

## **8. Capítulo 8. Conclusiones y reflexiones**

### **8.1 Primera conclusión: Cumplimiento de los acuerdos de Kyoto**

Después de la presentación de los diferentes escenarios alternativos analizados, podemos extraer una serie de conclusiones que se pueden concatenar con los objetivos de esta Tesis Doctoral, expuestas en el capítulo 3.

Como primera conclusión, después del análisis de resultados, podemos afirmar que en el día de hoy existe, un margen de optimismo respecto al cumplimiento de los acuerdos de Kyoto por parte de los países del Anexo B (en nuestro trabajo la región Anexo 1), en su conjunto, de dicho Protocolo. A menos de una década del final del primer periodo de compromiso del Protocolo, aunque de facto, no existe una verdadera política de mitigación de emisiones en la mayoría de países de esta región, exceptuando algunos países de la Unión Europea, sí existen tendencias históricas de reducción de la intensidad carbono, por reestructuración de los sectores económicos (mayor peso del sector servicios, desmaterialización de la economía, crisis en los sectores industriales de gran intensidad del carbono como la industria pesada del acero, etc.); y existe también, la introducción de las energías renovables dentro del vector energético, aunque muy tímidamente.

Estas dos tendencias permiten, a esta región, estar en una posición ventajosa para poder realizar políticas de mitigación actuando sobre estos factores.

Otro factor que nos hace pensar en este margen de optimismo es el valor y la tendencia del indicador tecnológico “intensidad energética”. Es un valor relativamente bajo y con tendencia de crecimiento negativa. Por lo que, paralelamente podemos hablar de un proceso de mejora de la eficiencia energética en los procesos productivos de los países del Anexo B del Protocolo.

Sin embargo, no debemos olvidar aquí, que los países en vías de transición económica (antiguos países que formaban el bloque del Este) que se encuentran dentro de este grupo de países de la región Anexo 1, y que, debido a la profunda crisis económica que

viven, sus emisiones se han reducido drásticamente respecto a los valores de referencia del año 1990. Esta conjunción de hechos, permite en el presente año (2003), estar en una posición ventajosa para poder cumplir los objetivos del Protocolo de Kyoto. A pesar de que con los últimos datos estadísticos publicados (año 2001), esta región no ha disminuido, sino ha incrementado su nivel de emisiones sobre el de referencia del año 1990 (ver figura 5.5).

El esfuerzo necesario sobre los factores motores de las emisiones (que hemos tenido en cuenta en nuestro modelo) para cumplir los objetivos citados, los podemos escalar cualitativamente en dos tipos. Un esfuerzo relativamente liviano (desde el punto de vista de las tasas de crecimiento medio anual), a través de la reducción de la intensidad energética en este grupo de países (doblar la tasa de decrecimiento de esta variable en un década aproximadamente), permitiría cumplir los objetivos de Kyoto; este esfuerzo es el menos oneroso, y además se dispone de manera creciente de tecnologías que nos permiten reducir la intensidad energética. El otro esfuerzo, de carácter más costoso, es el cambio del vector energético, aumentando el peso de las energías renovables en detrimento de los combustibles fósiles, si lo aplicamos en el tiempo de estudio, es más difícil de cumplir (multiplicar prácticamente por diez las tasas de crecimiento dentro del vector energético de este tipo de energía primaria), debido a la poca implantación de este tipo de vector en la mayoría de países que componen esta región. Estos resultados se encuentran en consonancia con los futuros descritos por el IPCC en su Tercer Informe sobre el Cambio Climático: Mitigación del año 2000. En donde, en los escenarios más probables de mitigación se comienza con la aplicación de políticas de promoción de las tecnologías disponibles para el aumento de la eficiencia energética, para pasar posteriormente, cuando sean ya demasiado caras ulteriores rebajas de la intensidad energética, al cambio paulatino del vector energético a favor de las fuentes de energía primaria de emisiones cero o prácticamente cero (IPCC, Grupo de Trabajo III, 2001) (energías renovables).

Por otra parte, la aplicación de los Mecanismos de Flexibilidad, parecen que permitirán a esta región (Anexo 1) alcanzar los objetivos de Kyoto de una forma cómoda y barata. En todos los supuestos, existen reducciones adicionales que se pueden computar en las emisiones de los países del Anexo B. En el caso más negativo, el escenario B del escenario BaU, se consigue sin ninguna medida doméstica de reducción, y con la

mínima inversión en estos Mecanismos al precio de la tonelada de carbono evitada más cara, una reducción en el último año del primer periodo de compromiso del - 3,2 % respecto a las emisiones de esta región en el año 1990. En el escenario A, escenario positivo, se producen unas reducciones sobre el escenario BaU del -139,2 % respecto a los niveles del 1990.

Por tanto, podemos indicar que los países del Anexo B del Protocolo de Kyoto, con todos los Mecanismos que proporciona el propio Protocolo, pueden alcanzar, en su conjunto, los objetivos de reducción de emisiones acordados, prácticamente sin variar las tendencias históricas actuales de los factores motores de las mismas.

Como conclusión, los países del Anexo B del Protocolo de Kyoto, fácilmente pueden alcanzar las metas del Protocolo o a través de políticas de mitigación centradas en la mejora de la eficiencia energética, o a través de políticas de mitigación con la implantación de las energías renovables, o de ambas políticas a la vez. Incluso estos países pueden llegar a cumplir sus compromisos sin nuevas políticas de mitigación, utilizando los Mecanismos de Flexibilidad exclusivamente.

Esto nos abre el gran interrogante del impacto de estas políticas sobre las emisiones mundiales. Tanto si se realizan políticas de mitigación sobre la intensidad energética o en el vector energético, las emisiones mundiales aumentan, aunque con menor velocidad que en el escenario BaU. Por otra parte cada una de las políticas afecta de manera diferente a las emisiones mundiales, así si realizamos variación del vector energético, se ve claramente un punto de inflexión y una disminución posterior de las emisiones mundiales después del primer periodo de compromiso del Protocolo, pero con emisiones acumuladas mayores que si realizamos políticas, exclusivamente, sobre la intensidad energética. Si realizamos este tipo de políticas, las emisiones mundiales siguen creciendo, pero con valores de emisiones mundiales acumuladas menores que en el escenario de variación del vector energético. Si se realizan las dos políticas paralelamente, las emisiones mundiales dentro del primer periodo de compromiso del Protocolo de Kyoto alcanzan un máximo y disminuyen, siendo este escenario el mejor al sumarse los efectos positivos de los dos tipos de políticas, sin utilizar los Mecanismos de Flexibilidad para con terceros países.

El impacto de los Mecanismos de Flexibilidad sobre las emisiones mundiales, depende sobre todo de cómo estos Mecanismos afectan a las emisiones de los países que forman el Anexo 2 (resto del mundo). En el presente trabajo no hemos considerado el efecto de “desbordamiento” que contemplan muchos informes internacionales sobre el comportamiento de las emisiones de los países del Anexo 2 (IPCC, Grupo de Trabajo III, 2001), donde se valora un aumento de las emisiones entre un 2 y un 20% más que los escenarios de referencia, por el efecto de las inversiones de los países del Anexo B sobre el resto del mundo (países en vías de desarrollo) mediante estos Mecanismos de Flexibilidad. En nuestro estudio, desde una perspectiva optimista, tenemos una amplia gama de posibilidades, desde que no afecte a las emisiones y estas se mantengan según el escenario de referencia, a que exista una reducción efectiva de las emisiones en esta región por el mismo valor de reducción producida por los Mecanismos. Esta hipótesis nos dibuja un abanico de reducciones de emisiones mundiales, siendo la mínima en torno al 71,4 % respecto a los niveles del año 1990 (escenario 3A o positivo del escenario 3, con políticas de mitigación a través de la intensidad energética y vector energético), hasta el mantenimiento actual de la tendencia mundial, con un aumento del 24 % respecto a los niveles del año 1990 (escenario BaU), para el último año del primer periodo de compromiso del Protocolo de Kyoto.

En cualquier caso es necesario constatar que en consonancia con todos los informes internacionales, el cumplimiento del Protocolo de Kyoto es, por si solo, insuficiente para una reducción real de las emisiones mundiales, si no existe un verdadero compromiso de reducción de las emisiones por parte de los países del Anexo B, para que el resto del mundo se vea influenciado y cambien sus tendencias de desarrollo en cuanto a las emisiones. De otra manera es imposible que el futuro mundial siga las posibles tendencias positivas descritas en el presente trabajo.

## **8.2 Segunda conclusión: Validación de la metodología empleada**

La segunda meta que contemplábamos en el capítulo 3 tenía un marcado carácter metodológico. A través de modelos reducidos multinivel de fácil comprensión, y como apoyo a una valoración integral, analizar problemas globales Tierra/humanidad, con el

objeto de aplicarlos en la ayuda de toma de decisiones políticas (y aplicables si se quiere, en el ámbito educacional en general).

Después de comparar el escenario de referencia BaU realizado en esta Tesis Doctoral, con los escenarios de referencia desarrollados por la IPCC (familias de escenarios IE – EE), podemos ver que para los valores de las primeras fuerzas motoras consideradas en nuestro escenario (PIB, Intensidad energética, Peso del carbón dentro del vector energético, Emisiones por la quema de combustibles fósiles y Emisiones por uso de la Tierra), para el año 2020, corresponden a la familia A1 (escenarios IE – EE), y dentro de esta familia de escenarios, los datos más coincidentes corresponden a la subfamilia A1B. También, si nos fijamos solamente en los valores de las fuerzas determinantes, exceptuando el crecimiento económico (PIB), coinciden los resultados con la familia B1 (escenarios IE – EE).

Escogemos el año 2020, como año de comparación, ya que nuestros modelos nos han proporcionado los datos de la simulación de los escenarios hasta el año 2025, y como año comparativo hemos preferido escoger un año, dentro del último periodo de tiempo, que no se ha considerado directamente en este trabajo, en el cual se supone que existirían más divergencias de resultados.

La familia de escenarios A1 describe un mundo futuro en rápido crecimiento económico, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Dentro de esta familia de escenarios se describen tres direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema energético: la A1FI, utilización intensiva de combustibles de origen fósil; A1T, utilización de fuentes de energía de origen no fósil, y la A1B, utilización equilibrada de todo tipo de fuentes de energía. Precisamente este último es el grupo que coincide en el valor de todas las fuerzas conductoras consideradas en nuestro escenario de referencia (ver figura 5.3).

Por otra parte, también existen coincidencias en la familia evolutiva de escenarios B1; esta familia describe un mundo convergente con rápidos cambios en las estructuras económicas, orientados a una economía de servicios y de información, acompañada de una utilización menos intensiva de los materiales e introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos.

Estas coincidencias se pueden apreciar en la tabla 8.1

**Tabla 8.1**

	Escenario BaU	Escenario BaU	Escenario A1B IE - EE	Escenario A1B IE - EE	Escenario B1 IE - EE	Escenario B1 IE - EE
<b>Fuerza determinante</b>	<b>1990</b>	<b>2020</b>	<b>1990</b>	<b>2020</b>	<b>1990</b>	<b>2020</b>
<b>PIB (10<sup>12</sup> \$)</b>	<b>26,17</b>	<b>55,19</b>	<b>21,00</b>	<b>56,00 (48-61)</b>	<b>21,00</b>	<b>53,00 (46-57)</b>
<b>Intensidad energética ktep/10<sup>9</sup>\$</b>	<b>320,7</b>	<b>231,6</b>	<b>379,5</b>	<b>213,6 (197,7- 272,7)</b>	<b>379,5</b>	<b>200,0 (152,3- 263,6)</b>
<b>% carbón dentro vector</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>23 (8- 28)</b>	<b>24</b>	<b>22 (8- 27)</b>
<b>Emisiones combustibles fósiles (Millones t CO<sub>2</sub>)</b>	<b>23362</b>	<b>34189</b>	<b>22000</b>	<b>31900 - 53900</b>	<b>22000</b>	<b>28600 - 48400</b>
<b>Emisiones uso de la tierra (Millones t CO<sub>2</sub>)</b>	<b>2508</b>	<b>2344</b>	<b>4033</b>	<b>1833</b>	<b>4033</b>	<b>2200</b>

**Comparativa: Valores fuerzas motoras del escenario BaU con escenarios IE-EE. Datos comparativos para los años 1990 y 2020.**

A través de esta comparación podemos argumentar, que la metodología utilizada en esta Tesis Doctoral es válida para el objeto de aplicación. Así, la utilización de modelos reducidos multinivel nos permiten desarrollar escenarios de problemáticas globales que debido a su transparencia y simplicidad son óptimos para su aplicación a nivel político y educacional, ayudan a comprender mejor el efecto que las fuerzas determinantes tienen sobre estos problemas, a través de estudios sensitivos de estas variables; y sus resultados son tan válidos desde un punto de vista cualitativo, como lo pueda ser con la utilización de cualquier otra metodología.

### **8.3 Tercera conclusión: Propuestas**

La tercera conclusión, correspondiente al tercer objetivo expuesto en el Capítulo 3 de este trabajo, es la de definir, a partir del trabajo realizado, una o varias propuestas sobre las políticas más plausibles, para alcanzar el cumplimiento los acuerdos de Kyoto por parte de los países pertenecientes al Anexo B de dicho Protocolo; sin perder de vista el objetivo científico de intentar reducir a nivel mundial las emisiones de CO<sub>2</sub>.

A simple vista, y tal como comentábamos en el primer punto de este Capítulo, parece que aplicando medidas de mitigación domésticas, sin utilizar los Mecanismos de Flexibilidad del Protocolo, se puede llegar a cumplir éste, actuando con políticas sobre la promoción de la eficiencia energética, y/o sobre el vector energético.

Si se aplican los Mecanismos de Flexibilidad, sin ningún tipo de políticas de mitigación de carácter nacional, también es posible el cumplimiento del Protocolo.

Si se aplican unas y otras, consecuentemente, también se cumpliría y con creces las obligaciones que emanan del Protocolo.

Estas actuaciones de los países con obligaciones de reducción, implica que, a pesar del cumplimiento de sus objetivos, las emisiones mundiales pueden seguir aumentando, y consecuentemente las concentraciones de CO<sub>2</sub>, seguirían creciendo, agravando los cambios producidos en la climatología.

Las únicas actuaciones, de las señaladas, sin aplicar los Mecanismos de Flexibilidad, que incide en las emisiones mundiales, es la de actuar (los países con obligaciones de reducción) sobre su vector energético solamente, o también simultáneamente sobre la intensidad energética (escenarios 2 y 3, ver figura 7.13, figura 7.14 y figura 7.22). El hecho, de que las medidas exclusivas sobre la intensidad energética (escenario 1) no la consideremos como una actuación que ayude a disminuir las emisiones mundiales, aunque puedan servir para cumplir los acuerdos de Kyoto por parte de los países del Anexo B del Protocolo, se basa en que este proceso en si mismo, puede aportar consecuencias nefastas a medio plazo. Si todo el esfuerzo se dedica a la reducción de la

intensidad energética, es decir, aumentando la eficiencia energética, el modelo energético actual no variaría. Esta reducción tiene un límite impuesto por el propio modelo energético (vector energético), ya que la utilización de los combustibles fósiles implica máquinas térmicas afectadas por eficiencias energéticas muy bajas. Si con esta dinámica no se realiza un esfuerzo en paralelo, o más importante, del cambio del vector energético (aumento de energías renovables), puede ocurrir que posteriormente, estos países que emprendan exclusivamente políticas de ese tipo, no se encuentren preparados para ulteriores rebajas de las emisiones, e incluso si la demanda energética aumenta, que aumenten estas emisiones, si se alcanza el techo tecnológico en la reducción de la intensidad energética.

El problema de fondo es el modelo de desarrollo económico, y dependiendo de él, el energético. Por tanto, la política más plausible sería, en vez de actuar sobre la intensidad energética para cumplir Kyoto, actuar sobre el cambio del vector energético, como mínimo, o sobre ambos factores. Como hemos visto el cambio sobre el vector energético es oneroso y es posible que si se emprende este camino no se cumpla Kyoto. A pesar de ello, esto supondría una solución más idónea y duradera que la primera opción, pues permitiría reducciones adicionales a más largo plazo (cambio del modelo energético), y la contención de las emisiones mundiales.

Este tipo de política de mitigación nacional bastaría para modificar la tendencia creciente de las emisiones mundiales durante un cierto periodo de tiempo, en donde volverían a crecer, si no existiesen políticas de mitigación en el resto del mundo, por culpa de las emisiones crecientes de los países en vías de desarrollo. Esta es una actuación coherente con el espíritu de la Cumbre de Río, ya que daría un mayor periodo de tiempo a los países en vías de desarrollo de adecuarse a las nuevas tecnologías energéticas.

Respecto a los Mecanismos de Flexibilidad, no cabe duda que son una excelente herramienta para los países con obligaciones en reducción, para cumplir los objetivos que emanan del Protocolo, pero tiene el peligro de que incidan negativamente en las emisiones mundiales, si no producen reducciones reales sobre el escenario BaU de los países que no tienen obligaciones en reducciones (resto del mundo). Por desgracia este

supuesto es el más probable, si los países con obligaciones utilizan estos mecanismos para sus reducciones, sin medidas de mitigación nacionales.

Por tanto, es urgente y necesario, proponer, desarrollar e implantar políticas de mitigación a nivel nacional, no solo con el objeto de cumplir las obligaciones que emanan del Protocolo de Kyoto, si no con vista a reducciones en un más largo plazo; ya que se podría llegar a cumplir Kyoto, pero quedando en un estado, que impida reducciones posteriores (si se realizan políticas de mitigación actuando solo sobre la intensidad energética, por ejemplo).

La propuesta de políticas de mitigación que realizamos después de este análisis, es que, es preferible no cumplir Kyoto, y comenzar a implantar políticas serias sobre el cambio de modelo energético, el paso de un modelo que se apoya en combustibles fósiles, por otro modelo que se base en las energías renovables.

Sin este paso, cualquier otra medida no incide en la reducción real y duradera de las emisiones a nivel mundial. También somos conscientes de la dificultad en la aplicación, ya que provocaría un cambio en el modelo de desarrollo imperante en nuestros días; pero cada día que pasa y constatando la evolución de las emisiones a nivel mundial (ver figura 2.17), se hace necesario.

También parece claro, que si no actúan los países más desarrollados (países del Anexo B del Protocolo), difícilmente actuará por su cuenta el resto del mundo, por lo que la utilización de los Mecanismos de Flexibilidad se tendría que utilizar con sumo cuidado en cualquiera de los supuestos. Es decir, que su aplicación estuviese supeditada a la aplicación de estrictas políticas de mitigación nacionales, y no a un simple mercado de reducción de emisiones.

#### **8.4 Reflexiones**

A principios de este siglo la humanidad se encuentra con la gran primera encrucijada de su existencia, el impacto de la especie sobre el medio en el que se asienta es tan grande,

que incluso puede provocar cambios climáticos que puede poner en peligro la propia pervivencia de parte de la humanidad.

De momento, y a pesar de los esfuerzos de la comunidad internacional (podemos destacar sobre todo el papel jugado por organismos supranacionales -ONU, IPCC, etc-), no existe un rumbo claro, ni una clara concienciación del problema a nivel de las políticas estatales reales de los países desarrollados.

No cabe duda que, para poder variar esta inercia, en la posición de los gobernantes y de la propia población, hace falta una enorme difusión de este problema, sus implicaciones, y sus fuerzas determinantes. Esta misma conclusión se recoge en la mayoría de informes internacionales sobre esta problemática (IPCC, Grupo de Trabajo III, 2000).

Creemos que a través de esta Tesis Doctoral presentamos una metodología y unas herramientas que pueden ayudar a este fin.

También consideramos que existen aportaciones suficientes como para seguir investigando y ampliando la metodología, a esta y a otras problemáticas globales en donde intervengan el medio natural y el ser humano.

Particularmente en nuestro tema de emisiones antropogénicas, una de las líneas de aplicación de esta metodología sería la introducción de otro factor determinante que es la población en si misma, que en el presente trabajo se ha obviado. Otra posible futura aportación sería la introducción de no sólo regiones, sino de todos los países del mundo, en la metodología y herramienta informática utilizada, cuando sean más fiables y homogéneas las bases de datos internacionales relacionadas con este tema. Así mismo tener en cuenta las emisiones de otros gases efecto invernadero (la cesta), los coeficientes de fijación de carbono para los diferentes tipos de foresta, y la introducción de la fijación de carbono por la superficie de la tierra. Esto permitiría una contabilización más exacta del carbono, y por tanto disminuir los errores dentro de los resultados de los escenarios.