

## **6. Capítulo 6. Escenario mundial con aplicación del Comercio de Emisiones según bibliografía**

### **6.1 Introducción**

En este capítulo presentamos los resultados del modelo de primer nivel, ya explicado en el capítulo 4 “Metodología”. Con este modelo realizaremos dos escenarios alternativos (uno positivo y otro negativo), por cada escenario realizado con el modelo de segundo orden.

Las hipótesis de partida para la realización de estos dos escenarios, es que se alcance para el último año del primer periodo de compromiso del Protocolo de Kyoto (año 2012), un régimen permanente en los mecanismos de flexibilización que se acordaron en Kyoto, y que hoy en día se siguen reglamentando. Estos dos escenarios se realizan teniendo en cuenta dos supuestos. Uno optimista en el cual se considera la máxima inversión, en porcentaje sobre el PIB, por los países del Anexo 1 (Anexo B del Protocolo de Kyoto) dedicado al Comercio global de emisiones, con el precio más barato de la tonelada de dióxido de carbono en este mercado global, y otro escenario más pesimista con la mínima inversión y máximo precio de la tonelada de dióxido de carbono, según los resultados de los diferentes modelos comparados por la EIA (Energy International Agency) de la OCDE; ambos supuestos se alcanzan en el año 2012.

Se considera que comienza a desarrollarse el mercado en el presente año, y de las infinitas posibles evoluciones desde este año inicial (2003) hasta el año de estabilización del mercado (2012) hemos escogido una aproximación lineal (evolución lineal), de toda una serie de evoluciones analizadas: a tasa de crecimiento constante, tasas de crecimiento variable y lineal. A partir del año 2012 hasta el año final del escenario, 2015, consideramos el mercado en régimen permanente y se mantendrán constante el porcentaje de inversión sobre el PIB, y el precio de la tonelada de dióxido de carbono en el mercado internacional.

Consideramos que la situación inicial de este mercado es inversión 0 \$ para el año 2002, y evoluciona linealmente hasta su valor máximo en el año 2012. El precio inicial de la reducción de una tonelada de emisión de CO<sub>2</sub> tiene un valor totalmente incierto. Cuando se alcanza el régimen permanente de mercado (que nosotros consideramos para el último año del primer periodo de compromiso), el precio de la reducción de una tonelada de emisión de CO<sub>2</sub> corresponderá aproximadamente como la bibliografía especializada comenta (IEA/OCDE, 2001) a la media entre el coste de la reducción de emisiones doméstica y el coste de reducción en países no pertenecientes al Anexo B del Protocolo. Para el cálculo de este precio de mercado de tonelada no emitida de CO<sub>2</sub> en el primer año de aplicación de los Mecanismos de Flexibilidad, no solo debemos tener en cuenta este valor, existen dos factores que hacen suponer un precio mucho más elevado de mercado. El primero es la incertidumbre de las políticas nacionales de inversión para la mitigación de los gases efecto invernadero, con el fin de alcanzar los objetivos de Kyoto de los propios países del Anexo 1. Así, lo lógico es suponer que las primeras actuaciones nacionales no se realizarán en países del resto del mundo (Anexo 2), si no que serán de tipo doméstico, sobre todo en los sectores estratégicos, como es el sector de la energía, y sólo cuando este mercado interno este saturado, o sea realmente muy elevado el gasto de reducción, se recurrirá a la inversión en terceros países. Por tanto, se partiría de un precio de mercado superior al del verdadero coste de reducción. El segundo factor, en el caso de los países del Anexo 2, es la incertidumbre en la capacidad de las infraestructuras de absorber toda la inversión en sectores estratégicos (generación de energía, eficiencia en procesos productivos, etc.). Por ejemplo, no se pueden construir parques eólicos sin que existan infraestructuras de distribución de energía eléctrica, siendo necesario además disponer de propios mercados interiores (consumo) para la propia viabilidad de este tipo de proyectos (MDL). Ello puede provocar que en los primeros años de funcionamiento de este mercado debamos tener en cuenta el precio de estas inversiones en el precio final de la reducción de una tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub>. Por ello escogemos como precio de salida de mercado para el año 2003, el precio medio que nos dan los modelos económicos señalados en el tercer informe de evaluación del IPCC sobre Cambio Climático: Mitigación 2001, cuando el coste se calcula sin aplicación de los Mecanismos de Flexibilidad. Este coste varía entre 73,5 \$ USA/t CO<sub>2</sub> a los 2200 \$ USA/tCO<sub>2</sub>. En el presente estudio consideramos un precio inicial medio de 900 \$ USA/tCO<sub>2</sub>.

Por ello, por cada uno de los escenarios del modelo de segundo nivel, obtendremos dos escenarios alternativos con la inclusión del comercio de emisiones; en particular con la aplicación de éste en el marco de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, ya que trabajaremos con las emisiones netas de los países del Anexo 1, que en el caso del escenario BaU, en su cómputo global, no cumplía sus compromisos tomados en Kyoto, y por tanto, para poder llegar a cumplir sus obligaciones requieren por fuerza aplicar los Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Las regiones a las que aplicamos este modelo de primer nivel son las denominadas en la presente Tesis Doctoral como Anexo 1 y Anexo 2; y por supuesto al mundo.

Estos dos escenarios, los denominaremos: escenario A y escenario B; siendo el A el positivo, y el B el negativo.

Los valores de entrada a este modelo son el PIB (gnp) y las emisiones netas (emt), calculadas en el modelo de segundo nivel para el escenario de emisiones netas BaU expuesto en el capítulo anterior.

A partir de este PIB, para los años de cálculo (2003 hasta 2015), calculamos la inversión que los países pertenecientes a la región Anexo 1 van a realizar en función del porcentaje sobre el PIB que aplicamos. Esta inversión (en \$ 1995) suponemos que la empleamos completamente en proyectos, en países que forman la región Anexo 2, en forma de Mecanismos de Desarrollo Limpio, que producirán una disminución de las emisiones. El coste de estos proyectos para la reducción de emisiones lo consideramos en función del precio de tonelada de dióxido de carbono no emitido, que se puede dar en el Mercado Internacional. Una suposición más que razonable tal como aparece en la bibliografía especializada (IPCC, Grupo de Trabajo III, 2001).

Una vez calculada la reducción de emisiones en los países del Anexo 2, las aplicamos a los países del Anexo 1, calculando, lo que denominamos en esta Tesis, las emisiones políticas de los países de la región Anexo 1.

La gran incógnita es el comportamiento de los países que forman la región Anexo 2, en cuanto a de qué manera afectarán las inversiones en proyectos de desarrollo con

tecnologías limpias, y cuando llegue el caso, con aumento de superficie de sumideros de dióxido de carbono, a las emisiones globales de estos países. Las dos hipótesis extremas que tenemos son que aumenten las emisiones, al aumentar las inversiones, y por tanto, reactivar más la economía y su crecimiento (IEA/OCDE, 2001), factor determinante en las emisiones, tal como hemos visto en los anteriores capítulos de esta Tesis. Según la bibliografía especializada este es el supuesto más probable, con un aumento entre el 2 y el 20 % de las emisiones en esta región (efecto de desbordamiento). O por otro lado, que realmente estas inversiones se inserten dentro de la dinámica de crecimiento de estos países sin producir perturbación económica ninguna, y por tanto, exista una disminución real global de las emisiones en estos países. La consideración que nosotros haremos en esta Tesis, es de carácter conservador, y por tanto consideramos que el comportamiento de las emisiones en esta región nos variarán entre un valor máximo de emisiones que nos viene dado por el escenario de segundo nivel de emisiones netas BaU, y un mínimo de emisiones que nos viene dado a través de la segunda hipótesis, en la cual consideramos que realmente disminuyan en la cuantía de las reducciones, las emisiones de los países de esta región (Anexo 2 o el resto del mundo); aunque bajo la perspectiva histórica, la problemática del crecimiento demográfico, y en el marco del modelo económico imperante, la evolución más probable de las emisiones de esta región se acerque más a la primera hipótesis, como ya hemos comentado.

Por tanto, el valor máximo de las emisiones mundiales será igual que las del escenario de emisiones netas BaU, independientemente del cumplimiento o no, de los países que conforman la región Anexo 1, de sus metas propuestas en el Protocolo de Kyoto.

En estos escenarios partimos de los datos extraídos del documento “International Emission Trading, form concept to reality” de la International Energy Agency de la OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development). En este documento se analizan los resultados de diferentes modelos económicos con la implementación de los Mecanismos de flexibilidad, se analizan los resultados de 8 modelos (SGM, MERGE, G-Cubed, POLES, GTEM, WorlScan, GREEN, AIM) con diferentes supuestos de comercio. Los resultados ofrecidos son el coste de reducción de CO<sub>2</sub>, en \$ del año 1995/ tCO<sub>2</sub>, y las inversiones en reducción de emisiones, medidos como un porcentaje sobre el PIB, en tanto por ciento.

Los valores máximos y mínimos que nos dan, para estas dos variables, vienen reflejados en la tabla 6.1.

Estos valores son los que utilizaremos, cuando en la simulación nos encontremos con un mercado a régimen permanente, a partir del año 2012, como hemos comentado.

**Tabla 6.1**

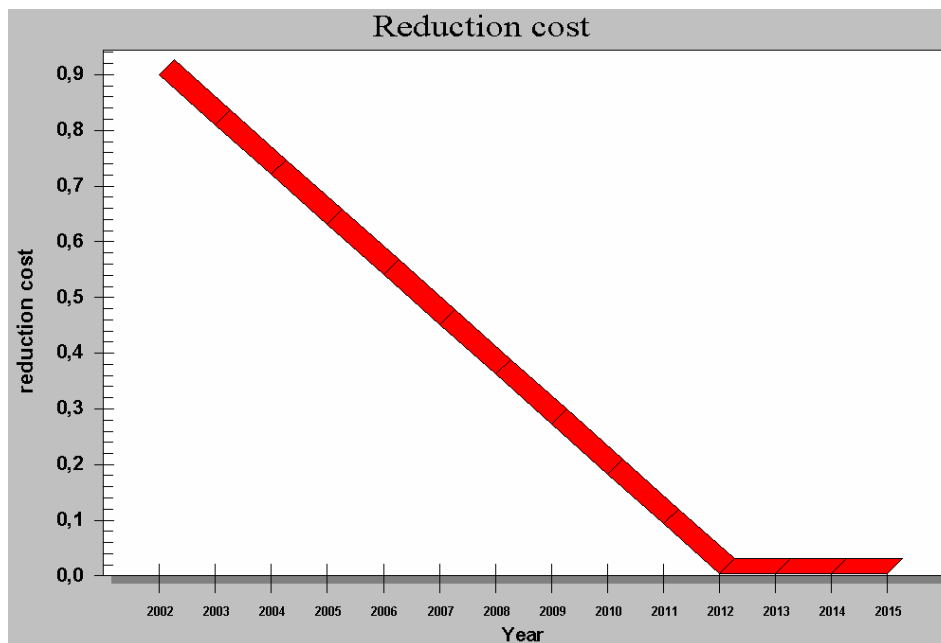
	<b>Efecto sobre el PIB, % de reducción en la renta nacional</b>	<b>Coste de reducción de CO<sub>2</sub>, en \$ USA del año 1995/tCO<sub>2</sub></b>
<b>Valores máximos</b>	<b>0,25 % (modelo MERGE)</b>	<b>24 \$ 1995/t CO<sub>2</sub> (modelo MERGE)</b>
<b>Valores mínimos</b>	<b>0,07 % (modelo AIM)</b>	<b>4 \$ 1995/tCO<sub>2</sub> (modelo G-Cubed)</b>

**Datos extraídos del “Internacional Emission Trading” de la IEA de la OCDE, 2003**

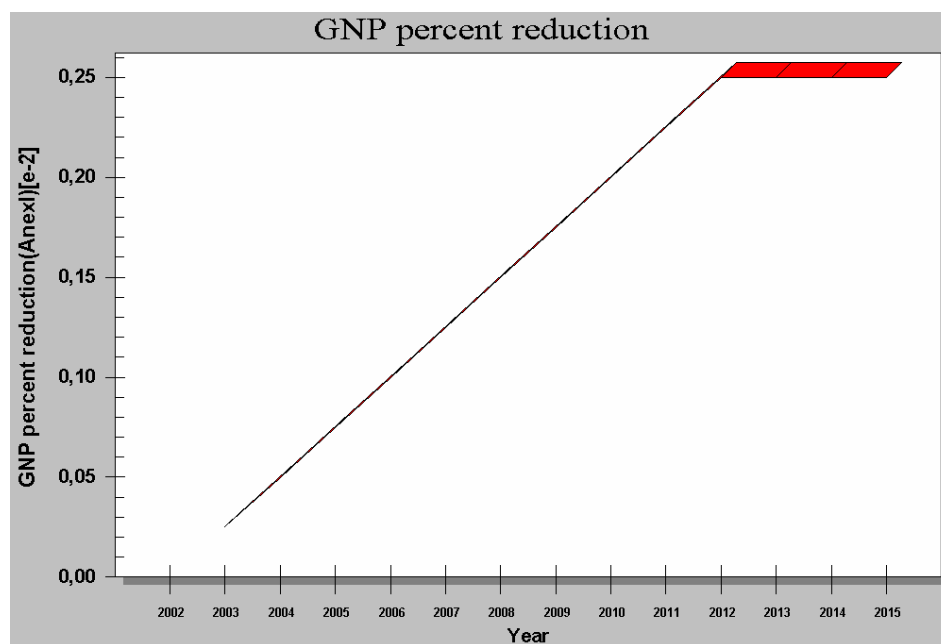
## **6.2 Escenario A (escenario positivo)**

Este escenario es el escenario positivo, y por tanto consideraremos que se alcanza la máxima inversión de los países del Anexo 1, en este caso un cuarto de punto sobre el PIB (0,25 % del PIB), y el mínimo precio del coste de reducción de CO<sub>2</sub> (4 \$/tCO<sub>2</sub>), en el año 2012. La evolución de las dos variables viene reflejada en las gráficas 6.1 y 6.2.

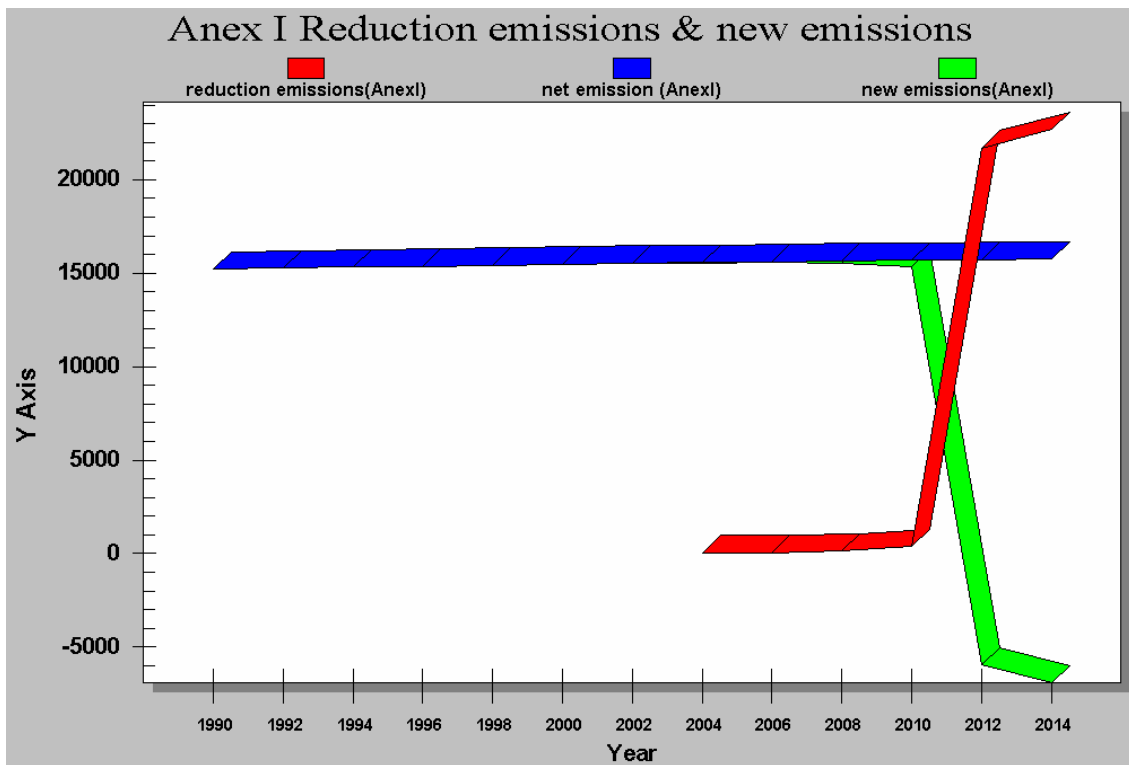
Estos datos junto a los del PIB, para la región Anexo 1, que obtenemos del modelo de segundo nivel, nos producen una reducción de emisiones en la región Anexo 1, por actividades de comercio global de emisiones (MDL), como podemos apreciar en la figura 6.3.



**Figura 6.1: Evolución del coste marginal de reducción de CO<sub>2</sub>, en Miles de \$ USA 1995/tCO<sub>2</sub>**



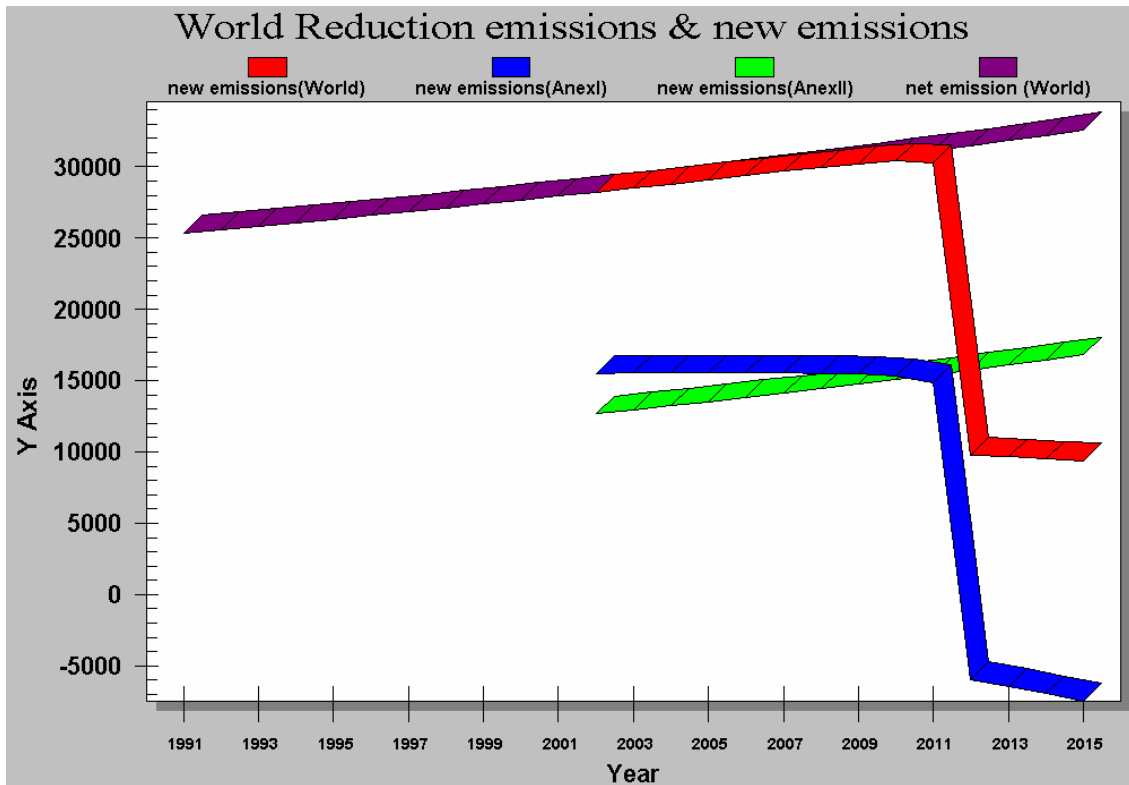
**Figura 6.2: Evolución de la inversión en tanto por ciento sobre el PIB, región Anexo 1.**



**Figura 6.3: Evolución de las emisiones netas, de la reducción de emisiones por comercio de emisiones, y las emisiones políticas en la región Anexo 1 (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>). Escenario A.**

En la figura 6.3 nos viene representadas las emisiones netas, las emisiones del escenario BaU (en azul), las reducciones que se pueden producir en este supuesto de evolución del precio y del montante de la inversiones (en rojo), así como las nuevas emisiones de la región Anexo 1 (emisiones políticas) (en verde), en donde esta región contabiliza las reducciones producidas en la región Anexo 2.

Como se puede ver en las tendencias, si se cumplieren las hipótesis que hemos comentado, es muy probable que los países de la región Anexo 1 cumplan, y con creces, los compromisos contraídos en el Protocolo de Kyoto.



**Figura 6.4: Evolución de las emisiones netas, de la reducción de emisiones por comercio de emisiones, y las emisiones políticas en el Mundo (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>). Escenario A**

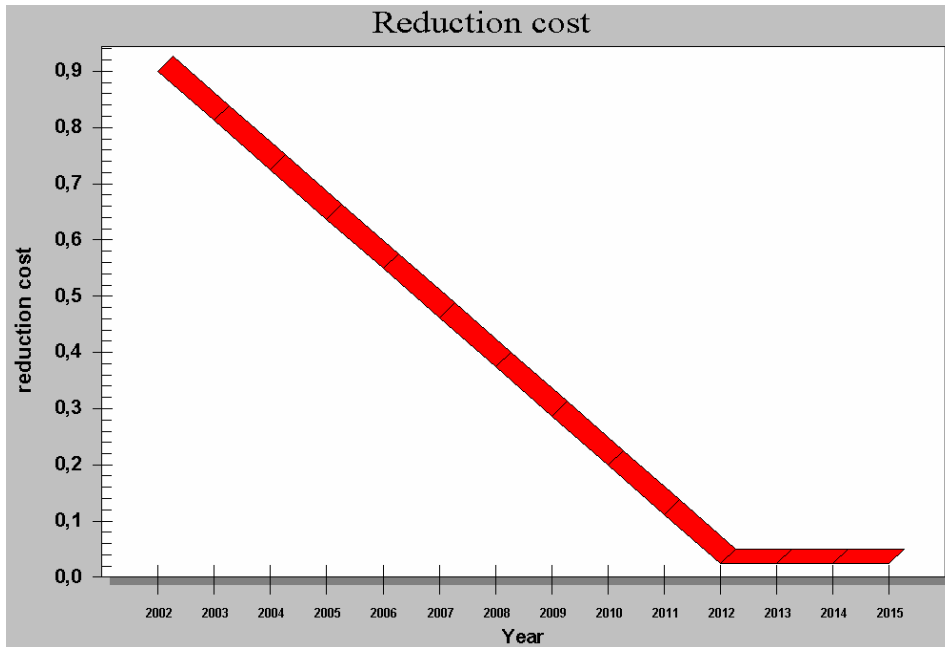
En la figura 6.4, vemos los efectos en las emisiones mundiales. En esta figura tenemos representadas las tendencias en cuanto a emisiones netas mundiales (color morado), las emisiones políticas de la región Anexo 1 (color azul), y las emisiones netas de la región Anexo 2 (color verde). Si la reducción de las emisiones, realmente bajase las emisiones en los países de la región Anexo 2, obtendríamos una evolución de las tendencias de las emisiones mundiales como se muestra en la variable “new emissions (world)”, con una reducción del orden del 50 % respecto a los niveles del año 1990 (color rojo). También se puede apreciar la estabilización de las emisiones a esos niveles, en los años posteriores al primer periodo de compromiso.

### **6.3 Escenario B (escenario negativo)**

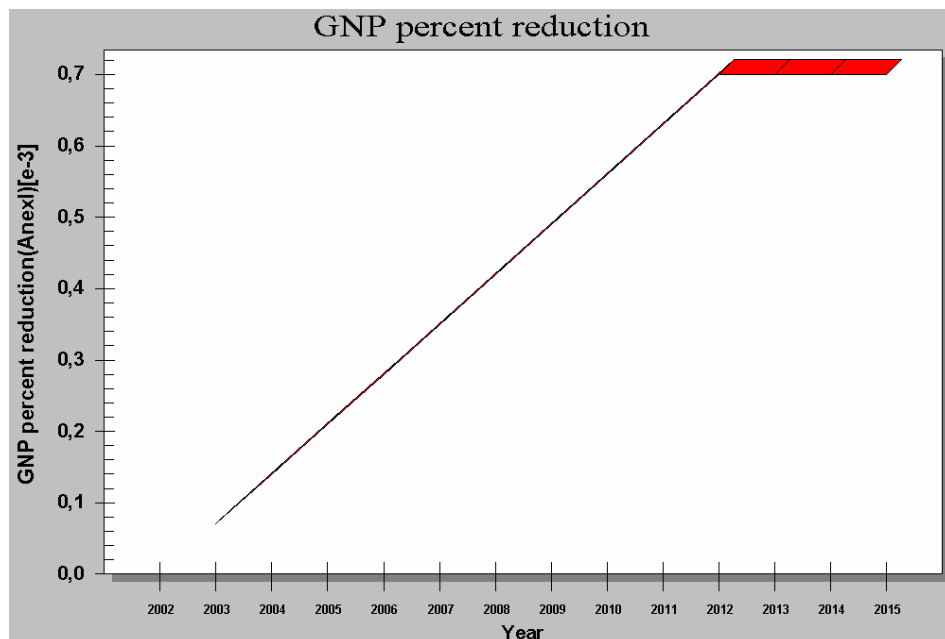
Este escenario es el escenario negativo, y por tanto consideraremos que la inversión de los países del Anexo 1 en reducción de emisiones a través de los Mecanismos de



Flexibilidad (MDL) es mínima para el año 2012, en este caso un cero coma cero siete por ciento sobre el PIB (0,07 % del PIB), y para este mismo año se alcanza el máximo precio del coste de reducción de CO<sub>2</sub> (24 \$/tCO<sub>2</sub>). La evolución de las dos variables viene reflejada en las figuras 6.5 y 6.6.

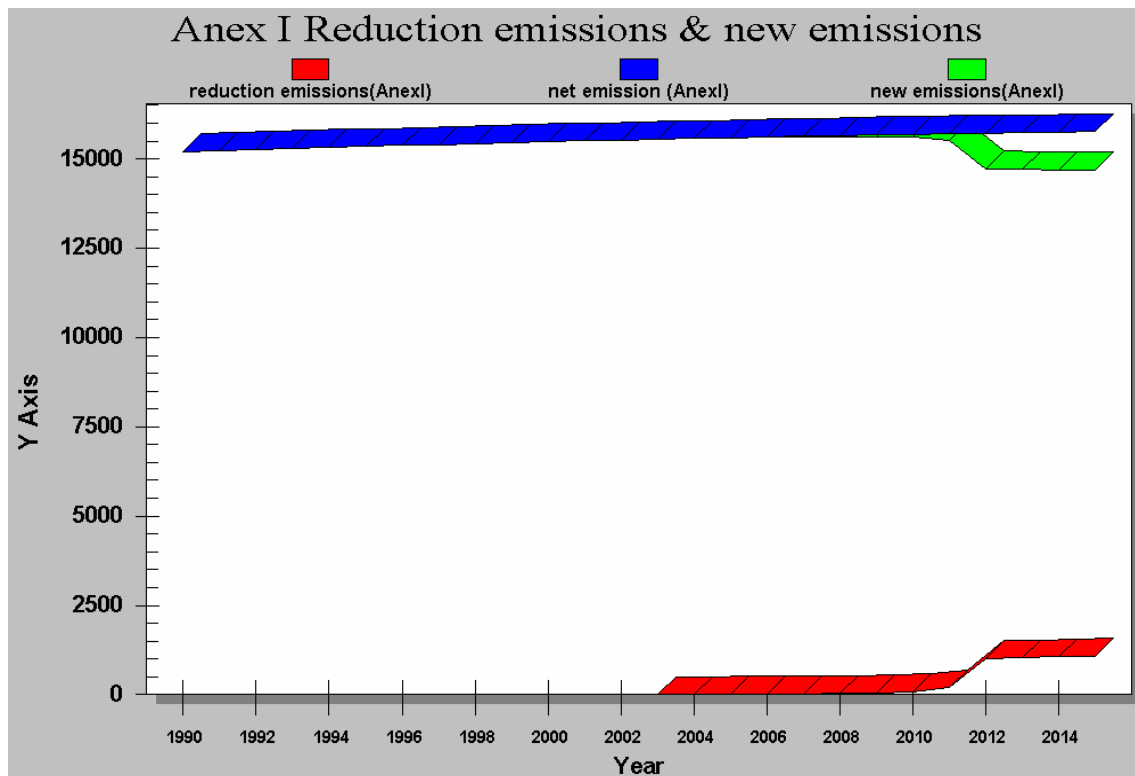


**Figura 6.5: Evolución del coste de reducción de CO<sub>2</sub>, en Miles de \$ USA 1995/tCO<sub>2</sub>**



**Figura 6.6: Evolución de la inversión en tanto por ciento sobre el PIB, región Anexo 1.**

Estos datos junto a los del PIB, para la región Anexo 1, que obtenemos del modelo de segundo nivel, nos producen una reducción de emisiones en la región Anexo 1, por actividades de comercio global de emisiones (MDL), como podemos apreciar en la figura 6.7.

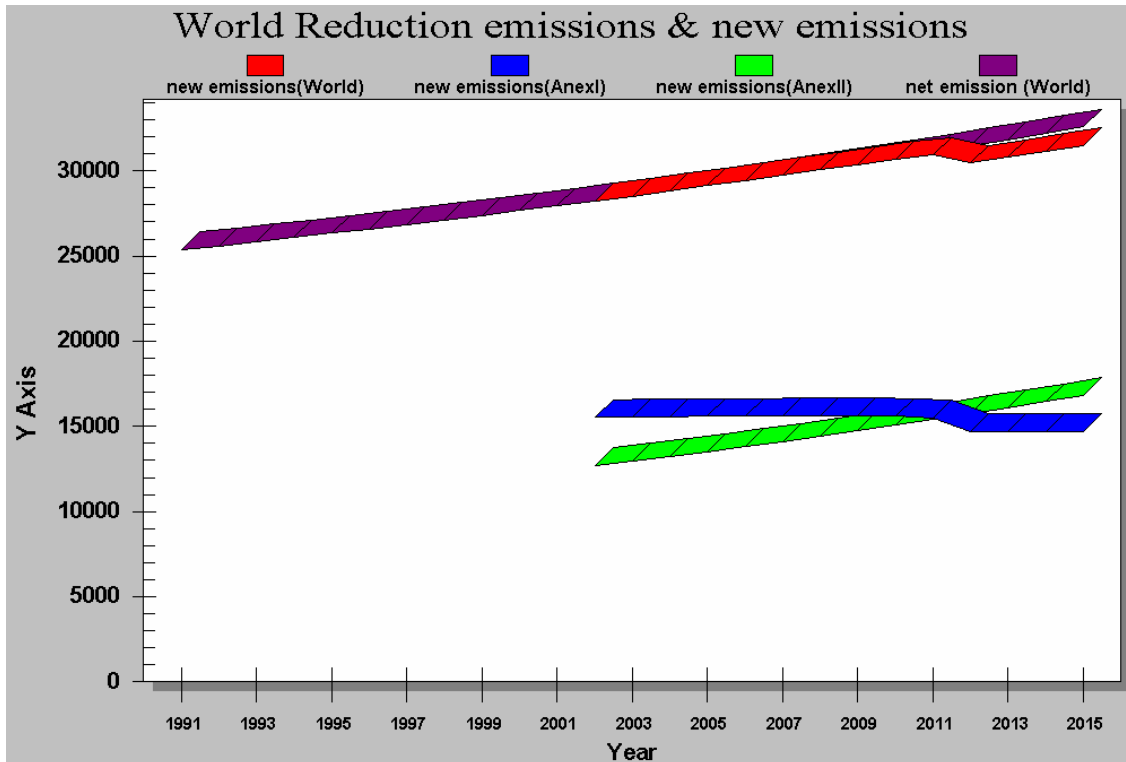


**Figura 6.7: Evolución de las emisiones netas, de la reducción de emisiones por comercio de emisiones, y las emisiones políticas en la región Anexo 1 (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>). Escenario B.**

En esta figura no viene representada las evoluciones de las emisiones netas (color azul), las reducciones que se pueden producir en el supuesto de la evolución de precio de la reducción de emisiones y las inversiones en los países del Anexo 2 (color rojo), así como las nuevas emisiones de la región Anexo1, las emisiones políticas (color verde).

El nivel de reducción de emisiones es muy inferior al escenario A. La región Anexo 1, consigue una reducción adicional por comercio de emisiones que podemos valorar en -3,23 % respecto a los niveles de emisiones de 1990. Por tanto, no se consiguen alcanzar los objetivos en reducción de emisiones del Protocolo de Kyoto (-5,2 %).

En cuanto a la manera en que puede verse afectadas las emisiones mundiales, se muestra en la figura 6.8.



**Figura 6.8: Evolución de las emisiones netas, de la reducción de emisiones por comercio de emisiones, y las emisiones políticas en el Mundo (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>). Escenario B**

En esta figura nos viene representada la evolución de las emisiones netas mundiales (color morado), las emisiones políticas de la región Anexo 1 (color azul), y las emisiones netas de la región Anexo 2 (color verde). Si la reducción de las emisiones, realmente bajase las emisiones en los países de la región Anexo 2, obtendríamos una evolución de las tendencias de las emisiones mundiales como se muestra en la variable “new emissions (world)” (color rojo), en donde existe un aumento del orden del 18 % respecto a los niveles del año 1990. También se puede apreciar la tendencia creciente de esta variable, a pesar de la introducción del comercio de emisiones, en los años posteriores al primer periodo de compromiso. Esto nos produce un escenario totalmente diferente que el escenario A, en donde las emisiones mundiales siguen creciendo a pesar de la introducción de estos mecanismos.

## 6.4 Conclusiones

La conclusión más importante de este capítulo, es el fuerte impacto que puede suponer la aplicación de los Mecanismos de Flexibilidad en las emisiones globales, no solamente como mecanismo exclusivo de ayuda al cumplimiento de los acuerdos de Kyoto de los países del Anexo B de dicho Protocolo (países con obligaciones en cuanto reducción de emisiones, y que en este trabajo denominamos región Anexo 1).

Con las hipótesis más optimistas respecto al comportamiento de la evolución de las emisiones en los países del resto del mundo (región Anexo 2), la introducción de los Mecanismos de Flexibilidad, específicamente los Mecanismos de Desarrollo Limpio, nos producen un abanico muy amplio de las posibles evoluciones de las emisiones mundiales. Abarcan desde el mantenimiento de las emisiones, como en los resultados del modelo de segundo nivel en el escenario BaU para las emisiones netas, nuestro escenario más negativo, hasta un escenario mundial de emisiones con reducciones muy importantes respecto a los niveles de emisión del año 1990, del orden del 50 %, en el año 2012, y mantenimiento de estos niveles con posterioridad.

Por otra parte, y en lo que respecta al comportamiento de las emisiones políticas en los países de la región Anexo 1 y sus compromisos adquiridos en cuanto reducciones de emisiones en los acuerdos del Protocolo de Kyoto, nos producen obviamente dos escenarios extremos, uno en donde a pesar de la introducción de los Mecanismos de Flexibilidad no se consigue cumplir los objetivos del Protocolo de Kyoto a otro escenario extremo, en donde se cumple claramente Kyoto, sobrepasando claramente las obligaciones contraídas.

La gran incertidumbre sobre esta prospección de futuro es el comportamiento que puedan tener los países en vías de desarrollo, que conforman la mayor parte de países de la región Anexo 2 (resto del mundo), cuando reciban estas inversiones, para mejoras de la eficiencia energética, aumento de los sumideros e introducción de energías renovables. Lo que está claro, es que, con la cuantía de inversiones necesarias para el cumplimiento del Protocolo, se generará un flujo de dinero Norte – Sur, que afectará al crecimiento económico de esta región. Este factor, dentro del modelo de desarrollo

económico actual, producirá un incremento en el consumo, y por tanto, y muy posiblemente un incremento adicional de las emisiones debido al consiguiente aumento de la demanda energética.

Por ello, los resultados de estos escenarios descritos se deberían tomar con cautela, y simplemente servir de referencia de la fuerte incidencia que nos puede producir la aplicación de los Mecanismos de Flexibilidad.

Estos resultados están completamente supeditados a las emisiones que realmente se produzcan en los países de la región Anexo 2, cuando se introduzcan los Mecanismos de Flexibilidad. Por tanto, es de vital importancia que las emisiones en esta región deban de monitorizarse cuidadosamente, para saber si son superiores o inferiores a las reducciones obtenidas por los Mecanismos de Desarrollo Limpio, tal como el propio desarrollo del Protocolo de Kyoto propugna.

Este abanico de posibilidades es lo que nos permite demostrar, que realmente son factores determinantes para el comportamiento de las emisiones mundiales, y el cumplimiento de los acuerdos de Kyoto, las dos variables y la propia evolución temporal de estas variables que hemos escogido para modelizar los Mecanismos de Flexibilidad:

- El coste de reducción de CO<sub>2</sub>.
- La inversión que realicen en estos Mecanismos, los países que conforman la región Anexo 1 (Anexo B del Protocolo de Kyoto).

Por tanto, el comportamiento de los países del Anexo 1, será esencial cuando se impongan estos Mecanismos. Si estos países con necesidades de reducir sus emisiones dedican las inversiones necesarias para el cumplimiento del protocolo de Kyoto a través de este Mecanismo, este se cumplirá sin ninguna duda; pero solamente en el mejor de los casos (que las reducciones en los países del Anexo 2 sean efectivas respecto al escenario BaU de ellos mismos, es decir, que exista realmente una reducción en los países de destino de las inversiones) las emisiones globales tenderían a la disminución.

Por tanto la clave del comportamiento mundial de las emisiones con la aplicación de estos mecanismos, es si las inversiones en los países de la región Anexo 2 se realizan con criterios de sostenibilidad, que valoren el impacto de éstas en todas sus dimensiones, o solamente con criterios económicos en consecución de los objetivos de los acuerdos de Kyoto.