, Slovak Republic, Italy, Lybia, Iceland, Poland, Former USSR, Cyprus, Austria, Greece, Norway, New Zealand, Japan, United Kingdom, Korea, Denmark, Oma, Taipei, Israel, Germany, Netherlands, Singapore, Ireland, Czech Republic, Finland, Belgium, Trinidad, Saudi Arabia, Brunei, Gibraltar, Canada, Australia, Luxembourg, United States, Bahrain, United Arab Emirates, Kuwait, Qatar.

### *A.2. Grupos óptimos: caso de tres grupos, año 2001*

*Grupo de bajas emisiones:* Democratic Republic of Congo, Ethiopia & Eritrea, Mozambique, United Republic of Tanzania, Myanmar, Nepal, Other Africa, Zambia, Cameroon, Haiti, Other Asia, Togo, Sudan, Bangladesh, Congo, Benin, Kenya, Ghana,



Côte d'Ivoire, Nigeria, Senegal, Angola, Yemen, Paraguay, Sri Lanka, Vietnam, Pakistan, Nicaragua, Honduras, Guatemala, El Salvador, Philippines, Peru, Zimbabwe, Bolivia, India, Albania, Morocco, Costa Rica, Colombia, Gabon, Indonesia, Uruguay, Ecuador.

*Grupo de emisiones medias:* Panamá, Egypt, Brazil, Tunisia, Dominican Republic, Algeria, China, Thailand, Turkey, Cuba, Jordan, Chile, Syria, Argentina, Other Latin America, Dem. People's Republic of Korea, Iraq, Lebanon, Mexico.

*Grupo de emisiones altas:* Jamaica, Romania, Former Yugoslavia, Malaysia, Iran, Venezuela, Malta, Sweden, Hungary, Bulgaria, Hong-Kong, Portugal, Switzerland, France, Spain, South Africa, Slovak Republic, Italy, Lybia, Iceland, Poland, Former USSR, Cyprus, Austria, Greece, Norway, New Zealand, Japan, United Kingdom, Korea, Denmark, Oma, Taipei, Israel, Germany, Netherlands, Singapore, Ireland, Czech Republic, Finland, Belgium, Trinidad, Saudi Arabia, Brunei, Gibraltar, Canada, Australia, Luxembourg, United States, Bahrain, United Arab Emirates, Kuwait, Qatar.

### *A.3. Grupos óptimos: caso de cuatro grupos, año 2001*

*Grupo de bajas emisiones:* Democratic Republic of Congo, Ethiopia & Eritrea, Mozambique, United Republic of Tanzania, Myanmar, Nepal, Other Africa, Zambia, Cameroon, Haiti, Other Asia, Togo, Sudan, Bangladesh, Congo, Benin, Kenya, Ghana, Côte d'Ivoire, Nigeria, Senegal, Angola, Yemen, Paraguay, Sri Lanka, Vietnam, Pakistan, Nicaragua, Honduras, Guatemala, El Salvador, Philippines, Peru, Zimbabwe, Bolivia, India, Albania, Morocco, Costa Rica, Colombia, Gabon, Indonesia, Uruguay, Ecuador.

*Grupo de emisiones medio-bajas:* Panamá, Egypt, Brazil, Tunisia, Dominican Republic, Algeria, China, Thailand, Turkey, Cuba, Jordan, Chile, Syria, Argentina, Other Latin America, Dem. People's Republic of Korea, Iraq, Lebanon, Mexico.

*Grupo de emisiones medio-altas:* Jamaica, Romania, Former Yugoslavia, Malaysia, Iran, Venezuela, Malta, Sweden, Hungary, Bulgaria, Hong-Kong, Portugal, Switzerland, France, Spain, South Africa, Slovak Republic, Italy, Lybia, Iceland, Poland, Former USSR, Cyprus, Austria, Greece, Norway, New Zealand, Japan, United Kingdom, Korea, Denmark, Oma, Taipei, Israel, Germany.

*Grupo de altas emisiones:* Netherlands, Singapore, Ireland, Czech Republic, Finland, Belgium, Trinidad, Saudi Arabia, Brunei, Gibraltar, Canada, Australia, Luxembourg, United States, Bahrain, United Arab Emirates, Kuwait, Qatar.

## Últims documents de treball publicats

NUM	TÍTOL	AUTOR	DATA
07.06	Análisis de la distribución de las emisiones de CO2 a nivel internacional mediante la adaptación del concepto y las medidas de polarización	Juan Antonio Duro Moreno Emilio Padilla Rosa	Setembre 2007
07.05	Equity and CO2 Emissions Distribution in Climate Change Integrated Assessment Modelling	Nicola Cantore Emilio Padilla Rosa	Setembre 2007
07.04	The Appraisal of Projects with Environmental Impacts. Efficiency and Sustainability	Joan Pasqual Emilio Padilla	Setembre 2007
07.03	La evaluación de proyectos con impacto ambiental. Eficiencia y sostenibilidad.	Joan Pasqual Emilio Padilla	Juliol 2007
07.02	ANÁLISIS INPUT-OUTPUT Y EMISIONES DE CO2 EN ESPAÑA: UN PRIMER ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE SECTORES CLAVE EN LA	Vicent Alcántara	Juliol 2007
07.01	Commuters' valuation of travel time variability in Barcelona	Javier Asensio, Anna Matas	Gener 2007
06.06	The short and long-run determinants of the real exchange rate in Mexico	Antonia Lopez Villavicencio, Josep Lluís Raymond	Octubre 2006
06.05	Real equilibrium exchange rates. A panel data approach for advanced and emerging economies	Antonia Lopez Villavicencio	Octubre 2006
06.04	El nuevo mapa de los distritos industriales de España y su comparación con Italia y el Reino Unido	Rafael Boix, Vittorio Galletto	Setembre 2006
06.03	SPRAWL. Definición, causas y efectos	Ivan Muñoz, Miquel Angel García, Daniel Calatayud	Juny 2006
06.02	Análisis de los factores determinantes de las desigualdades internacionales en las emisiones de CO2 per cápita aplicando el enfoque distributivo: una	Juan Antonio Duro Moreno, Emilio Padilla Rosa	Febrer 2006
06.01	An input-output analysis of the "key" sectors in CO2 emissions from a production perspective: an application to the Spanish economy	Vicent Alcántara, Emilio Padilla	Febrer 2006
05.15	The relevance of Post-Match LTC: Why has the Spanish labor market become as volatile as the US one?	Hector Sala, Jose I. Silva	Octubre 2005
05.14	Sistemas Locales de Trabajo y Distritos Industriales Marshallianos en España	Rafel Boix Domenech, Vittorio Galletto	Setembre 2005
05.13	The spatial effect of intra-metropolitan agglomeration economies	Miguel Ángel García López, Ivan Muñoz	Juny 2005