

Debates de Nuestro Tiempo

Cambio climático: el final de algunas certidumbres

INDICE

Protocolo de Kioto.....	3
La entrada en vigor del Protocolo de Kioto. Francisco Castejón.....	19
La revolución del cambio climático. Jeffrey D. Sachs.....	24
La voz de los científicos sobre el cambio climático. Comisión de Energía de <i>Ecologistas en Acción</i>	27
Cambio Climático: el fin de algunas incertidumbres. Francisco Castejón.....	31
Los efectos biológicos del cambio climático. VV.AA. U. Alcalá de H.....	40
Una encuesta revela la preocupación mundial por el cambio climático.....	48

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más graves a los que se enfrenta la humanidad. Recientemente se han producido varios informes de gran impacto tanto en la opinión pública como en las agendas de los políticos. En ellos se establece la realidad del cambio climático y los efectos esperables y, sobre todo, se acaba con dos elementos de incertidumbre que persistían hasta la fecha: El cambio climático ya ha empezado y es de origen humano. Es urgente por tanto tomar medidas para prevenir los posibles efectos de este fenómeno en el futuro, y nuestras formas de vida y el sistema económico basado en el máximo beneficio y las leyes del mercado no favorecen la toma de medidas eficaces a corto plazo.

Francisco Castejón Magaña, nació en Munébrega, Zaragoza. Es Doctor en Ciencias Físicas, especialista en temas de energía tanto a nivel profesional como en sus actividades sociales. En el campo profesional trabaja en investigación en temas energéticos. Es miembro de la asociación Liberación-Amauta y de la Comisión de Energía de Ecologistas en Acción, en la que oficia de portavoz de campañas antinucleares, y colabora habitualmente en las revistas “El Ecologista” y “Página Abierta”. Es autor del libro “¿Vuelven las Nucleares?”, publicado por Talasa en 2004.

Ha trabajado en laboratorios extranjeros en Ucrania y Francia y participa en varios grupos de expertos a nivel europeo. Ha participado y participa en varios proyectos de la CICYT, en dos de ellos como Investigador Principal.

Cuenta con más de 70 publicaciones en revistas internacionales y con más de 150 presentaciones a congresos y conferencias internacionales. Ha dirigido cuatro tesis doctorales, tres en el ámbito de la Física del Plasma y una en Sociología de la Ciencia. En la actualidad tiene otras cuatro tesis en fase de ejecución.

PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN
MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL
CAMBIO CLIMÁTICO



Las Partes en el presente Protocolo,

Siendo Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en adelante "la Convención",

Persiguiendo el objetivo último de la Convención enunciado en su artículo 2,

Recordando las disposiciones de la Convención, Guiadas por el artículo 3 de la Convención,

En cumplimiento del Mandato de Berlín, aprobado mediante la decisión 1/CP.1 de la Conferencia de las Partes en la Convención en su primer período de sesiones,

Han convenido en lo siguiente:

Artículo 1

A los efectos del presente Protocolo se aplicarán las definiciones contenidas en el artículo 1 de la Convención. Además:

1. Por "Conferencia de las Partes" se entiende la Conferencia de las Partes en la Convención.
2. Por "Convención" se entiende la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, aprobada en Nueva York el 9 de mayo de 1992.
3. Por "Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" se entiende el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático establecido conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1988.
4. Por "Protocolo de Montreal" se entiende el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono aprobado en Montreal el 16 de septiembre de 1987 y en su forma posteriormente ajustada y enmendada.
5. Por "Partes presentes y votantes" se entiende las Partes presentes que emiten un voto afirmativo o negativo.
6. Por "Parte" se entiende, a menos que del contexto se desprenda otra cosa, una Parte en el presente Protocolo.
7. Por "Parte incluida en el anexo I" se entiende una Parte que figura en el anexo I de la Convención, con las enmiendas de que pueda ser objeto, o una Parte que ha hecho la notificación prevista en el inciso g) del párrafo 2 del artículo 4 de la Convención.

Artículo 2

1. Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3:

- a) Aplicará y/o seguirá elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo las siguientes:
- i) fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional;
 - ii) protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, teniendo en cuenta sus compromisos en virtud de los acuerdos internacionales pertinentes sobre el medio ambiente; promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación;
 - iii) promoción de modalidades agrícolas sostenibles a la luz de las consideraciones del cambio climático;
 - iv) investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales;
 - v) reducción progresiva o eliminación gradual de las deficiencias del mercado, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones que sean contrarios al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero y aplicación de instrumentos de mercado;
 - vi) fomento de reformas apropiadas en los sectores pertinentes con el fin de promover unas políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal;
 - vii) medidas para limitar y/o reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en el sector del transporte;
 - viii) limitación y/o reducción de las emisiones de metano mediante su recuperación y utilización en la gestión de los desechos así como en la producción, el transporte y la distribución de energía;

b) Cooperará con otras Partes del anexo I para fomentar la eficacia individual y global de las políticas y medidas que se adopten en virtud del presente artículo, de conformidad con el apartado i) del inciso e) del párrafo 2 del artículo 4 de la Convención. Con este fin, estas Partes procurarán intercambiar experiencia e información sobre tales políticas y medidas, en particular concibiendo las formas de mejorar su comparabilidad, transparencia y eficacia. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo, en su primer período de sesiones o tan pronto como sea posible después de éste, examinará los medios de facilitar dicha cooperación, teniendo en cuenta toda la información pertinente.

2. Las Partes incluidas en el anexo I procurarán limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal generadas por los combustibles del transporte aéreo y marítimo internacional trabajando por conducto de la Organización de Aviación Civil Internacional y la Organización Marítima Internacional, respectivamente.

3. Las Partes incluidas en el anexo I se empeñarán en aplicar las políticas y medidas a que se refiere el presente artículo de tal manera que se reduzcan al mínimo los efectos adversos, comprendidos los efectos adversos del cambio climático, efectos en el comercio internacional y repercusiones sociales, ambientales y económicas, para otras Partes, especialmente las Partes que son países en desarrollo y en particular las mencionadas en los párrafos 8 y 9 del artículo 4 de la Convención, teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 3 de la Convención. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo podrá adoptar otras medidas, según corresponda, para promover el cumplimiento de lo dispuesto en este párrafo.

4. Si considera que convendría coordinar cualesquiera de las políticas y medidas señaladas en el inciso a) del párrafo 1 *supra*, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo, teniendo en cuenta las diferentes circunstancias nacionales y los posibles efectos, examinará las formas y medios de organizar la coordinación de dichas políticas y medidas.

Artículo 3

1. Las Partes incluidas en el anexo I se asegurarán, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A no excedan de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignados para ellas en el anexo B y de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo, con miras a reducir el total de sus emisiones de esos

gases a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.

2. Cada una de las Partes incluidas en el anexo I deberá poder demostrar para el año 2005 un avance concreto en el cumplimiento de sus compromisos contraídos en virtud del presente Protocolo.

3. Las variaciones netas de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que se deban a la actividad humana directamente relacionada con el cambio del uso de la tierra y la silvicultura, limitada a la forestación, reforestación y deforestación desde 1990, calculadas como variaciones verificables del carbono almacenado en cada período de compromiso, serán utilizadas a los efectos de cumplir los compromisos de cada Parte incluida en el anexo I dimanantes del presente artículo. Se informará de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que guarden relación con esas actividades de una manera transparente y verificable y se las examinará de conformidad con lo dispuesto en los artículos 7 y 8.

4. Antes del primer período de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo, cada una de las Partes incluidas en el anexo I presentará al Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico, para su examen, datos que permitan establecer el nivel del carbono almacenado correspondiente a 1990 y hacer una estimación de las variaciones de ese nivel en los años siguientes. En su primer período de sesiones o lo antes posible después de éste, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo determinará las modalidades, normas y directrices sobre la forma de sumar o restar a las cantidades atribuidas a las Partes del anexo I actividades humanas adicionales relacionadas con las variaciones de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero en las categorías de suelos agrícolas y de cambio del uso de la tierra y silvicultura y sobre las actividades que se hayan de sumar o restar, teniendo en cuenta las incertidumbres, la transparencia de la presentación de informes, la verificabilidad, la labor metodológica del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, el asesoramiento prestado por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico de conformidad con el artículo 5 y las decisiones de la Conferencia de las Partes. Tal decisión se aplicará en los períodos de compromiso segundo y siguientes. Una Parte podrá optar por aplicar tal decisión sobre estas actividades humanas adicionales para su primer período de compromiso, siempre que estas actividades se hayan realizado desde 1990.

5. Las Partes incluidas en el anexo I que están en vías de transición a una economía de mercado y que hayan determinado su año o período de base con arreglo a la decisión 9/CP.2, adoptada por la Conferencia de las Partes en su segundo período de sesiones, utilizarán ese año o período de base para cumplir sus compromisos dimanantes del presente artículo. Toda otra Parte del anexo I que esté en transición a una economía de mercado y no haya presentado aún su primera comunicación nacional con arreglo al artículo 12 de la Convención podrá también notificar a la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo que tiene la intención de utilizar un año o período histórico de base distinto del año 1990 para cumplir sus compromisos dimanantes del presente artículo. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo se pronunciará sobre la aceptación de dicha notificación.

6. Teniendo en cuenta lo dispuesto en el párrafo 6 del artículo 4 de la Convención, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo concederá un cierto grado de flexibilidad a las Partes del anexo I que están en transición a una economía de mercado para el cumplimiento de sus compromisos dimanantes del presente Protocolo, que no sean los previstos en este artículo.

7. En el primer período de compromiso cuantificado de limitación y reducción de las emisiones, del año 2008 al 2012, la cantidad atribuida a cada Parte incluida en el anexo I será igual al porcentaje consignado para ella en el anexo B de sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A correspondientes a 1990, o al año o período de base determinado con arreglo al párrafo 5 *supra*, multiplicado por cinco. Para calcular la cantidad que se les ha de atribuir, las Partes del anexo I para las cuales el cambio del uso de la tierra y la silvicultura constituían una fuente neta de emisiones de gases de efecto invernadero en 1990 incluirán en su año de base 1990 o período de base las emisiones antropógenas agregadas por las fuentes, expresadas en dióxido de carbono equivalente, menos la absorción por los sumideros en 1990 debida al cambio del uso de la tierra.

8. Toda Parte incluida en el anexo I podrá utilizar el año 1995 como su año de base para los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre para hacer los cálculos a que se refiere el párrafo 7 *supra*.

9. Los compromisos de las Partes incluidas en el anexo I para los períodos siguientes se establecerán

en enmiendas al anexo B del presente Protocolo que se adoptarán de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 7 del artículo 21. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo comenzará a considerar esos compromisos al menos siete años antes del término del primer período de compromiso a que se refiere el párrafo 1 *supra*.

10. Toda unidad de reducción de emisiones, o toda fracción de una cantidad atribuida, que adquiera una Parte de otra Parte con arreglo a lo dispuesto en el artículo 6 o el artículo 17 se sumará a la cantidad atribuida a la Parte que la adquiera.

11. Toda unidad de reducción de emisiones, o toda fracción de una cantidad atribuida, que transfiera una Parte a otra Parte con arreglo a lo dispuesto en el artículo 6 o el artículo 17 se deducirá de la cantidad atribuida a la Parte que la transfiera.

12. Toda unidad de reducción certificada de emisiones que adquiera una Parte de otra Parte con arreglo a lo dispuesto en el artículo 12 se agregará a la cantidad atribuida a la Parte que la adquiera.

13. Si en un período de compromiso las emisiones de una Parte incluida en el anexo I son inferiores a la cantidad atribuida a ella en virtud del presente artículo, la diferencia se agregará, a petición de esa Parte, a la cantidad que se atribuya a esa Parte para futuros períodos de compromiso.

14. Cada Parte incluida en el anexo I se empeñará en cumplir los compromisos señalados en el párrafo 1 *supra* de manera que se reduzcan al mínimo las repercusiones sociales, ambientales y económicas adversas para las Partes que son países en desarrollo, en particular las mencionadas en los párrafos 8 y 9 del artículo 4 de la Convención. En consonancia con las decisiones pertinentes de la Conferencia de las Partes sobre la aplicación de esos párrafos, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo estudiará en su primer período de sesiones las medidas que sea necesario tomar para reducir al mínimo los efectos adversos del cambio climático y/o el impacto de la aplicación de medidas de respuesta para las Partes mencionadas en esos párrafos. Entre otras, se estudiarán cuestiones como la financiación, los seguros y la transferencia de tecnología.

Artículo 4

1. Se considerará que las Partes incluidas en el anexo I que hayan llegado a un acuerdo para cumplir conjuntamente sus compromisos dimanantes del artículo 3 han dado cumplimiento a esos compromisos si la suma total de sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A no excede de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignados para ellas en el anexo B y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 3. En el acuerdo se consignará el nivel de emisión respectivo asignado a cada una de las Partes en el acuerdo.

2. Las Partes en todo acuerdo de este tipo notificarán a la secretaría el contenido del acuerdo en la fecha de depósito de sus instrumentos de ratificación, aceptación o aprobación del presente Protocolo o de adhesión a éste. La secretaría informará a su vez a las Partes y signatarios de la Convención el contenido del acuerdo.

3. Todo acuerdo de este tipo se mantendrá en vigor mientras dure el período de compromiso especificado en el párrafo 7 del artículo 3.

4. Si las Partes que actúan conjuntamente lo hacen en el marco de una organización regional de integración económica y junto con ella, toda modificación de la composición de la organización tras la aprobación del presente Protocolo no incidirá en los compromisos ya vigentes en virtud del presente Protocolo. Todo cambio en la composición de la organización se tendrá en cuenta únicamente a los efectos de los compromisos que en virtud del artículo 3 se contraigan después de esa modificación.

5. En caso de que las Partes en semejante acuerdo no logren el nivel total combinado de reducción de las emisiones fijado para ellas, cada una de las Partes en ese acuerdo será responsable del nivel de sus propias emisiones establecido en el acuerdo.

6. Si las Partes que actúan conjuntamente lo hacen en el marco de una organización regional de integración económica que es Parte en el presente Protocolo y junto con ella, cada Estado miembro de esa organización regional de integración económica, en forma individual y conjuntamente con la organización regional de integración económica, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 24, será responsable, en caso de que no se logre el nivel total combinado de reducción de las emisiones, del nivel de sus propias emisiones notificado con arreglo al presente artículo.

Artículo 5

1. Cada Parte incluida en el anexo I establecerá, a más tardar un año antes del comienzo del primer período de compromiso, un sistema nacional que permita la estimación de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de

efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo impartirá en su primer período de sesiones las directrices en relación con tal sistema nacional, que incluirán las metodologías especificadas en el párrafo 2 *infra*.

2. Las metodologías para calcular las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal serán las aceptadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y acordadas por la Conferencia de las Partes en su tercer período de sesiones. En los casos en que no se utilicen tales metodologías, se introducirán los ajustes necesarios conforme a las metodologías acordadas por la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo en su primer período de sesiones. Basándose en la labor del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en particular, y en el asesoramiento prestado por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo examinará periódicamente y, según corresponda, revisará esas metodologías y ajustes, teniendo plenamente en cuenta las decisiones que pueda adoptar al respecto la Conferencia de las Partes. Toda revisión de metodologías o ajustes se aplicará exclusivamente a los efectos de determinar si se cumplen los compromisos que en virtud del artículo 3 se establezcan para un período de compromiso posterior a esa revisión.

3. Los potenciales de calentamiento atmosférico que se utilicen para calcular la equivalencia en dióxido de carbono de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A serán los aceptados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y acordados por la Conferencia de las Partes en su tercer período de sesiones. Basándose en la labor del Grupo Intergubernamental de Expertos en el Cambio Climático, en particular, y en el asesoramiento prestado por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo examinará periódicamente y, según corresponda, revisará el potencial de calentamiento atmosférico de cada uno de esos gases de efecto invernadero, teniendo plenamente en cuenta las decisiones que pueda adoptar al respecto la Conferencia de las Partes. Toda revisión de un potencial de calentamiento atmosférico será aplicable únicamente a los compromisos que en virtud del artículo 3 se establezcan para un período de compromiso posterior a esa revisión.

Artículo 6

1. A los efectos de cumplir los compromisos contraídos en virtud del artículo 3, toda Parte incluida en el anexo I podrá transferir a cualquiera otra de esas Partes, o adquirir de ella, las unidades de reducción de emisiones resultantes de proyectos encaminados a reducir las emisiones antropógenas por las fuentes o incrementar la absorción antropógena por los sumideros de los gases de efecto invernadero en cualquier sector de la economía, con sujeción a lo siguiente:

- a) Todo proyecto de ese tipo deberá ser aprobado por las Partes participantes;
- b) Todo proyecto de ese tipo permitirá una reducción de las emisiones por las fuentes, o un incremento de la absorción por los sumideros, que sea adicional a cualquier otra reducción u otro incremento que se produciría de no realizarse el proyecto;
- c) La Parte interesada no podrá adquirir ninguna unidad de reducción de emisiones si no ha dado cumplimiento a sus obligaciones dimanantes de los artículos 5 y 7; y
- d) La adquisición de unidades de reducción de emisiones será suplementaria a las medidas nacionales adoptadas a los efectos de cumplir los compromisos contraídos en virtud del artículo 3.

2. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo podrá, en su primer período de sesiones o tan pronto como sea posible después de éste, establecer otras directrices para

la aplicación del presente artículo, en particular a los efectos de la verificación y presentación de informes.

3. Una Parte incluida en el anexo I podrá autorizar a personas jurídicas a que participen, bajo la responsabilidad de esa Parte, en acciones conducentes a la generación, transferencia o adquisición en virtud de este artículo de unidades de reducción de emisiones.

4. Si, de conformidad con las disposiciones pertinentes del artículo 8, se plantea alguna cuestión sobre el cumplimiento por una Parte incluida en el anexo I de las exigencias a que se refiere el presente artículo, la transferencia y adquisición de unidades de reducción de emisiones podrán continuar después de planteada esa cuestión, pero ninguna Parte podrá utilizar esas unidades a los efectos de cumplir sus compromisos contraídos en virtud del artículo 3 mientras no se resuelva la cuestión del cumplimiento.

Artículo 7

1. Cada una de las Partes incluidas en el anexo I incorporará en su inventario anual de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, presentado de conformidad con las decisiones pertinentes de la Conferencia de las Partes, la información suplementaria necesaria a los efectos de asegurar el cumplimiento del artículo 3, que se determinará de conformidad con el párrafo 4 *infra*.

2. Cada una de las Partes incluidas en el anexo I incorporará en la comunicación nacional que presente de conformidad con el artículo 12 de la Convención la información suplementaria necesaria para demostrar el cumplimiento de los compromisos contraídos en virtud del presente Protocolo, que se determinará de conformidad con el párrafo 4 *infra*.

3. Cada una de las Partes incluidas en el anexo I presentará la información solicitada en el párrafo 1 *supra* anualmente, comenzando por el primer inventario que deba presentar de conformidad con la Convención para el primer año del período de compromiso después de la entrada en vigor del presente Protocolo para esa Parte. Cada una de esas Partes presentará la información solicitada en el párrafo 2 *supra* como parte de la primera comunicación nacional que deba presentar de conformidad con la Convención una vez que el presente Protocolo haya entrado en vigor para esa Parte y que se hayan adoptado las directrices a que se refiere el párrafo 4 *infra*. La frecuencia de la presentación ulterior de la información solicitada en el presente artículo será determinada por la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo, teniendo en cuenta todo calendario para la presentación de las comunicaciones nacionales que determine la Conferencia de las Partes.

4. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo adoptará en su primer período de sesiones y revisará periódicamente en lo sucesivo directrices para la preparación de la información solicitada en el presente artículo, teniendo en cuenta las directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes incluidas en el anexo I adoptadas por la Conferencia de las Partes. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo decidirá también antes del primer período de compromiso las modalidades de contabilidad en relación con las cantidades atribuidas.

Artículo 8

1. La información presentada en virtud del artículo 7 por cada una de las Partes incluidas en el anexo I será examinada por equipos de expertos en cumplimiento de las decisiones pertinentes de la Conferencia de las Partes y de conformidad con las directrices que adopte a esos efectos la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo con arreglo al párrafo 4 *infra*. La información presentada en virtud del párrafo 1 del artículo 7 por cada una de las Partes incluidas en el anexo I será examinada en el marco de la recopilación anual de los inventarios y las cantidades atribuidas de emisiones y la contabilidad conexas. Además, la información presentada en virtud del párrafo 2 del artículo 7 por cada una de las Partes incluidas en el anexo I será estudiada en el marco del examen de las comunicaciones.

2. Esos equipos examinadores serán coordinados por la secretaría y estarán integrados por expertos escogidos entre los candidatos propuestos por las Partes en la Convención y, según corresponda, por organizaciones intergubernamentales, de conformidad con la orientación impartida a esos efectos por la Conferencia de las Partes.

3. El proceso de examen permitirá una evaluación técnica exhaustiva e integral de todos los aspectos de la aplicación del presente Protocolo por una Parte. Los equipos de expertos elaborarán un informe a la

Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo, en el que evaluarán el cumplimiento de los compromisos de la Parte y determinarán los posibles problemas con que se tropiece y los factores que incidan en el cumplimiento de los compromisos. La secretaría distribuirá ese informe a todas las Partes en la Convención. La secretaría enumerará para su ulterior consideración por la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo las cuestiones relacionadas con la aplicación que se hayan señalado en esos informes.

4. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo adoptará en su primer período de sesiones y revisará periódicamente en lo sucesivo directrices para el examen de la aplicación del presente Protocolo por los equipos de expertos, teniendo en cuenta las decisiones pertinentes de la Conferencia de las Partes.

5. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo, con la asistencia del Órgano Subsidiario de Ejecución y, según corresponda, del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico, examinará:

a) La información presentada por las Partes en virtud del artículo 7 y los informes de los exámenes que hayan realizado de ella los expertos de conformidad con el presente artículo; y

b) Las cuestiones relacionadas con la aplicación que haya enumerado la secretaría de conformidad con el párrafo 3 *supra*, así como toda cuestión que hayan planteado las Partes.

6. Habiendo examinado la información a que se hace referencia en el párrafo 5 *supra*, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo adoptará sobre cualquier asunto las decisiones que sean necesarias para la aplicación del presente Protocolo.

Artículo 9

1. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo examinará periódicamente el presente Protocolo a la luz de las informaciones y estudios científicos más exactos de que se disponga sobre el cambio climático y sus repercusiones y de la información técnica, social y económica pertinente. Este examen se hará en coordinación con otros exámenes pertinentes en el ámbito de la Convención, en particular los que exigen el inciso d) del párrafo 2 del artículo 4 y el inciso a) del párrafo 2 del artículo 7 de la Convención. Basándose en este examen, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo adoptará las medidas que correspondan.

2. El primer examen tendrá lugar en el segundo período de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo. Los siguientes se realizarán de manera periódica y oportuna.

Artículo 10

Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y las prioridades, objetivos y circunstancias concretos de su desarrollo nacional y regional, sin introducir ningún nuevo compromiso para las Partes no incluidas en el anexo I aunque reafirmando los compromisos ya estipulados en el párrafo 1 del artículo 4 de la Convención y llevando adelante el cumplimiento de estos compromisos con miras a lograr el desarrollo sostenible, teniendo en cuenta lo dispuesto en los párrafos 3, 5 y 7 del artículo 4 de la Convención:

a) Formularán, donde corresponda y en la medida de lo posible, unos programas nacionales y, en su caso, regionales para mejorar la calidad de los factores de emisión, datos de actividad y/o modelos locales que sean eficaces en relación con el costo y que reflejen las condiciones socioeconómicas de cada Parte para la realización y la actualización periódica de los inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando las metodologías comparables en que convenga la Conferencia de las Partes y de conformidad con las directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales adoptadas por la Conferencia de las Partes;

- b) Formularán, aplicarán, publicarán y actualizarán periódicamente programas nacionales y, en su caso, regionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático y medidas para facilitar una adaptación adecuada al cambio climático;
- i) tales programas guardarían relación, entre otras cosas, con los sectores de la energía, el transporte y la industria así como con la agricultura, la silvicultura y la gestión de los desechos. Es más, mediante las tecnologías y métodos de adaptación para la mejora de la planificación espacial se fomentaría la adaptación al cambio climático; y
 - ii) las Partes del anexo I presentarán información sobre las medidas adoptadas en virtud del presente Protocolo, en particular los programas nacionales, de conformidad con el artículo 7, y otras Partes procurarán incluir en sus comunicaciones nacionales, según corresponda, información sobre programas que contengan medidas que a juicio de la Parte contribuyen a hacer frente al cambio climático y a sus repercusiones adversas, entre ellas medidas para limitar el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero e incrementar la absorción por los sumideros, medidas de fomento de la capacidad y medidas de adaptación;
- c) Cooperarán en la promoción de modalidades eficaces para el desarrollo, la aplicación y la difusión de tecnologías, conocimientos especializados, prácticas y procesos ecológicamente racionales en lo relativo al cambio climático, y adoptarán todas las medidas viables para promover, facilitar y financiar, según corresponda, la transferencia de esos recursos o el acceso a ellos, en particular en beneficio de los países en desarrollo, incluidas la formulación de políticas y programas para la transferencia efectiva de tecnologías ecológicamente racionales que sean de propiedad pública o de dominio público y la creación en el sector privado de un clima propicio que permita promover la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales y el acceso a éstas;
- d) Cooperarán en investigaciones científicas y técnicas y promoverán el mantenimiento y el desarrollo de procedimientos de observación sistemática y la creación de archivos de datos para reducir las incertidumbres relacionadas con el sistema climático, las repercusiones adversas del cambio climático y las consecuencias económicas y sociales de las diversas estrategias de respuesta, y promoverán el desarrollo y el fortalecimiento de la capacidad y de los medios nacionales para participar en actividades, programas y redes internacionales e intergubernamentales de investigación y observación sistemática, teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 5 de la Convención;
- e) Cooperarán en el plano internacional, recurriendo, según proceda, a órganos existentes, en la elaboración y la ejecución de programas de educación y capacitación que prevean el fomento de la creación de capacidad nacional, en particular capacidad humana e institucional, y el intercambio o la adscripción de personal encargado de formar especialistas en esta esfera, en particular para los países en desarrollo, y promoverán tales actividades, y facilitarán en el plano nacional el conocimiento público de la información sobre el cambio climático y el acceso del público a ésta. Se deberán establecer las modalidades apropiadas para poner en ejecución estas actividades por conducto de los órganos pertinentes de la Convención, teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 6 de la Convención;
- f) Incluirán en sus comunicaciones nacionales información sobre los programas y actividades emprendidos en cumplimiento del presente artículo de conformidad con las decisiones pertinentes de la Conferencia de las Partes; y
- g) Al dar cumplimiento a los compromisos dimanantes del presente artículo tomarán plenamente en consideración el párrafo 8 del artículo 4 de la Convención.

Artículo 11

1. Al aplicar el artículo 10 las Partes tendrán en cuenta lo dispuesto en los párrafos 4, 5, 7, 8 y 9 del artículo 4 de la Convención.

2. En el contexto de la aplicación del párrafo 1 del artículo 4 de la Convención, de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 3 del artículo 4 y en el artículo 11 de la Convención y por conducto de la entidad o las entidades encargadas del funcionamiento del mecanismo financiero de la Convención, las Partes que son países desarrollados y las demás Partes desarrolladas incluidas en el anexo II de la Convención:

- a) Proporcionarán recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos en que incurran las Partes que son países en desarrollo al llevar adelante el cumplimiento de los compromisos ya enunciados en el inciso a) del párrafo 1 del artículo 4 de la Convención y previstos en el inciso a) del artículo 10;

b) Facilitarán también los recursos financieros, entre ellos recursos para la transferencia de tecnología, que necesiten las Partes que son países en desarrollo para sufragar la totalidad de los gastos adicionales convenidos que entrañe el llevar adelante el cumplimiento de los compromisos ya enunciados en el párrafo 1 del artículo 4 de la Convención y previstos en el artículo 10 y que se acuerden entre una Parte que es país en desarrollo y la entidad o las entidades internacionales a que se refiere el artículo 11 de la Convención, de conformidad con ese artículo.

Al dar cumplimiento a estos compromisos ya vigentes se tendrán en cuenta la necesidad de que la corriente de recursos financieros sea adecuada y previsible y la importancia de que la carga se distribuya adecuadamente entre las Partes que son países desarrollados. La dirección impartida a la entidad o las entidades encargadas del funcionamiento del mecanismo financiero de la Convención en las decisiones pertinentes de la Conferencia de las Partes, comprendidas las adoptadas antes de la aprobación del presente Protocolo, se aplicará *mutatis mutandis* a las disposiciones del presente párrafo.

3. Las Partes que son países desarrollados y las demás Partes desarrolladas que figuran en el anexo II de la Convención también podrán facilitar, y las Partes que son países en desarrollo podrán obtener, recursos financieros para la aplicación del artículo 10, por conductos bilaterales o regionales o por otros conductos multilaterales.

Artículo 12

1. Por el presente se define un mecanismo para un desarrollo limpio.

2. El propósito del mecanismo para un desarrollo limpio es ayudar a las Partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.

3. En el marco del mecanismo para un desarrollo limpio:

a) Las Partes no incluidas en el anexo I se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de las emisiones; y

b) Las Partes incluidas en el anexo I podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de esas actividades de proyectos para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3, conforme lo determine la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo.

4. El mecanismo para un desarrollo limpio estará sujeto a la autoridad y la dirección de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo y a la supervisión de una junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.

5. La reducción de emisiones resultante de cada actividad de proyecto deberá ser certificada por las entidades operacionales que designe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo sobre la base de:

a) La participación voluntaria acordada por cada Parte participante;

b) Unos beneficios reales, mensurables y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático; y

c) Reducciones de las emisiones que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad de proyecto certificada.

6. El mecanismo para un desarrollo limpio ayudará según sea necesario a organizar la financiación de actividades de proyectos certificadas.

7. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo en su primer período de sesiones deberá establecer las modalidades y procedimientos que permitan asegurar la transparencia, la eficiencia y la rendición de cuentas por medio de una auditoría y la verificación independiente de las actividades de proyectos.

8. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo se asegurará de que una parte de los fondos procedentes de las actividades de proyectos certificadas se utilice

para cubrir los gastos administrativos y ayudar a las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático a hacer frente a los costos de la adaptación.

9. Podrán participar en el mecanismo para un desarrollo limpio, en particular en las actividades mencionadas en el inciso a) del párrafo 3 *supra* y en la adquisición de unidades certificadas de reducción de emisiones, entidades privadas o públicas, y esa participación quedará sujeta a las directrices que imparta la junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.

10. Las reducciones certificadas de emisiones que se obtengan en el período comprendido entre el año 2000 y el comienzo del primer período de compromiso podrán utilizarse para contribuir al cumplimiento en el primer período de compromiso.

Artículo 13

1. La Conferencia de las Partes, que es el órgano supremo de la Convención, actuará como reunión de las Partes en el presente Protocolo.

2. Las Partes en la Convención que no sean Partes en el presente Protocolo podrán participar como observadoras en las deliberaciones de cualquier período de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo. Cuando la Conferencia de las Partes actúe como reunión de las Partes en el presente Protocolo, las decisiones en el ámbito del Protocolo serán adoptadas únicamente por las Partes en el presente Protocolo.

3. Cuando la Conferencia de las Partes actúe como reunión de las Partes en el presente Protocolo, todo miembro de la Mesa de la Conferencia de las Partes que represente a una Parte en la Convención que a la fecha no sea parte en el presente Protocolo será reemplazado por otro miembro que será elegido de entre las Partes en el presente Protocolo y por ellas mismas.

4. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo examinará regularmente la aplicación del presente Protocolo y, conforme a su mandato, tomará las decisiones necesarias para promover su aplicación eficaz. Cumplirá las funciones que le asigne el presente Protocolo y:

a) Evaluará, basándose en toda la información que se le proporcione de conformidad con lo dispuesto en el presente Protocolo, la aplicación del Protocolo por las Partes, los efectos generales de las medidas adoptadas en virtud del Protocolo, en particular los efectos ambientales, económicos y sociales, así como su efecto acumulativo, y la medida en que se avanza hacia el logro del objetivo de la Convención;

b) Examinará periódicamente las obligaciones contraídas por las Partes en virtud del presente Protocolo, tomando debidamente en consideración todo examen solicitado en el inciso d) del párrafo 2 del artículo 4 y en el párrafo 2 del artículo 7 de la Convención a la luz del objetivo de la Convención, de la experiencia obtenida en su aplicación y de la evolución de los conocimientos científicos y técnicos, y a este respecto examinará y adoptará periódicamente informes sobre la aplicación del presente Protocolo;

c) Promoverá y facilitará el intercambio de información sobre las medidas adoptadas por las Partes para hacer frente al cambio climático y sus efectos, teniendo en cuenta las circunstancias, responsabilidades y capacidades diferentes de las Partes y sus respectivos compromisos en virtud del presente Protocolo;

d) Facilitará, a petición de dos o más Partes, la coordinación de las medidas adoptadas por ellas para hacer frente al cambio climático y sus efectos, teniendo en cuenta las circunstancias, responsabilidades y capacidades diferentes de las Partes y sus respectivos compromisos en virtud del presente Protocolo;

e) Promoverá y dirigirá, de conformidad con el objetivo de la Convención y las disposiciones del presente Protocolo y teniendo plenamente en cuenta las decisiones pertinentes de la Conferencia de las Partes, el desarrollo y el perfeccionamiento periódico de metodologías comparables para la aplicación eficaz del presente Protocolo, que serán acordadas por la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo;

f) Formulará sobre cualquier asunto las recomendaciones que sean necesarias para la aplicación del presente Protocolo;

g) Procurará movilizar recursos financieros adicionales de conformidad con el párrafo 2 del artículo 11;

h) Establecerá los órganos subsidiarios que considere necesarios para la aplicación del presente Protocolo;

i) Solicitará y utilizará, cuando corresponda, los servicios y la cooperación de las organizaciones internacionales y de los órganos intergubernamentales y no gubernamentales competentes y la información que éstos le proporcionen; y

j) Desempeñará las demás funciones que sean necesarias para la aplicación del presente Protocolo y considerará la realización de cualquier tarea que se derive de una decisión de la Conferencia de las Partes en la Convención.

5. El reglamento de la Conferencia de las Partes y los procedimientos financieros aplicados en relación con la Convención se aplicarán *mutatis mutandis* en relación con el presente Protocolo, a menos que decida otra cosa por consenso la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo.

6. La secretaría convocará el primer período de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo en conjunto con el primer período de sesiones de la Conferencia de las Partes que se programe después de la fecha de entrada en vigor del presente Protocolo. Los siguientes períodos ordinarios de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo se celebrarán anualmente y en conjunto con los períodos ordinarios de sesiones de la Conferencia de las Partes, a menos que decida otra cosa la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo.

7. Los períodos extraordinarios de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo se celebrarán cada vez que la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes lo considere necesario, o cuando una de las Partes lo solicite por escrito, siempre que dentro de los seis meses siguientes a la fecha en que la secretaría haya transmitido a las Partes la solicitud, ésta reciba el apoyo de al menos un tercio de las Partes.

8. Las Naciones Unidas, sus organismos especializados y el Organismo Internacional de Energía Atómica, así como todo Estado miembro de esas organizaciones u observador ante ellas que no sea parte en la Convención, podrán estar representados como observadores en los períodos de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo. Todo órgano u organismo, sea nacional o internacional, gubernamental o no gubernamental, que sea competente en los asuntos de que trata el presente Protocolo y que haya informado a la secretaría de su deseo de estar representado como observador en un período de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo podrá ser admitido como observador a menos que se oponga a ello un tercio de las Partes presentes. La admisión y participación de los observadores se regirán por el reglamento, según lo señalado en el párrafo 5 *supra*.

Artículo 14

1. La secretaría establecida por el artículo 8 de la Convención desempeñará la función de secretaría del presente Protocolo.

2. El párrafo 2 del artículo 8 de la Convención sobre las funciones de la secretaría y el párrafo 3 del artículo 8 de la Convención sobre las disposiciones para su funcionamiento se aplicarán *mutatis mutandis* al presente Protocolo. La secretaría ejercerá además las funciones que se le asignen en el marco del presente Protocolo.

Artículo 15

1. El Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico y el Órgano Subsidiario de Ejecución establecidos por los artículos 9 y 10 de la Convención actuarán como Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico y Órgano Subsidiario de Ejecución del presente Protocolo, respectivamente. Las disposiciones sobre el funcionamiento de estos dos órganos con respecto a la Convención se aplicarán *mutatis mutandis* al presente Protocolo. Los períodos de sesiones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico y del Órgano Subsidiario de Ejecución del presente Protocolo se celebrarán conjuntamente con los del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y

Tecnológico y el Órgano Subsidiario de Ejecución de la Convención, respectivamente.

2. Las Partes en la Convención que no sean Partes en el presente Protocolo podrán participar como observadoras en las deliberaciones de cualquier período de sesiones de los órganos subsidiarios. Cuando los órganos subsidiarios actúen como órganos subsidiarios del presente Protocolo las decisiones en el ámbito del Protocolo serán adoptadas únicamente por las Partes que sean Partes en el Protocolo.

3. Cuando los órganos subsidiarios establecidos por los artículos 9 y 10 de la Convención ejerzan sus funciones respecto de cuestiones de interés para el presente Protocolo, todo miembro de la Mesa de los órganos subsidiarios que represente a una Parte en la Convención que a esa fecha no sea parte en el Protocolo será reemplazado por otro miembro que será elegido de entre las Partes en el Protocolo y por ellas mismas.

Artículo 16

La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo examinará tan pronto como sea posible la posibilidad de aplicar al presente Protocolo, y de modificar según corresponda, el mecanismo consultivo multilateral a que se refiere el artículo 13 de la Convención a la luz de las decisiones que pueda adoptar al respecto la Conferencia de las Partes. Todo mecanismo consultivo multilateral que opere en relación con el presente Protocolo lo hará sin perjuicio de los procedimientos y mecanismos establecidos de conformidad con el artículo 18.

Artículo 17

La Conferencia de las Partes determinará los principios, modalidades, normas y directrices pertinentes, en particular para la verificación, la presentación de informes y la rendición de cuentas en relación con el comercio de los derechos de emisión. Las Partes incluidas en el anexo B podrán participar en operaciones de comercio de los derechos de emisión a los efectos de cumplir sus compromisos dimanantes del artículo 3. Toda operación de este tipo será suplementaria a las medidas nacionales que se adopten para cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones dimanantes de ese artículo.

Artículo 18

En su primer período de sesiones, la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo aprobará unos procedimientos y mecanismos apropiados y eficaces para determinar y abordar los casos de incumplimiento de las disposiciones del presente Protocolo, incluso mediante la preparación de una lista indicativa de consecuencias, teniendo en cuenta la causa, el tipo, el grado y la frecuencia del incumplimiento. Todo procedimiento o mecanismo que se cree en virtud del presente artículo y prevea consecuencias de carácter vinculante será aprobado por medio de una enmienda al presente Protocolo.

Artículo 19

Las disposiciones del artículo 14 de la Convención se aplicarán *mutatis mutandis* al presente Protocolo.

Artículo 20

1. Cualquiera de las Partes podrá proponer enmiendas al presente Protocolo.
2. Las enmiendas al presente Protocolo deberán adoptarse en un período ordinario de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo. La secretaria deberá comunicar a las Partes el texto de toda propuesta de enmienda al Protocolo al menos seis meses antes del

período de sesiones en que se proponga su aprobación. La secretaría comunicará asimismo el texto de toda propuesta de enmienda a las Partes y signatarios de la Convención y, a título informativo, al Depositario.

3. Las Partes pondrán el máximo empeño en llegar a un acuerdo por consenso sobre cualquier proyecto de enmienda al Protocolo. Si se agotan todas las posibilidades de obtener el consenso sin llegar a un acuerdo, la enmienda será aprobada, como último recurso, por mayoría de tres cuartos de las Partes presentes y votantes en la reunión. La secretaría comunicará la enmienda aprobada al Depositario, que la hará llegar a todas las Partes para su aceptación.

4. Los instrumentos de aceptación de una enmienda se entregarán al Depositario. La enmienda aprobada de conformidad con el párrafo 3 entrará en vigor para las Partes que la hayan aceptado al noagésimo día contado desde la fecha en que el Depositario haya recibido los instrumentos de aceptación de por lo menos tres cuartos de las Partes en el presente Protocolo.

5. La enmienda entrará en vigor para las demás Partes al noagésimo día contado desde la fecha en que hayan entregado al Depositario sus instrumentos de aceptación de la enmienda.

Artículo 21

1. Los anexos del presente Protocolo formarán parte integrante de éste y, a menos que se disponga expresamente otra cosa, toda referencia al Protocolo constituirá al mismo tiempo una referencia a cualquiera de sus anexos. Los anexos que se adopten después de la entrada en vigor del presente Protocolo sólo podrán contener listas, formularios y cualquier otro material descriptivo que trate de asuntos científicos, técnicos, de procedimiento o administrativos.

2. Cualquiera de las Partes podrá proponer un anexo del presente Protocolo y enmiendas a anexos del Protocolo.

3. Los anexos del presente Protocolo y las enmiendas a anexos del Protocolo se aprobarán en un período ordinario de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes. La secretaría comunicará a las Partes el texto de cualquier propuesta de anexo o de enmienda a un anexo al menos seis meses antes del período de sesiones en que se proponga su aprobación. La secretaría comunicará asimismo el texto de cualquier propuesta de anexo o de enmienda a un anexo a las Partes y signatarios de la Convención y, a título informativo, al Depositario.

4. Las Partes pondrán el máximo empeño en llegar a un acuerdo por consenso sobre cualquier proyecto de anexo o de enmienda a un anexo. Si se agotan todas las posibilidades de obtener el consenso sin llegar a un acuerdo, el anexo o la enmienda al anexo se aprobará, como último recurso, por mayoría de tres cuartos de las Partes presentes y votantes en la reunión. La secretaría comunicará el texto del anexo o de la enmienda al anexo que se haya aprobado al Depositario, que lo hará llegar a todas las Partes para su aceptación.

5. Todo anexo o enmienda a un anexo, salvo el anexo A o B, que haya sido aprobado de conformidad con lo dispuesto en los párrafos 3 y 4 *supra* entrará en vigor para todas las Partes en el presente Protocolo seis meses después de la fecha en que el Depositario haya comunicado a las Partes la aprobación del anexo o de la enmienda al anexo, con excepción de las Partes que hayan notificado por escrito al Depositario dentro de ese período que no aceptan el anexo o la enmienda al anexo. El anexo o la enmienda al anexo entrará en vigor para las Partes que hayan retirado su notificación de no aceptación al noagésimo día contado desde la fecha en que el Depositario haya recibido el retiro de la notificación.

6. Si la aprobación de un anexo o de una enmienda a un anexo supone una enmienda al presente Protocolo, el anexo o la enmienda al anexo no entrará en vigor hasta el momento en que entre en vigor la enmienda al presente Protocolo.

7. Las enmiendas a los anexos A y B del presente Protocolo se aprobarán y entrarán en vigor de conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 20, a reserva de que una enmienda al anexo B sólo podrá aprobarse con el consentimiento escrito de la Parte interesada.

Artículo 22

1. Con excepción de lo dispuesto en el párrafo 2 *infra*, cada Parte tendrá un voto.

2. Las organizaciones regionales de integración económica, en los asuntos de su competencia, ejercerán su derecho de voto con un número de votos igual al número de sus Estados miembros que sean

Partes en el presente Protocolo. Esas organizaciones no ejercerán su derecho de voto si cualquiera de sus Estados miembros ejerce el suyo y viceversa.

Artículo 23

El Secretario General de las Naciones Unidas será el Depositario del presente Protocolo.

Artículo 24

1. El presente Protocolo estará abierto a la firma y sujeto a la ratificación, aceptación o aprobación de los Estados y de las organizaciones regionales de integración económica que sean Partes en la Convención. Quedará abierto a la firma en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York del 16 de marzo de 1998 al 15 de marzo de 1999, y a la adhesión a partir del día siguiente a aquél en que quede cerrado a la firma. Los instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión se depositarán en poder del Depositario.

2. Las organizaciones regionales de integración económica que pasen a ser Partes en el presente Protocolo sin que ninguno de sus Estados miembros lo sea quedarán sujetas a todas las obligaciones dimanantes del Protocolo. En el caso de una organización que tenga uno o más Estados miembros que sean Partes en el presente Protocolo, la organización y sus Estados miembros determinarán su respectiva responsabilidad por el cumplimiento de las obligaciones que les incumban en virtud del presente Protocolo. En tales casos, la organización y los Estados miembros no podrán ejercer simultáneamente derechos conferidos por el Protocolo.

3. Las organizaciones regionales de integración económica indicarán en sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión su grado de competencia con respecto a las cuestiones regidas por el Protocolo. Esas organizaciones comunicarán asimismo cualquier modificación sustancial de su ámbito de competencia al Depositario, que a su vez la comunicará a las Partes.

Artículo 25

1. El presente Protocolo entrará en vigor al nonagésimo día contado desde la fecha en que hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión no menos de 55 Partes en la Convención, entre las que se cuenten Partes del anexo I cuyas emisiones totales representen por lo menos el 55% del total de las emisiones de dióxido de carbono de las Partes del anexo I correspondiente a 1990.

2. A los efectos del presente artículo, por "total de las emisiones de dióxido de carbono de las Partes del anexo I correspondiente a 1990" se entiende la cantidad notificada, en la fecha o antes de la fecha de aprobación del Protocolo, por las Partes incluidas en el anexo I en su primera comunicación nacional presentada con arreglo al artículo 12 de la Convención.

3. Para cada Estado u organización regional de integración económica que ratifique, acepte o apruebe el presente Protocolo o se adhiera a él una vez reunidas las condiciones para la entrada en vigor establecidas en el párrafo 1 *supra*, el Protocolo entrará en vigor al nonagésimo día contado desde la fecha en que se haya depositado el respectivo instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.

4. A los efectos del presente artículo, el instrumento que deposite una organización regional de integración económica no contará además de los que hayan depositado los Estados miembros de la organización.

Artículo 26

No se podrán formular reservas al presente Protocolo.

Artículo 27

1. Cualquiera de las Partes podrá denunciar el presente Protocolo notificándolo por escrito al Depositario en cualquier momento después de que hayan transcurrido tres años a partir de la fecha de entrada en vigor del Protocolo para esa Parte.

2. La denuncia surtirá efecto al cabo de un año contado desde la fecha en que el Depositario haya

recibido la notificación correspondiente o, posteriormente, en la fecha que se indique en la notificación.

3. Se considerará que la Parte que denuncia la Convención denuncia asimismo el presente Protocolo.

Artículo 28

El original del presente Protocolo, cuyos textos en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará en poder del Secretario General de las Naciones Unidas.

HECHO en Kyoto el día once de diciembre de mil novecientos noventa y siete.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL los infrascritos, debidamente autorizados a esos efectos, han firmado el presente Protocolo en las fechas indicadas.

Anexo A

Gases de efecto invernadero

Dióxido de carbono (CO₂)
Metano (CH₄)
Óxido nitroso (N₂O)
Hidrofluorocarbonos (HFC)
Perfluorocarbonos (PFC)
Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Sectores/categorías de fuentes

Energía
Quema de combustible
Industrias de energía Industria manufacturera y construcción Transporte Otros sectores
Otros
Emisiones fugitivas de combustibles
Combustibles sólidos Petróleo y gas natural Otros
Procesos industriales
Productos minerales Industria química Producción de metales Otra producción Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
Otros
Utilización de disolventes y otros productos Agricultura
Fermentación entérica Aprovechamiento del estiércol Cultivo del arroz Suelos agrícolas Quema prescrita de sabanas Quema en el campo de residuos agrícolas Otros

Desechos

Eliminación de desechos sólidos en la tierra Tratamiento de las aguas residuales Incineración de desechos Otros

Anexo B

**Compromiso cuantificado de limitación o
reducción de las emisiones (% del nivel del
año o período de base)**

Alemania	92
Australia	108
Austria	92
Bélgica	92
Bulgaria*	92
Canadá	94
Comunidad Europea	92
Croacia*	95
Dinamarca	92
Eslovaquia*	92
Eslovenia*	92
España	92
Estados Unidos de América	93
Estonia*	92
Federación de Rusia*	100
Finlandia	92
Francia	92
Grecia	92
Hungría*	94
Irlanda	92
Islandia	110
Italia	92
Japón	94
Letonia*	92
Liechtenstein	92
Lituania*	92
Luxemburgo	92
Mónaco	92
Noruega	101
Nueva Zelanda	100
Países Bajos	92
Polonia*	94
Portugal	92
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	92
República Checa*	92
Rumania*	92
Suecia	92
Suiza	92
Ucrania*	100

* Países que están en proceso de transición a una economía de mercado.

La entrada en vigor del Protocolo de Kioto

Francisco Castejón

Publicado en *Página Abierta*, nº 158. Abril 2005

En el ecologismo organizado se esperaba un acontecimiento como éste desde la cumbre de Río de Janeiro, allá por 1992, cuando por primera vez los Gobiernos de todo el mundo se reunieron para discutir sobre el estado del medio ambiente planetario y, en particular, sobre el cambio climático. Uno de los resultados de aquella cumbre fue que se introdujo en las agendas políticas la necesidad de llegar a acuerdos a nivel mundial que conduzcan a una reducción de las emisiones de los gases que causan el efecto invernadero. Por fin parecía que las elites políticas recogían una de las principales preocupaciones ecologistas y la hacían suya. El Protocolo de Kioto es el primer tratado internacional a gran escala encaminado a la protección ambiental. El cuidado del medio ambiente ha entrado como un eje que ha de tenerse en cuenta en la preocupación general por la seguridad mundial. Las amenazas ambientales, que a veces se concretan en catástrofes naturales, merecen ser consideradas.

El camino no fue fácil, e hicieron falta varias Conferencias de las Partes tras el acuerdo de 1992, todas ellas infructuosas, antes de que se firmara un nuevo acuerdo con compromisos concretos en la ciudad de Kioto (Japón) en el año 1997: el Protocolo de Kioto, que ha entrado en vigor tras múltiples avatares. Allí se acordó que las emisiones de gases de invernadero se reduzcan en todo el mundo en un 5,2% con respecto a los niveles de 1990, lo cual implica una reducción del 8% en la Unión Europea (UE), un 6% en EE UU y un 7% en Japón, entre 2008 y 2012.

La principal dificultad para alcanzar un acuerdo concreto estriba en que las principales emisiones de gases invernadero proceden de la quema de combustibles fósiles: petróleo y sus derivados, carbón y gas natural. Y éstos son clave en la actualidad para el mantenimiento de las actividades industriales, especialmente la siderurgia y la metalurgia, la industria del cemento y la cerámica; para el transporte, actividad en creciente aumento en el mundo de hoy, que depende casi en su totalidad de los combustibles fósiles; y, por último, aproximadamente la mitad de la generación de electricidad se basa también en los combustibles fósiles. Estas actividades son básicas para mantener un alto nivel económico y un alto nivel de vida. No en vano los países industrializados son los principales emisores de gases invernadero. La reducción de emisiones pasaría, hoy por hoy, por modificar fuertemente la base energética de nuestra civilización y, de forma ineludible, por una disminución del consumo en los países ricos.

Los objetivos del protocolo son considerados demasiado magros por los ecologistas, y sin duda lo son. A pesar de lo cual se han tardado 8 años en conseguir su entrada en vigor. En el propio protocolo se decía que como mínimo un 55% de los países firmantes que emitieran al menos un 55% de los gases de invernadero deberían ratificar el acuerdo para que entrara en vigor dos meses después. La ratificación de Rusia hace algo más de tres meses ha supuesto que 141 países con el 61% de las emisiones ratifiquen el protocolo, con lo que se cumplen los mínimos fijados por el propio acuerdo para su entrada en vigor.

Fuera del Protocolo de Kioto quedan cuatro países muy importantes: EE UU, Australia, China e India, que no lo han ratificado. Este hecho es grave, porque EE UU es el principal emisor de gases de invernadero del mundo, con el 36% de todas las emisiones. China está experimentando un rápido crecimiento económico para el que necesita todos sus recursos energéticos, y no tiene en cuenta los impactos ambientales y sociales que este hecho pudiera acarrear. Este país ha construido, por ejemplo, la presa de las Tres Gargantas, proyecto que ha obligado a desplazarse a cientos de miles de personas, o se plantea la construcción de varias centrales nucleares y térmicas (se habla de 25 centrales en total). China tiene muchas reservas de carbón de las que espera tirar en el futuro para obtener la energía necesaria para su crecimiento, y la ratificación del protocolo sería un obstáculo para estos planes. Lo mismo le ocurre a Australia, que cuenta con poder usar sus reservas de carbón en el futuro para satisfacer sus necesidades energéticas, sobre todo teniendo en cuenta que se vislumbra el fin de las reservas de petróleo para dentro de unas cuatro décadas. India es el segundo país más poblado de la tierra y, al igual que China, necesitará un fuerte incremento de su consumo energético para alcanzar un nivel de vida similar al que tenemos en Occidente.

Dos aspectos criticables

El Protocolo de Kioto contiene dos aspectos claramente criticables. El primero de ellos es que sus objetivos son muy escasos. Los porcentajes de reducción de los gases de invernadero son muy magros para atajar el cambio climático que, según el IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio climático, una comunidad de varios miles de científicos de todo el mundo), ya ha comenzado. Es difícil decir de forma exacta cuáles son los porcentajes de reducción suficientes, pero algunas fuentes hablan de reducciones de en torno al 20% para que se noten los efectos, y en más del 40% para neutralizar el cambio climático. En todo caso, habría que proceder a una reducción muy por encima del 5% acordado en Kioto.

El segundo aspecto criticable son los llamados Mecanismos de Flexibilidad. El protocolo permite compensar las emisiones que superan los compromisos adquiridos usando tres mecanismos: la compra-venta de derechos de emisión, los mecanismos de desarrollo limpio y la plantación de árboles que actúen como sumidero.

El primero de ellos consiste en la apertura de mercados internacionales de compra-venta de derechos de emisión. Serían una especie de bolsas en las cuales los países que hayan reducido sus emisiones más allá de sus compromisos podrán vender estos derechos de emisión a aquellos otros que contaminen más de lo acordado. El mercado europeo ya ha entrado en vigor legalmente el 1 de enero de 2005, aunque todavía no ha comenzado a operar. Hay que reconocer que el mercado de emisiones incentivará la búsqueda de tecnologías menos contaminantes y tendrá efectos positivos, porque los productos más limpios serán los más competitivos desde el punto de vista económico. Pero lo ideal sería que si un país consiguiese reducir emisiones más allá de sus compromisos, éstas no sirvieran para que otros aumentaran las suyas, sino para que pudiéramos disfrutar, en conjunto, de ese avance. Además, esta posibilidad otorga una coartada al país que no haya sido capaz de cumplir sus compromisos. Las empresas ricas podrán afrontar la violación de sus compromisos haciendo uso de la consigna “el que contamina paga”.

Tras el mercado europeo se abrirán otros mercados internacionales. Y esto explica en cierta medida por qué el Gobierno de Rusia ha firmado el protocolo: sus emisiones están un 38% por debajo de las asignadas, por lo que podrá vender derechos de emisión en un mercado internacional. Es lo que se conoce como la venta del aire caliente.

Los mecanismos de desarrollo limpio, el segundo de los mecanismos de flexibilidad, consisten en que un país puede contabilizar como reducción de emisiones propias aquellas que consiga mediante la implantación de tecnologías limpias en otros países. Un país rico podría aumentar sus emisiones si consigue que otro las reduzca en el mundo. Sin duda, esto beneficiará a estos terceros países, pero lo justo sería que también los países más contaminantes redujeran sus emisiones. Como se verá más adelante, la reducción de emisiones no sólo se logra introduciendo tecnologías más limpias, sino que exige, en cierta medida, apretarse el cinturón y reducir el consumo. Lo justo es adecuar nuestros consumos a lo que el planeta puede, de forma razonable, soportar.

La plantación de árboles como sumidero, el tercer mecanismo de flexibilidad, tiene el problema de que son las especies de crecimiento rápido las mayores candidatas para la plantación, lo cual está lejos de ser lo más conveniente desde el punto de vista ecológico. Además, existen grandes incertidumbres científicas sobre la capacidad de fijación del carbono de las especies, con lo que no se puede calcular bien cuantos árboles es preciso plantar para absorber las emisiones sobrantes.

Estos tres mecanismos citados tienen el inconveniente común de que permiten a los países más contaminantes no bajar sus emisiones, no disminuir sensiblemente su consumo energético y no invertir en tecnologías energéticas más limpias, lo que, de producirse, abriría la posibilidad de reducciones futuras de emisiones. La existencia de los mecanismos de flexibilidad reduce un tanto la eficacia de las medidas y retrasa la necesaria reducción de emisiones a nivel mundial.

Un paso adelante

A pesar de todo esto, la entrada en vigor del Protocolo de Kioto es un paso adelante. Por primera vez, un grupo muy importante de países del mundo, entre los que hay que destacar a la UE, principal adalid del protocolo, se ponen de acuerdo con el fin de tomar medidas concretas para reducir sus emisiones contaminantes. Por un lado, se pueden incentivar tecnologías más limpias que abran el camino hacia reducciones futuras; y por otro, sería importante poner en marcha acciones que conduzcan a formas de vida menos consumidoras de energía y, por tanto, más respetuosas con el medio ambiente. Se trataría de reducir nuestros consumos de materias primas y de productos, detrás de los cuales siempre hay energía. Y sería necesario reducir nuestras necesidades de transporte por carretera, para lo que habría que abandonar las tendencias de urbanización dispersa del territorio, habría que potenciar el transporte público y, sobre todo, el ferrocarril. Hay que tener en cuenta que el transporte genera por sí mismo más de la cuarta parte de los gases de invernadero.

Nos encontramos frente al serio interrogante de si el entramado político y económico realmente existente es capaz de reaccionar en su conjunto ante los grandes

desafíos a los que se enfrenta. Esto no es fácil en una economía capitalista en la que las decisiones las toma el mercado, con la dificultad añadida de que los costes que ocasiona el cambio climático no están en la actualidad incluidos en el precio de la energía y es muy dudoso que puedan llegar a estarlo de forma exacta, dadas las enormes incertidumbres que existen sobre esta cuestión. El poder político debería demostrar su capacidad para actuar y modificar aspectos importantes del entramado económico. En este marco, los instrumentos y regulaciones que actúen sobre los precios son clave, lo cual no implica que el único camino posible sea la instauración de mercados de emisiones.

Pero, además, la sociedad en su conjunto debería ser protagonista de la reducción de emisiones. Hay que pensar que muchas de las medidas necesarias para ello implican cambios en las formas de vida. Debería producirse una fuerte reducción en el uso del automóvil privado, la limitación del consumo en general y un mayor gusto por la austeridad. En una sociedad como la nuestra, en la que el consumo es sobre todo de carácter compulsivo y es en sí mismo un mecanismo de inserción social, se han de producir cambios culturales de gran calado para afrontar los desafíos futuros.

Más allá de Kioto

El 10 de marzo de 2005, menos de un mes después de la entrada en vigor del protocolo, los 25 ministros de Medio Ambiente de la UE mostraron que sus intenciones no se limitan al cumplimiento de aquél, sino que planean ir más allá. Han firmado un compromiso, que ha de ser ratificado por sus diferentes Estados, para reducir las emisiones de gases invernadero entre un 15% y un 30% en 2020, y entre un 60% y un 80% en 2050, respecto a los niveles de 1990. Las conclusiones finales son todavía demasiado vagas y en ellas no se fijan las medidas concretas para proceder a estas fuertes reducciones de gases de invernadero. Por ejemplo, se dice que estas cifras deben servir como base de negociación para convencer a los cuatro Estados más reticentes, citados anteriormente: EE UU, China, Australia e India. Además, se añade que estos objetivos se establecen «sin prejuzgar nuevos enfoques para diferenciar entre las partes en un marco futuro flexible y justo». Esta flexibilidad es la que ha permitido que el compromiso sea firmado por ministros de los países más reticentes dentro de la UE, frente a los más comprometidos, que querían fijar ya objetivos concretos: Luxemburgo, Alemania, Países Bajos, Austria y Dinamarca.

Las cifras barajadas en el párrafo anterior lanzan un claro mensaje a los agentes sociales y económicos: hay que cambiar el modelo energético a medio plazo para luchar contra el cambio climático. El cumplimiento del Protocolo de Kioto es solamente un primer paso, pero la lucha contra el cambio climático no sólo nos va a exigir medidas de asignación de emisiones a los sectores industriales y de generación eléctrica, sino que implica un cambio en las tendencias urbanísticas y de transporte. ¡Y un cambio en los comportamientos y formas de vida!

España, a la cola del cumplimiento del protocolo

España está a la cola de los países de la UE en el cumplimiento del Protocolo de Kioto. Éste le permite aumentar sus emisiones en un 15% respecto a 1990 y, en el día de

hoy, las emisiones ya han aumentado el 45% con respecto a aquella fecha. El Gobierno español ha planteado un plan de reducción de gases de invernadero, asignando derechos de emisión a los sectores industrial y de generación eléctrica que permitirán situarnos en torno al 24% por encima de las emisiones de 1990. El resto de la reducción, hasta llegar a ese 15%, se acometerá mediante los mecanismos de flexibilidad. Es el conocido como Plan Nacional de Asignación de Emisiones. Se trata de un plan pobre, criticable por insuficiente, pero hay que reconocer que es la primera actuación concreta que se produce en este sentido desde la firma del protocolo en 1997. El anterior Gobierno actuaba como si jamás fuera a entrar en vigor el acuerdo, y nunca tomó medida alguna de forma institucional que condujera a su cumplimiento.

La reducción de emisiones en nuestro territorio está dificultada por unas tendencias económicas y sociales que, más bien, tienden a aumentar el consumo energético y que se han asentado durante los últimos 15 años. Por un lado, el consumo de electricidad está aumentando fuerte y sistemáticamente por encima del aumento del PIB, sobre todo debido al tirón del consumo doméstico. Este consumo se favoreció mediante la bajada de tarifas que siguió a la liberalización del sector eléctrico que se produjo tras la promulgación de la Ley del Sector Eléctrico en 1997. Al calor de unas tarifas de la electricidad relativamente baratas y de una época de mayor progreso económico, aparecen en los hogares aparatos de aire acondicionado y calefacciones eléctricas muy consumidoras de electricidad, con lo que la potencia eléctrica demandada no deja de crecer, y lo hace a mayor ritmo que el crecimiento demográfico y, como ya he dicho, que el PIB.

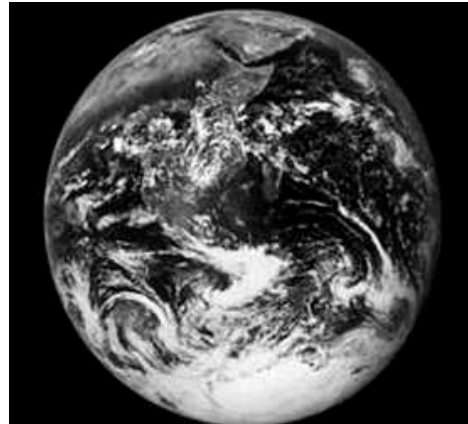
Por otro lado, se está produciendo un aumento muy fuerte de las llamadas “emisiones difusas”, originadas sobre todo por el transporte en carretera, y para las que el Plan de Asignación de Emisiones del Gobierno no contempla ninguna medida. Al contrario, las medidas políticas que se toman hasta ahora, como el plan Renove, favorecen la compra de nuevos vehículos. El número de vehículos matriculados en España en 2004 superó los 1,6 millones. Las infraestructuras que se construyen en las ciudades y las nuevas autovías no hacen sino incentivar el uso del coche.

En el territorio español, la proporción de suelo urbanizado ha aumentado un 25% de media en diez años, sin que, por supuesto, la población lo haya hecho en esa medida. En algunas zonas como la Comunidad de Madrid, el porcentaje asciende al 50%. Muchos municipios españoles han entrado en una dinámica de incrementar su zona urbanizada, bien para construir casas que sirvan como segundas viviendas, bien para construir viviendas-dormitorio lejos de los centros urbanos, cuyo precio las hace prohibitivas. La necesidad de transporte aumenta considerablemente en un territorio con urbanizaciones dispersas, donde las personas se ven obligadas a desplazarse muchos kilómetros para llegar a su lugar de trabajo o para resolver sus asuntos. El desarrollo económico español se basa, en buena medida, en la construcción, un sector fuertemente consumidor de energía.

La revolución del cambio climático

Jeffrey D. Sachs. Catedrático de Economía y director del Instituto de la Tierra en la Universidad de Columbia.

(Publicado en El País de 28 feb 2007)



Durante varios años, el Gobierno de Bush intentó ocultar los datos al público: eliminó de los documentos oficiales las referencias al clima creado por el hombre e incluso trató de borrar declaraciones de importantes científicos del Gobierno.

El mundo se encuentra en medio de una gran transformación política y el cambio climático ha pasado a ocupar el centro de la actualidad nacional e internacional. Los políticos que insisten en negar la necesidad de actuar, como el presidente de Estados Unidos, George W. Bush, el primer ministro australiano, John Howard, y el primer ministro canadiense, Stephen Harper, no tienen ya dónde esconderse. Los datos científicos están claros, los cambios provocados por el hombre en el clima están empezando a sentirse y en el electorado hay una exigencia creciente de que se lleve a cabo algún tipo de acción. Hoy tiene bastantes oportunidades de producirse algo que hace sólo pocos meses parecía poco probable: que de aquí a 2010 se llegue a un sólido acuerdo mundial, capaz de fijar el rumbo de actuación para varios decenios.

Los dirigentes políticos de los países que producen carbón, petróleo y gas -como Estados Unidos, Australia y Canadá- han pretendido convencernos de que el cambio climático no es más que una mera hipótesis. Durante varios años, el Gobierno de Bush intentó ocultar los datos al público: eliminó de los documentos oficiales las referencias al clima creado por el hombre e incluso trató de borrar declaraciones de importantes científicos del Gobierno. Hasta hace poco, ExxonMobil y otras compañías pagaban a profesionales de grupos de presión para que intentaran distorsionar el debate público.

Sin embargo, la verdad ha triunfado sobre las maniobras políticas. El propio clima está encargándose de transmitir un mensaje lleno de fuerza y, a menudo, devastador. El huracán Katrina mostró a los estadounidenses que el calentamiento global seguramente va a aumentar la intensidad de las tormentas. Igual que la gran sequía sufrida por Australia este último año ha dejado en ridículo la actitud despreciativa de Howard hacia el cambio climático.

Los científicos se han tomado con mucha seriedad el objetivo de educar al público. Podemos agradecerlo a Naciones Unidas. La ONU auspicia el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC), un organismo internacional en el que figuran cientos de especialistas en climatología que, cada pocos años, informan a la opinión pública sobre la ciencia del cambio climático.

Este año, el PICC publica su cuarta serie de informes, empezando por el que dieron a conocer a principios de febrero. La conclusión era inequívoca: en la comunidad científica existe el consenso de que la actividad humana, sobre todo la utilización de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas) -además de la deforestación y otros usos de la tierra (como la extensión de los arrozales)- genera enormes emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, con la consecuencia de un cambio climático que está acelerándose y que representa graves riesgos para el planeta.

La mayor amenaza es la derivada de la producción y el consumo de energía para electricidad, transporte, calefacción y refrigeración de edificios. Pero los científicos e ingenieros de todo el mundo, y empresas líderes en tecnología como General Electric, también están mandando un mensaje muy claro: podemos resolver el problema con costes moderados si aplicamos nuestra máxima capacidad de reflexionar y actuar a la búsqueda de soluciones reales.

Si recurrimos a fuentes de energía alternativas, ahorramos consumo energético y capturamos y almacenamos de forma segura el dióxido de carbono producido por los combustibles fósiles, la sociedad podrá limitar sus emisiones de dióxido de carbono a unos niveles prudentes con un coste, se calcula, inferior al 1% de la renta mundial. El paso a un sistema de energía sostenible no será rápido y necesitará nuevos tipos de centrales eléctricas, nuevos tipos de automóviles y "edificios verdes", capaces de ahorrar consumo energético.

El proceso tardará muchos años, pero debemos empezar ya y actuar a escala mundial, mediante la implantación de impuestos sobre el carbono y licencias de emisión para crear incentivos de mercado que animen a las empresas y los individuos a hacer los cambios necesarios. Los incentivos tendrán un coste moderado y unos beneficios inmensos, y pueden diseñarse de tal forma que los pobres queden protegidos y los que carguen con el peso del cambio climático sean los que pueden permitirselo.

Es posible establecer un calendario razonable. Hacia finales de 2007, todos los gobiernos del mundo deberían entablar negociaciones sobre un sistema para abordar el cambio climático que entre en vigor cuando expire el Protocolo de Kioto, a partir de 2012. A lo largo de 2008 deberían fijarse unos principios básicos y en 2009 la comunidad mundial -incluidos los dos mayores productores de dióxido de carbono, Estados Unidos y China- debería estar dispuesta a firmar un acuerdo serio que tendría que estar firmado en 2010 y ratificado a tiempo de sustituir a Kioto.

El Protocolo de Kioto fue el primer intento de crear un sistema de ese tipo, pero sólo afectaba a los países ricos y sus objetivos eran muy modestos. Ni siquiera lo firmó el país más rico y máximo contribuyente al cambio climático mundial, Estados Unidos. Tampoco lo hizo Australia. Canadá firmó pero no ha hecho nada. Otros grandes

consumidores de energía, China e India, que deberían formar parte de cualquier solución sustancial, no han hecho frente tampoco a sus responsabilidades en virtud del acuerdo de Kioto.

Todo eso tendrá que cambiar. Todos los países tendrán que asumir su parte de responsabilidad respecto al mundo y las futuras generaciones.

Existe ya una manera de que tanto los individuos como las empresas puedan hacer oír su voz. El Instituto de la Tierra en la Universidad de Columbia, que dirijo, ha acogido una Mesa Redonda Mundial formada por grandes empresas, grupos ecologistas y otras organizaciones internacionales para llegar a un acuerdo que esté presente en las futuras negociaciones. El resultado de la Mesa Redonda fue una importante Declaración de Principios y otra declaración general firmada por gran parte de las mayores empresas del planeta, con sedes en Estados Unidos, Europa, Canadá, China e India. También la han firmado muchos de los principales científicos del mundo.

El cambio climático mundial exige decisiones de alcance mundial, e iniciativas como la citada Declaración muestran que podemos encontrar áreas de consenso para emprender acciones enérgicas. Ha llegado el momento de que los políticos que hasta ahora seguían negándose se unan a ese esfuerzo.

LA VOZ DE LOS CIENTÍFICOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Comisión de Energía de Ecologistas en Acción. Marzo de 2007.



Han pasado seis años desde el anterior informe científico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), y a medida que se extiende la percepción de que el calentamiento global es un problema real que afectará a todo el mundo, se escucha con más atención lo que podríamos llamar el “diagnóstico oficial” del estado del clima.

Este informe describe los nuevos conocimientos sobre el proceso climático y su atribución causal, la relación de alteraciones observadas en todo el mundo y las estimaciones de evolución futura. Se trata de contar lo que sabe la ciencia hoy por hoy, y explicarlo de forma que tanto las certezas como las cuestiones probables y las incógnitas se describan lo más clara y ajustadamente posible. No participan sólo los científicos, se ha elaborado en consenso con los representantes de los gobiernos para asegurar que se vinculen con las conclusiones. O al menos intentarlo.

El calentamiento del sistema climático se califica con rotundidad de “inequívoco” y se confirman tendencias ya advertidas anteriormente:

- Once de los doce años más cálidos desde 1850 están entre 1995 y 2006. La temperatura media global ha aumentado 0,74°C de 1906 a 2005 (mayor que la publicada en el anterior informe¹). La tendencia de los últimos cincuenta años prácticamente dobla la de los cien anteriores.
- Es muy acusado el calentamiento del Ártico, casi el doble de la media mundial. La superficie congelada se ha reducido un 2,7% por década desde 1978.
- La capa de permafrost, tierras que están permanentemente congeladas, presenta un incremento de temperatura superficial de hasta 3°C, y una reducción en el área máxima congelada de un 7% desde 1900 (y del 15% en primavera).
- La temperatura promedio del océano también ha aumentado a profundidades de hasta 3.000 m. Las observaciones muestran que el océano ha absorbido más del 80% del calor añadido al sistema climático. En consecuencia el agua se ha expandido, contribuyendo a una subida del nivel del mar de 1,6 mm por año de 1993 a 2003.

¹ Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático: 0,6 °C de 1901-2000.

- Los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han reducido su extensión en ambos hemisferios. La aportación de agua al mar en ese periodo se calcula que ha hecho crecer el nivel en 0,77 mm por año.
- También Groenlandia y la Antártida experimentan cambios: la velocidad de flujo de algunos glaciares en ambas masas de hielo ha aumentado, aportando más agua al mar. Este fenómeno explica la mayor parte de la pérdida de masa de la Antártida y la mitad de la pérdida de Groenlandia, el resto se debe a que la fusión estacional no ha sido compensada por la acumulación de nieve. Su contribución al nivel del mar se estima que ha sido muy significativa entre 1993 y 2003, llegando a 0,4 mm por año.
- En conjunto el nivel del mar ha aumentado entre 12 y 22 cm durante el siglo XX.
- La distribución y cantidad de lluvia entre 1900 y 2005 ha cambiado en muchas zonas. Vienen recibiendo más precipitaciones la parte oriental de norte y sur América, el norte y centro de Asia y el norte de Europa. Hay mayor sequedad en el Sahel, el Mediterráneo, el sur de África y parte del sur de Asia. Los trópicos y subtropicos han sufrido desde 1970 sequías más intensas y largas, relacionadas con la falta de lluvias y el aumento de las temperaturas.
- También se ha constatado que hay más lluvias torrenciales, lo que es consistente con una atmósfera que contiene más agua porque su temperatura es mayor. Los días extremadamente cálidos son más frecuentes que hace cincuenta años, y también las olas de calor.
- Se aclara la discusión sobre los ciclones: hay evidencia observacional de aumento de la intensidad de los ciclones tropicales desde 1970 en el Atlántico Norte, y no se asegura todavía en el resto del trópico por la escasez de datos adecuados.

Fuera de la exigente lista de evidencias climáticas, y en aras del consenso, han quedado asuntos de gran importancia como la inestabilidad del hielo que rodea la Península antártica y su aumento de temperatura al cuádruple del promedio global. Tampoco, por ejemplo, se ha considerado un reciente informe sobre la ralentización de la corriente del Golfo en 2004, se declara tan sólo que no hay suficiente evidencia para determinar tendencias. El proceso de elaboración de *“Cambio Climático 2007: las bases científicas y físicas”* del IPCC ha sido tan riguroso que se rechazaron las investigaciones algo controvertidas, no completamente cuantificadas o todavía no incorporadas en los modelos climáticos. El propósito es impedir que los “escépticos” del cambio climático puedan hincar sus dientes en el informe y hacer campaña intentando desacreditar el proceso científico.

También por eso el documento es cuidadosamente claro en la atribución de las causas de este cambio climático:

“La mayor parte del incremento observado en la temperatura media global desde mediados del siglo XX es muy probablemente debida al aumento observado en la concentración de gases de efecto invernadero antropogénicos.”

Para evitar precisamente las malas interpretaciones, se define el significado de *muy probablemente* como mayor del 90%. Pero no hay que tomárselo al pie de la letra porque en el borrador ponía *extremadamente probable*, que significa mayor del 95%, y durante cinco horas las delegaciones de China y Arabia Saudí bloquearon esa expresión para cambiarla por *probable*, mayor del 66%. Así que ese 90% fue una salida de negociadores agotados. Hubo muchos otros intentos de interferencia política por parte de la gran delegación china pero sólo consiguieron su propósito, tras diez horas de discusión, en la retirada de una frase relativa a una estimación de la influencia de la actividad humana en el forzamiento radiativo² cinco veces superior a la del sol. Cuestión que aunque no está en el texto queda reflejada de todos modos en un gráfico.

Las previsiones de evolución del clima se basan en los cálculos de sofisticados modelos climáticos y unas determinadas previsiones de emisiones de gases de efecto invernadero (los denominados “escenarios”). En comparación con las proyecciones del informe IPCC del 2001 se dispone de más simulaciones basadas en un rango de modelos más amplio, de creciente complejidad y realismo, junto con nuevas observaciones.

El intervalo de aumento de temperatura en que podríamos movernos a finales de este siglo es de 1,1°C a 6,4°C como valores extremos en la última década del siglo, correspondientes a concentraciones de CO₂e en 2100 de 600 ppm y 1550 ppm³ respectivamente. Es más que notable que el calentamiento durante las próximas dos décadas vaya a ser muy parecido en cualquiera de los escenarios pero luego diverja considerablemente. No es descabellado temer el efecto perverso de que las consecuencias de no reducir prontamente las emisiones e incluso acelerarlas no sean percibidas en su dimensión real hasta mucho después, en la segunda mitad del siglo.

Una conclusión sorprendente del informe es que se proyecta para el nivel del mar un margen de aumento desde un mínimo de 18 cm a 59 cm, un intervalo notablemente menor que el de 9 a 88 cm que se preveía en el informe de 2001. ¿Es que quizá tengamos algo de suerte y las cosas no se van a poner tan mal?. Lamentablemente no es así, la reducción del margen se debe a que voluntariamente se ha excluido del cálculo la contribución de los cambios en el flujo de las placas de hielo (de la Antártida y Groenlandia), y la incertidumbre de la retroalimentación del ciclo del carbono. El informe explica que no se considera un conocimiento lo bastante asentado todavía para cuantificarlo pero deja clara su radical influencia en el futuro de la altura del mar. De hecho las cifras publicadas incluyen una contribución debida al incremento del flujo de hielo a las tasa observadas entre 1993 a 2003 y, tal como se dice en el informe, si se considerase un crecimiento meramente lineal de estas cifras con el aumento de temperatura previsible habría que añadir entre 10 cm y 20 cm más al nivel del mar. Por tanto la proyección sobre el mar es explícitamente conservadora, y anuncia que hay motivo para preocuparse.

También lo hay con la progresiva acidificación oceánica debida al incremento de CO₂ disuelto. Las reducciones de PH anunciadas son de 0,14 a 0,35 (desde la era preindustrial el cambio se estima en 0,1). La solubilidad de los carbonatos se hará por

² Forzamiento Radiativo: medida de la influencia de un factor en el balance energético de la radiación solar incidente y la emitida al espacio por el sistema Tierra-atmósfera (w/m²).

³ ppm: partes por millón. Número de moléculas de gas respecto al número total de moléculas de aire seco.

tanto mayor, planteando problemas a la supervivencia de buena parte de los artrópodos marinos.

Las proyecciones sobre la contracción de cubierta de nieve y superficie helada, extremos térmicos y olas de calor siguen la tendencia anunciada en el anterior informe y que ya observamos hoy. Puede decirse algo semejante respecto a las precipitaciones, para las que ha mejorado la seguridad de la previsión sobre una parte mayor del globo. Concretamente en la cuenca mediterránea más del 90% de los modelos coinciden en que habrá reducción de precipitaciones de hasta un 20% en la última década del siglo.

Los ciclones tropicales se harán más intensos, con más precipitaciones y picos de velocidad de viento más altos. Fuera de los trópicos las tormentas se desplazarán hacia los polos, modificando los patrones de vientos, lluvias y temperaturas.

Y con una probabilidad mayor del 90% la corriente del Golfo (circulación meridional de retorno del Atlántico Norte) verá reducirse su caudal durante el presente siglo. Esta reducción a fin de siglo puede ser del 25% en promedio, con un rango estimado del 0 al 50%. Sin embargo no se cree que vaya a causar un enfriamiento de la región atlántica dado el aumento general de temperatura. Afortunadamente se considera *muy improbable* (menos del 10%) que llegue a detenerse durante este siglo.

El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC no es precisamente tranquilizador, lo cierto es que cuanto más sabemos más motivos tenemos para preocuparnos.

Calentamiento de la superficie y aumento del nivel del mar entre 2090-2099 respecto a 1980-1999. Promedios globales.

Concentración de CO2	Cambio de Temperatura		Cambio del nivel del mar
	Mejor estimación	Intervalo probable	Excluye cambios rápidos en la dinámica del hielo
Como en el año 2000	0,6 °C	0,3-0,9 °C	NA
B1	1,8 °C	1,1-2,9 °C	0,18-0,38 m
A1T	2,4 °C	1,4-3,8 °C	0,20-0,45 m
B2	2,4 °C	1,4-3,8 °C	0,20-0,43 m
A1B	2,8 °C	1,7-4,4 °C	0,21-0,48 m
A2	3,4 °C	2,0-5,4 °C	0,23-0,51 m
A1FI	4,0 °C	2,4-6,4 °C	0,26-0,59 m

CAMBIO CLIMÁTICO: EL FIN DE ALGUNAS INCERTIDUMBRES

Francisco Castejón

Recientemente, el día 2 de febrero de 2007, el IPCC ha hecho público su informe sobre cambio climático donde se producen dos nuevas afirmaciones que acaban, según el IPCC, con algunas de las incertidumbres que rodeaban este fenómeno: 1) El cambio climático ya ha comenzado y 2) en un 95% se está produciendo por causas artificiales. Se trata de dos mensajes realmente contundentes que vienen a despejar las incertidumbres más importantes que rodeaban a este fenómeno. Queda todavía mucho que aclarar en cuanto al alcance del cambio climático y sus efectos futuros, pero la más elemental prudencia invita a tomar medidas para contrarrestarlo.

Clima y Tiempo atmosférico: La complejidad.

Las discusiones sobre cambio climático se han visto, en buena medida, dificultadas por las incertidumbres que rodean tal fenómeno. Para entender bien estas incertidumbres hay que empezar por distinguir el clima del tiempo atmosférico. Éste es el conjunto de fenómenos meteorológicos, variables a corto plazo, que se producen en una zona: el calor, el frío, las lluvias, la sequía el viento, etc. El clima es la compilación estadística de todos estos fenómenos, de tal manera que se mantiene invariable a medio y largo plazo. Diremos, por ejemplo, que tenemos un clima seco si la cantidad de lluvias que caen es pequeña en promedio. Esto parece de Perogrullo, pero la variación del tiempo atmosférico muestra la dificultad para hablar con certeza del cambio climático desde nuestras experiencias cotidianas. Es difícil llegar a la certeza, por ejemplo, de que la temperatura ha aumentado más de medio grado como media en la Tierra en los últimos 50 años, cuando las variaciones de la temperatura en un único punto pueden superar los 50 grados entre el invierno y el verano, la misma cifra que alcanzan las diferencias entre temperaturas que se dan simultáneamente en diferentes zonas de la tierra. Teniendo en cuenta estas variaciones y nuestra limitada percepción, no es de extrañar que las apreciaciones subjetivas individuales sobre el cambio climático sean engañosas: No nos queda más remedio que estar atentos a las afirmaciones de los expertos.

Afortunadamente existe un corpus de científicos lo bastante grande y diverso que actúa como fuente de información: se trata del IPCC (siglas inglesas del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), organismo auspiciado por la ONU que está integrado por unos tres mil científicos. El IPCC se divide a su vez en tres grupos de trabajo: El Grupo I que estudia la dinámica del clima, el Grupo II que estudia los efectos de esta dinámica sobre los ecosistemas y el Grupo III que estudia los efectos del clima sobre las sociedades humanas. El grupo I es, por tanto, el principal protagonista en la actualidad puesto que debe desbrozar la numerosa literatura científica que se produce y poner sobre la mesa los datos claros que nos indiquen la evolución del clima en la Tierra.

La dinámica climática terrestre es extremadamente compleja, lo que explica las dificultades para entender lo que pasa y para predecir lo que ocurrirá, incluso para los mayores expertos en cambio climático, incluidos los del IPCC. El clima está regulado por una multiplicidad de elementos que interaccionan unos con otros. Los hay de

naturaleza astronómica o geológica: la dinámica de placas tectónicas, que desplaza los continentes; la actividad solar, que cambia en ciclos aproximados de 10 a 12 años; la distancia de la tierra al sol, que también cambia con el tiempo... La dinámica atmosférica es, además, extremadamente compleja y debe ser también tenida en cuenta, junto con su interacción con el mar y sus corrientes y con las grandes masas de agua. La composición química del mar es también otro elemento clave, pero, en un lugar preponderante, el clima está gobernado por la composición de la atmósfera y la capacidad que ésta tiene de atrapar el calor, mediante el fenómeno conocido como Efecto Invernadero. Debido a todos estos factores, se han observado grandes cambios climáticos naturales a lo largo de la historia de la Tierra⁴. Incluso se han observado cambios climáticos limitados en nuestra historia cercana, no provocados por los humanos⁵.

Existen en la atmósfera unos gases, llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), que son la causa de que una buena parte de la energía recibida por el sol no se escape al espacio en forma de calor, permitiendo así que la temperatura de la tierra sea más o menos constante y exista la vida tal como la conocemos. El principal de estos gases, por su abundancia, es el CO₂ (dióxido de carbono) que se produce, sobre todo, en la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo). Pero no es el único: también hay metano, aunque en menos abundancia que el CO₂. Sin embargo, una concentración dada de metano genera 25 veces el efecto invernadero que la misma cantidad de dióxido de carbono. El metano, o gas natural, se extrae del subsuelo y se quema para la producción de electricidad o para la calefacción y agua caliente sanitaria, pero también se produce de forma natural en los procesos de descomposición. La principal fuente de metano son las emisiones de la agricultura y ganadería.

Las concentraciones de GEI están sujetas también a una compleja dinámica en la que interviene el mar y los seres vivos. En particular, y como se ha demostrado, los humanos y nuestras prácticas hemos sido capaces de alterar sustancialmente la composición atmosférica aumentando espectacularmente las concentraciones de GEI desde la época preindustrial (hasta la primera mitad del el siglo XIX) hasta nuestros días⁶. La concentración de CO₂ en la atmósfera era de unas 270 ppm (partes por millón) en la época preindustrial y en la actualidad asciende a 379 ppm. Hay que decir que, de acuerdo con las mediciones, nunca hasta la fecha se habían superado en la Tierra las 300 ppm, luego se puede afirmar, al menos, que los humanos estamos haciendo experimento global con el clima.

⁴ En los últimos 1,8 millones de años (Cuaternario) se han producido múltiples cambios: Hubo una primera fase de cambios erráticos dentro de un larguísimo periodo glacial (1,8 millones de años hasta hace 20.000 -Pleistoceno-) que estuvo salpicado de intermedios más o menos cálidos, llamados periodos interglaciales, y una segunda fase en cuyo comienzo se produce uno de los máximos periodos glaciales del Cuaternario, a partir del cual se da un periodo de estabilidad climática y de constante caldeo hasta la actualidad (desde hace 20.000 años hasta hoy -Holoceno-).

⁵ Entre el año 1300 y el 1800 se produce la Pequeña Glaciación que hizo bajar la temperatura de forma notable (1º aproximadamente) por causas naturales en buena parte del planeta.

⁶ Las concentraciones en distintas épocas de gases de invernadero en la atmósfera, así como la composición de ésta, se conoce a través de las burbujas de aire atrapadas en el hielo antártico. Se observa también una correlación entre el aumento de temperatura atmosférica y la concentración de CO₂, pero hasta ahora no se ha sabido decir cual era la causa y cual el efecto.

Los últimos informes: el fin de algunas incertidumbres y los efectos que cabe esperar del cambio climático.

Se han producido recientemente tres informes sobre el cambio climático y su efectos, que han tenido un gran impacto sobre la opinión pública y sobre las agendas de los políticos: El Informe Stern⁷, acerca de los efectos económicos y sobre la biodiversidad del cambio climático; el Informe del Grupo I del IPCC, sobre la evolución del cambio climático y algunas estimaciones sobre la magnitud que cabe esperar, y un Informe de la Universidad de Castilla-La Mancha encargado por el Ministerio de Medio Ambiente español sobre los efectos del cambio climático en nuestro país.

La metodología del informe Stern para calcular fue criticada por algunos expertos porque no tuvo en cuenta algunas incertidumbres sobre la evolución del clima y por la forma de evaluar el coste económico de los impactos. Sin embargo, la conclusión final no es discutida: los costes de los impactos del cambio climático serán superiores a los que tendrían las medidas para evitarlo. En el informe se asocian cambios de temperaturas con efectos. En el cuadro adjunto se resumen las conclusiones y los efectos que Stern predice para diferentes aumentos de temperatura.

El Informe del Grupo I del IPCC es el más relevante de los tres citados. A éste le seguirán en los próximos meses los de los Grupos II y III sobre los efectos de las predicciones sobre la dinámica climática presentadas por el Grupo I. Entre las conclusiones de este informe hay que resaltar dos muy importantes, que figuran en la entrada de este artículo. En primer lugar, el IPCC afirma que el cambio climático ya ha empezado. Se ha procedido a la acumulación de un gran número de evidencias, como el aumento global de temperaturas que se vienen registrando desde 1950, el aumento de la temperatura del mar y de su nivel (medido con satélites⁸), el retroceso de los glaciares⁹ y de las masas de hielos polares¹⁰, la reducción de la duración de los inviernos, el aumento de la frecuencia de fenómenos climáticos violentos, las anomalías que se vienen observando en algunos ecosistemas, como aparición de algunas especies en zonas que no les correspondían, etc. Todas estas evidencias son atribuidas por el IPCC al cambio climático, lo que elimina una de las incertidumbres que todavía persistían. A menudo es muy difícil afirmar que un fenómeno atmosférico particular que estamos viviendo cabe atribuirse al cambio climático. Por ejemplo, los expertos no se ponen de acuerdo sobre si el aumento notable de huracanes que se produjo en 2005 (incluido el huracán Katrina que azotó Nueva Orleans en EEUU) se podía atribuir al cambio climático o más bien se debía a una oscilación normal de la frecuencia de este tipo de fenómenos. Hoy en día, el IPCC afirma que es poco probable que aquel fenómeno particular se pueda atribuir al cambio climático, pero en el futuro será más y

⁷ Stern es un asesor económico del Gobierno Británico. Su informe se puede consultar en castellano, traducido y resumido por el Tesoro Británico, en la página web: http://www.hm-treasury/media/A81/35/stern_shortsummary_spanish.pdf

⁸ El nivel del mar ha venido subiendo a un ritmo de 0,8 mm al año desde 1961. Se trata, como puede suponerse de una medición muy difícil en un medio con olas de metros de altura.

⁹ Los glaciares han perdido 30 Tm de masa de hielo por m² en la Patagonia y 20 Tm por m² en Alaska.

¹⁰ El Casquete Polar Ártico ha perdido un 40% de grosor en unos 40 años.

más probable que aparezcan más huracanes. Es decir, en unos años no tendría ya sentido una controversia como aquélla.

La segunda conclusión que cabe resaltar se refiere a las causas. Estaba ya claro que cambio climático y aumento de las concentraciones de CO₂ van emparejados, pero no existía aún la certeza de que el aumento de concentración de dióxido de carbono sea la causa y no el efecto. Para el IPCC no hay ya duda, la causa del cambio climático, que ya ha empezado, es el aumento de la concentración de GEI. Y, además, este aumento se debe a la quema masiva de combustibles fósiles por los humanos.

Quedan todavía las incertidumbres en torno a la magnitud de cambio climático que cabe esperar, es decir, en torno a los aumentos de temperaturas que se producirán, y en torno a los efectos que estos aumentos tendrán sobre los ecosistemas y la sociedad. El IPCC se atreve a pronosticar un aumento de entre 1,8 y 4 grados, dependiendo de muchos factores, principalmente del nivel de emisiones. Además, existe un consenso científico sobre que no debería superarse la temperatura en más de dos grados a final de siglo para evitar lo que se llaman “sorpresas climáticas”. Los cálculos indican, dentro de la gran incertidumbre, que a partir de dos grados podrían producirse algunos fenómenos que darían lugar a cambios bruscos, como modificaciones en el régimen de corrientes marinas, que darían lugar a modificaciones de los climas locales¹¹. Los modelos climáticos son todavía imperfectos y no son capaces de predecir con exactitud ni el aumento de temperatura que se producirá en unas décadas ni los efectos que éste tendrá, por lo que las predicciones que se hacen en este sentido hay que tomarlas siempre con cautela. Sin embargo es obligado hacer estas predicciones para sugerir los escenarios futuros más probables e indicar así las medidas a tomar.

El tercer informe al que me he referido es el de la Universidad de Castilla-La Mancha, que apareció poco después del emitido por el IPCC, y que remite a los efectos del cambio climático en España. Se sabía de antemano que el clima mediterráneo sería uno de los más perturbados por el cambio climático, pero el abanico de temperaturas predicho es muy amplio, lo que denota las enormes incertidumbres que tienen estos cálculos: entre 1,6 y 5,6 grados de media. El clima será, según estas estimaciones más extremo y se podrían llegar a aumentos de 8 grados en algunos puntos de la península a finales del siglo XXI, suponiendo que las emisiones crezcan abundantemente. Este informe predice un aumento de la desertificación y una disminución de precipitaciones en la Península. Se dice que las lluvias pueden caer hasta un 20 % a finales del siglo XXI, frente a las producidas a finales del XX. De hecho, la temperatura media ha subido en España 0,9 grados desde 1931, 0,2 grados más que la media Mundial. Otro informe de la Universidad de Cantabria predice un retroceso de las playas de 15 m para 2050 debido al aumento del nivel del mar bajo ciertas condiciones.

Los tres informes han servido para dar la voz de alarma en la clase política y entre los medios de comunicación. Sería fundamental que el grueso de la sociedad interiorizara el mensaje y lo aplicara a sus comportamientos.

¹¹ Por ejemplo, la corriente del Golfo cambiaría fuertemente lo que motivaría un enfriamiento de Europa Occidental.

Posturas sensatas y otras menos.

Independientemente de las certidumbres que se alcancen sobre los efectos, parece sensato acometer las medidas que permitan una reducción de emisiones a corto plazo y el cambio del modelo energético para prescindir de la mayor parte de los combustibles fósiles a largo plazo. La UE, sin ir más lejos se ha propuesto ir más allá del Compromiso de Kyoto, que implica una reducción de emisiones de GEI del 8% entre 2010 y 2012, y alcanzar una reducción de emisiones del 20% en 2020. El problema es que las medidas a tomar no son de fácil aplicación y suponen grandes cambios. Se ha hablado incluso de que es necesaria una segunda revolución industrial.

Creo que es muy importante huir del determinismo en un asunto tan complejo y con tantas incertidumbres. Es imprescindible distinguir bien lo que se sabe de lo que no se sabe y, tal como hace el IPCC, hablar de las probabilidades que tenemos de que se produzcan los diferentes fenómenos predichos. Se trata, en primer lugar, de no faltar a la verdad. De que todo el mundo sea consciente de la situación real, ni más ni menos grave de lo que es. De esta forma, las medidas a tomar y las preocupaciones se deberían encuadrar bien entre el conjunto de decisiones de nuestra vidas.

Se ha producido una cierta vulgarización del conocimiento sobre el cambio climático que tiende a dar por ciertas las previsiones más extremas y catastrofistas. Y sin embargo, el catastrofismo como elemento movilizador no funciona. Ante todas las noticias que indican una horquilla de efectos, se tiende siempre a elegir la peor situación con el fin de inquietar las conciencias y movilizar. Sin duda con la mejor intención, tanto el Gobierno español como los grupos ecologistas, se hacen eco de la peor de las situaciones predichas por los expertos. Quizá el Gobierno debería haber sido más cauto en la presentación de los informes para España puesto que, con la pretensión de hacer hincapié en el dramatismo de los efectos, se envía un mensaje demasiado catastrofista. Este tipo de mensajes, sin embargo, pueden producir el efecto contrario al perseguido: Por un lado pueden dar lugar a la desmovilización y el desentendimiento ante el fatalismo. Por otro lado pueden producir la desmovilización ante las previsiones exageradas y poco fundamentadas que están muy lejos de las percepciones de la gente y que se pueden demostrar falsas con el tiempo, con la consiguiente pérdida de credibilidad para quien ha realizado la predicción.

Es importante también defender la adopción de medidas sensatas, que no se escapen mucho de lo que la gente considera como admisible. Esto ayuda a mostrar que los cambios son posibles, que se puede hacer algo y que vale la pena apostar por ello. Si los cambios propuestos son graduales, además, las medidas a tomar no serán traumáticas y permitirán avanzar en las modificaciones del sistema energético necesarias para combatir el cambio climático.

Peor aún que el catastrofismo es ignorar el cambio climático. Hay quienes dicen que no existe y que, por ejemplo, es un invento de la industria nuclear para relanzarse. O también hay quien dice que existe pero no importa, que los efectos se podrán contrarrestar con otras medidas y que sabremos adaptarnos. Este tipo de posturas que ignoran la acumulación de evidencias pecan de excesiva temeridad.

Es obvio que la voluntad política es muy importante. Es sobre todo la clase política la que debe establecer las medidas que fuercen un cambio del modelo energético. Para ello es imprescindible una fuerte voluntad que contrarreste los grandes intereses económicos que hay que tocar. Sin embargo, las medidas no las han de tomar lo políticos exclusivamente. Hay que tener en cuenta que las formas de vida de las poblaciones de los países industrializados son muy demandantes de energía. Hay un gran margen para reducir el consumo a nivel individual, buscando el menor derroche posible.

El capitalismo y el cambio climático

Una cuestión que aparece en primer término es si el capitalismo es el responsable del cambio climático. El mismo Stern declara en su informe: “El cambio climático representa un desafío único para la Economía: es el más grande y más amplio fallo del mercado jamás visto”¹². En su trabajo, Stern propone que la economía tome nota de este fallo y lo corrija, es decir, que se introduzcan medidas para combatir el cambio climático, e insiste en que, desde un punto de vista de la mera rentabilidad, es mejor tomar medidas correctoras ahora que soportar luego los impactos. La economía oficial ha empezado sólo recientemente a permitir que los precios reflejen algo de los impactos ambientales y sociales que generan los procesos productivos y de consumo. Hay numerosos trabajos que muestran que es imposible evaluar económicamente estos efectos, conocidos también como externalidades, luego el mercado por sí mismo no corregirá los desajustes ambientales, pero es verdad también que una política de precios o una fiscalidad apropiadas, junto con regulaciones, pueden ayudar a mantener en cintura los impactos ambientales.

Existen, desde luego, empresas y grupos económicos muy poderosos que se benefician del actual estatus quo. Sus actividades repercuten directamente en las emisiones de CO₂ y su negocio no puede prescindir de ellas: En primer lugar, las petroleras y las empresas del carbón y del gas, que seguramente son las que más dinero mueven en el mundo. En segundo lugar, las empresas de generación de electricidad que, en su mayoría, todavía basan sus actividades en la quema de carbón y gas natural. Las siderurgias y empresas de material de construcción, como cementeras y productores de fritas (cerámicas, tejas, etc.), son también emisoras importantes de CO₂. Estas empresas y grupos económicos no están a favor de medidas que limitan las emisiones de GEI para combatir así el cambio climático.

Sin embargo existen también ejemplos de empresas perjudicadas por los efectos del cambio climático, como las aseguradoras, que se enfrentan cada vez a mayores costes en forma de indemnizaciones por desastres climáticos naturales, así como las empresas que viven del turismo de playa, que se podrían ver gravemente perturbadas por los efectos de aumento del nivel del mar, o las que viven del turismo de montaña,

¹² El texto de Stern dice textualmente: “Climate change presents a unique challenge for economics: it is the greatest and widest-ranging market failure ever seen”. Se ha traducido por “*El cambio climático representa un reto único para la economía, pudiendo afirmarse que es el mayor y más generalizado fracaso del mercado jamás visto en el mundo*”. Esta afirmación es un poco distinta de la anterior. Stern no dice que el mercado haya fracasado sino fallado. Él seguramente piensa que el mercado puede “tomar nota” del cambio climático, lo que propone en su informe.

ante el retroceso de la nieve. Las actividades agrícolas y ganaderas se pueden ver también perturbadas por la variación de las precipitaciones y las condiciones climáticas.

Además, las actividades para combatir el cambio climático abrirán, están abriendo ya, hueco para nuevas actividades económicas, nuevos nichos de negocio en suma. Sin ir más lejos, se están produciendo los cambios en el modelo de producción de energía, que las medidas para combatir el cambio climático pueden incentivar, como el aumento de la producción energética de origen renovable. También a la industria nuclear, que forma parte del núcleo económico basado en las tasas altas de beneficio, le ha beneficiado el debate sobre la lucha contra el cambio climático.

En realidad, en un sistema económico dominado por el mercado no es fácil que haya agentes sin otra motivación que obtener beneficios. El desarrollo de las tecnologías que permiten reducir emisiones vendrá como focos de negocio, impulsados por las medidas políticas o por el sentido futuro de la oportunidad.

Más que en un sistema económico, las causas del cambio climático hay que buscarlas en el uso insensato de ciertas tecnologías para producir energía, junto con el esquema en que se basa nuestra movilidad motorizada: el uso masivo del automóvil y uso creciente del transporte aéreo. También nuestras formas de vida son causantes del problema: la vivienda, el urbanismo, las basuras y la falta de reciclado. Cualquier sistema de producción de energía basado, como el nuestro, en la quema de combustibles fósiles de forma masiva tendría que enfrentarse a este problema.

Desde luego, la filosofía económica basada la búsqueda del crecimiento económico supone un serio inconveniente, puesto que dificulta la toma de medidas para contener el consumo de energía, especialmente cuando hay potentes sectores económicos que se basan en él. La economía de mercado liberalizada tiene muchos problemas para tomar nota de los costes de los impactos del cambio climático. Es aquí, por cierto, donde se encuadra el informe Stern.

Tampoco pienso que se pueda considerar que es éste el fin del capitalismo. Se puede imaginar un sistema de mercado capitalista que se base en otras fuentes de energía y otras tecnologías que no generen cambio climático. Aunque, desde luego, este conjunto de cambios no será fácil y podría suponer a corto plazo una crisis económica fuerte. Está también claro que muchas cosas cambiarán en nuestras vidas. No es igual un mundo donde se puede emplear el petróleo, una fuente de energía muy versátil, concentrada y fácilmente transportable, que un mundo donde la quema de este combustible esté limitada.

Hay que citar el hecho importante de que el cambio climático está causado casi en su totalidad por el 20% de la población mundial, que vive en los países ricos. Así los países de la OCDE más Rusia son responsables aproximadamente los 4/5 de las emisiones de GEI. No tiene pues mucha autoridad moral los Gobiernos de estos países para imponer medidas a los países pobres o emergentes. Más bien deberían demostrar su solidaridad proporcionando tecnologías limpias que permitan un desarrollo libre de los errores cometidos en los países industrializados.

Posibles medidas para atajar el problema y sus dificultades

De todo lo anterior se desprenden las grandes dificultades de toda índole con que nos enfrentamos para combatir el cambio climático, pero también de lo urgente que resulta tomar medidas. En primer lugar hay que decir que no es necesario aspirar a tener cero emisiones puesto que la naturaleza es capaz de asimilar ciertas cantidades de GEI. La reducción sensata sería aquélla que permita garantizar que el aumento de las temperaturas globales no supera los dos grados. Aunque lo ideal sería mantener la concentración de GEI en niveles preindustriales.

Los informes citados anteriormente, además de sacudir la opinión pública, han hecho que el cambio climático aparezca en primer término en las agendas políticas. Como se ha dicho, la UE apuesta por una reducción global del 20% emisiones en 2020, respecto a 1990. Para ello se trata de adoptar una serie de medidas que permitan una reducción de emisiones, lo que implica el desarrollo y la extensión de tecnologías de energías renovables, algunas de las cuales ya funcionan con éxito. Se hará también necesario prescindir de algunos bienes que tenemos en la actualidad.

La enorme dimensión de las medidas necesarias motivan que se hable de la necesidad de una segunda revolución industrial¹³ y da idea del marco de dificultades a que hay que enfrentarse. En el caso de España, el Gobierno también ha anunciado medidas para atajar los comportamientos derrochadores más escandalosos. Estas medidas resultan, sin embargo, demasiado timoratas para los objetivos que se quieren alcanzar. Por ejemplo, se piensa en reducir las primas que se van a otorgar para el desarrollo de las renovables y no se actúa de forma decidida para impulsar el transporte público. Sin ir más lejos, en la Comunidad de Madrid, el uso del transporte público se va reduciendo dejando paso al automóvil: en 1996 el 40,4 % de los movimientos se hacía en automóvil privado, frente al 50,7% que se realizan en la actualidad. El desarrollo de obras públicas e infraestructuras más bien van a potenciar el uso del automóvil privado. Estas infraestructuras, además, marcarán nuestros comportamientos durante décadas, las que tardan en amortizarse.

Además la UE ha marcado como una de sus prioridades la consecución de acuerdos mundiales de reducciones, que sumen a los países que no ratificaron el Protocolo de Kyoto, que son fundamentales para que la reducción de emisiones a nivel mundial. Sobre todo EEUU y Australia.

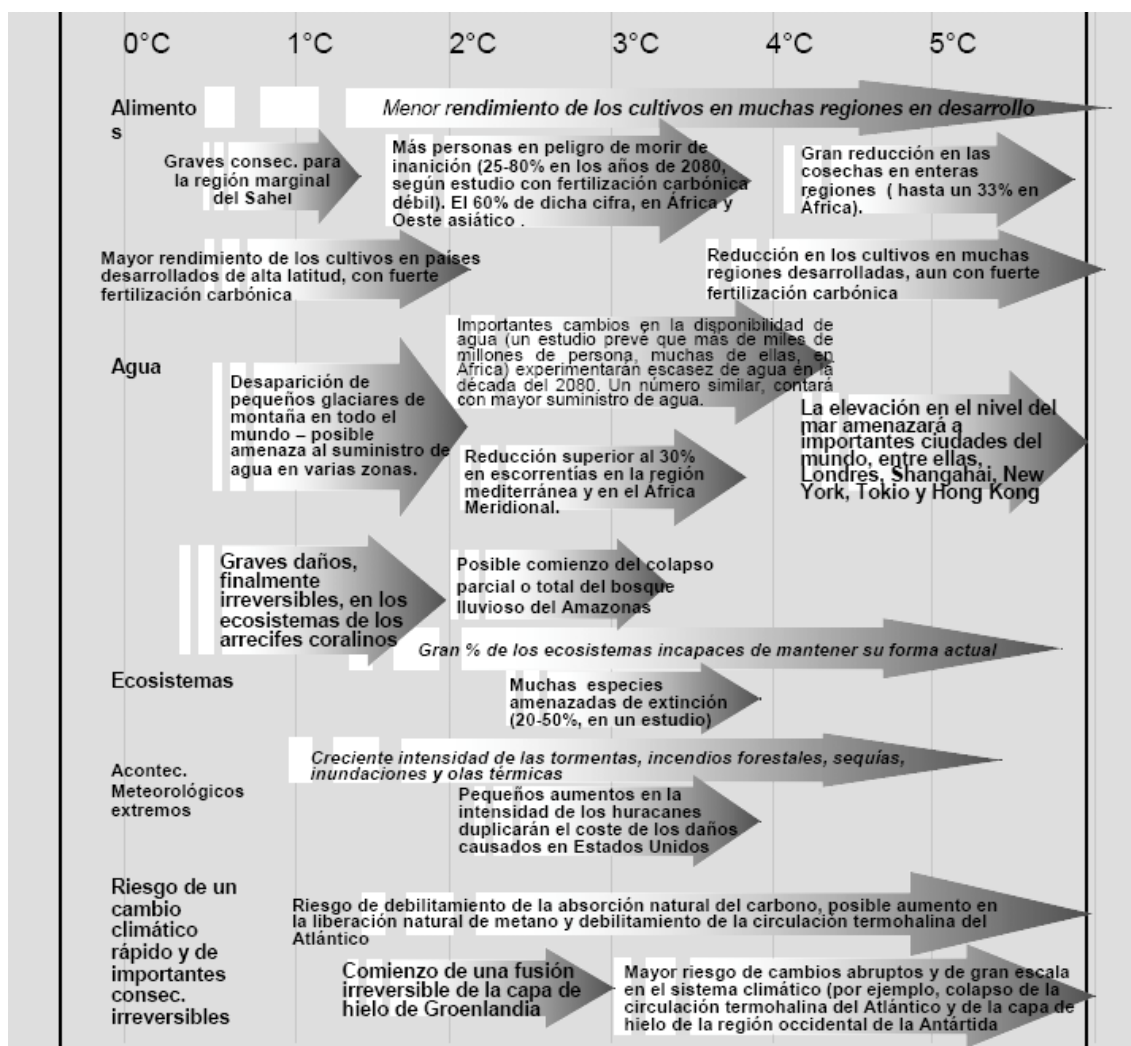
También hay que definir el papel que tendrán algunas posibles tecnologías futuras: El hidrógeno como vector energético que permitiría mantener la automoción, lo que no despeja las incógnitas sobre el futuro de la aviación que parece difícil que se mantenga al ritmo actual. La captura de CO₂, que permitiría usar carbón de forma limpia, pero está todavía en fase de investigación y falta ver cuanto tiempo tardará en estar disponible de forma industrial. La Fusión que ocuparía el mismo nicho energético que la energía nuclear, pero sin residuos de alta actividad ni el peligro de accidentes como el de Chernobil, aunque produciría residuos radiactivos de media y baja actividad. El ecologismo organizado suele ser crítico con estas tecnologías calificando algunas de ellas como de “final de chimenea” (la captura de CO₂) o de ciencia ficción (la fusión).

¹³ Véase “La Nueva estrategia energética europea” por Francisco Castejón, en el Página Abierta número 178, donde se describen estas medidas y las dificultades con que su aplicación se enfrentará.

La opción por la que se opta y la salida que se da es que hay que consumir sólo lo que las renovables permitan, que parece claro que no pueden llegar a satisfacer nuestros niveles actuales de consumo, sobre todo si los queremos generalizar a toda la población mundial y no los limitamos sólo a los países ricos. Parece sensato no fiarse de forma incondicional del funcionamiento de estas tecnologías, pero también lo parece no ignorarlas y apostar para que nos ayuden a resolver algunos de nuestros problemas.

Además de las medidas políticas y económicas, se precisa una toma de conciencia a nivel de la sociedad que implica cambios en las formas de vida. Es necesario pensar que todos los objetos que nos rodean han sido fabricados con energía: Será necesario reducir el consumo a secas y vivir de forma más austera, lo cual es contradictorio con las tendencias sociales actuales. No está nada claro como será la posible transición a esas nuevas formas de vida, ni tampoco si se podrán producir a tiempo de evitar buena parte del sufrimiento humano y de destrucción de ecosistemas que podrían acarrear los efectos del cambio climático, pero es éticamente obligado movernos en ese sentido.

Resumen del Informe Stern



Los efectos biológicos del cambio climático

I. Lorente, D. Gamó, J. L. Gómez, R. Santos, L. Flores, A. Camacho, L. Galindo, J. Navarro // Dpto. Interuniversitario de Ecología. Universidad de Alcalá de Henares.

Este artículo presenta un resumen de la puesta en común que un grupo de alumnos hicieron para un curso de doctorado del programa "Cambio global y desarrollo sostenible" de la Universidad de Alcalá. En los últimos años se ha detectado un cambio en las variables climáticas motivado por factores biofísicos y humanos. La respuesta de los sistemas biológicos a los vectores de cambio (aumento de la temperatura media y concentración de CO₂, cambio de los patrones de precipitación y aumento de la severidad y frecuencia de eventos extremos) ha sido experimentada por los distintos niveles de organización - ecosistema y comunidad, población e individuo- de los sistemas biológicos de ambientes acuáticos y terrestres. También los procesos ecológicos son influidos por el cambio climático y determinan, junto a la capacidad de adaptación, los efectos que los cambios generan sobre la estructura y función de los sistemas biológicos. Este trabajo pone de manifiesto la complejidad asociada al estudio de los efectos biológicos del cambio climático en los sistemas biológicos intervenidos en mayor o menor medida por el hombre.

Introducción

La evolución del clima a lo largo de la historia de la Tierra ha experimentado numerosos cambios que obedecen a ciclos dinámicos naturales. Sin embargo, al observar esta evolución en el último siglo, no se puede afirmar que dichos ciclos hayan seguido una tendencia clara y están referidos -en su mayoría- a causas antrópicas de emisión de gases de efecto invernadero y a la destrucción de la capa de ozono. Existe una tendencia a aumentar la temperatura global del planeta, en relación a lo acontecido en siglos anteriores, que puede relacionarse con el aumento de dichas emisiones.

Existen, además, numerosos estudios realizados mediante simulación que tratan de dar información sobre la evolución futura del clima en la Tierra y prevén un mayor incremento de las temperaturas. Se han observado otros cambios en la circulación del aire atmosférico, en las precipitaciones, en el nivel del mar y en el desarrollo de glaciares (Walther et al., 2002).

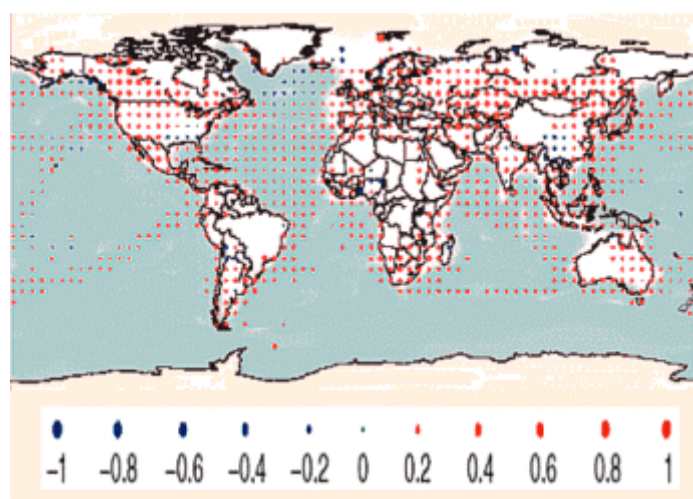


Figura 1.- Evolución de las temperaturas a lo largo del siglo XX. En los últimos 100 años la temperatura de la tierra se ha incrementado 0.6°C con dos periodos principales de calentamiento, entre 1910 y 1945 y desde 1976 hasta en adelante (Fuente: IPCC, 2002).

La mayor parte de las especies tienen asociado un rango térmico, de humedad y de radiación, relacionado con su fenología y fisiología. Además, como consecuencia del aumento de la temperatura y la variación en el reparto de las precipitaciones asociadas al Cambio Climático (CC), numerosas especies van a ver modificado su hábitat aumentando o disminuyendo su rango de distribución.

En el presente estudio se analizan los efectos biológicos del cambio climático (CC) indicados por modificaciones en la estructura y configuración de los ecosistemas, en relación a lo cual los procesos de reensamblaje ecosistémico cobran ?junto con otros procesos que dominan en los niveles de organización de población e individuo- una especial importancia.

Metodología

Se revisaron las fuentes documentales más relevantes relacionadas con los efectos del CC, con especial atención a las respuestas experimentadas por los sistemas biológicos ante los vectores de cambio naturales y antrópicos. La literatura ha sido consultada a partir de publicaciones científicas y páginas de organismos internacionales disponibles en Internet. Se siguieron dos líneas de trabajo complementarias: 1) el grueso de la información valorada se ha estructurado conforme a la influencia del CC sobre los distintos niveles de organización biológica y distinguiendo los ecosistemas terrestres de los acuáticos; 2) mediante un proceso de reflexión conjunta, se ha realizado una labor de síntesis para la integración de variables complejas -procesos ecológicos- que otorgan un valor añadido al trabajo.

Efectos del cambio climático en los distintos niveles de organización de los sistemas biológicos

Nivel ecosistémico: ambientes terrestres

El CC supone una importante presión adicional sobre los ecosistemas terrestres, afectados ya seriamente en la actualidad por la contaminación, la sobreexplotación y la fragmentación del territorio. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2002) indica, en base a modelos predictivos, que en promedio el 33% del área forestal actual se verá afectada a causa de cambios en la frecuencia e intensidad de los fuegos, la distribución del agua y la diversidad de la vida silvestre (Dale, 2001). Scott et al. (2000) y Mouillot et al. (2002), entre otros, han estudiado los efectos del CC en relación a la frecuencia e intensidad de los fuegos en la vegetación subártica y mediterránea respectivamente, constatando que el calentamiento adelanta los fuegos y los hace más largos, dejando como resultado fases de sucesión temprana (estepa-pastizal) que dominan el paisaje.

Los efectos sobre los ecosistemas terrestres varían de unas regiones a otras. Así, los bosques subtropicales secos en Zimbabwe podrían disminuir cerca de un 45%. En México se espera que los bosques secos se expandan, mientras la cobertura de los bosques tropicales montañosos húmedos probablemente se vea reducida. En las regiones tropicales también se prevén cambios en la estructura y composición de sus masas

forestales, debido a su sensibilidad a las variaciones en la disponibilidad de agua y humedad del suelo. En los bosques boreales y templados el aumento de temperatura podría ampliar los rangos temporales de crecimiento y reproducción, favoreciendo su expansión hacia los polos, pero incrementando a su vez la frecuencia de fuegos y brotes de plagas (IUCN, 2000).

Nivel ecosistémico: ambientes acuáticos

Las masas de agua continentales constituyen uno de los ambientes más vulnerables a los efectos inducidos por el CC. Al mismo tiempo, diversos organismos internacionales resaltan su importancia como principales amortiguadores de estos efectos (Bergkamp y Orlando, 1999; RAMSAR, 2000). Los humedales suponen un importantísimo sumidero de CO₂, metano y otros gases invernadero, además de actuar en la costa como defensas ante tormentas y subidas del nivel del mar (RAMSAR, 2000). A nivel mundial las afecciones pueden ser muy graves. En EEUU se estima que una subida de tan sólo un pie (0,3048 metros) en el nivel del mar eliminaría del 17 al 43% de sus humedales (EPA, 2002). Las zonas áridas y semiáridas parecen ser las más vulnerables a la disminución de las precipitaciones, como ha experimentado el gran Lago Chad con la dramática disminución de su superficie desde 1960 (Bergkamp y Orlando, 1999; Mayell, 2001). Los humedales situados en latitudes elevadas son especialmente vulnerables al calentamiento global y se prevé un cambio en su distribución hacia el Norte (Bergkamp y Orlando, 1999). En la Península Ibérica, los veranos serán más secos y pondrán en peligro hábitats como los de Doñana (RAMSAR, 2000).

Los sistemas costeros se verán afectados debido al aumento del nivel del mar y de la temperatura del agua, así como al mayor riesgo de tempestades. Así, las costas bajas de África occidental y central están expuestas a riesgos de erosión e inundación y una fracción del delta del Nilo podría perderse; en Europa algunas áreas costeras se hallan ya bajo el nivel medio del mar y muchas otras son vulnerables a mareas de tempestad; y en las costas bajas y estuarios de América Latina, el aumento del nivel del mar podría reducir la línea de costa y gran parte de su diversidad biológica. En el Ártico se espera una pérdida considerable de hielo, lo cual aumentaría las inundaciones en otros puntos geográficos y transformaría el paisaje en gran medida. En la Antártica los cambios que se esperan son menores, pero podrían motivar el desplazamiento de algunas especies hacia el polo y muchas otras, dependientes del hielo, podrían encontrarse en desventaja en ambas áreas polares (Dokken et al., 1997).

Las alteraciones en pocos grados de la temperatura del mar pueden acarrear también importantes alteraciones tróficas. En las islas Galápagos, durante el fenómeno del Niño de 1997-1998, la superficie del agua aumentó su temperatura y gran número de organismos filtradores murieron a consecuencia de la disminución del plancton del que se alimentaban, alterando la red trófica (Benchuey, 1999; Doubilet, 1999).

Nivel poblacional y de comunidades: ambientes terrestres

Los regímenes climáticos influyen sobre la distribución de las especies a través de sus umbrales fisiológicos de tolerancia a la temperatura y precipitación. Actualmente esta distribución está cambiando en latitud hacia los polos y también a mayores

altitudes. La tasa de cambio de los rangos varía entre las distintas especies y dentro de una misma especie, implicando capacidades diferentes de dispersión (Kleidon y Money, 2000; Gian-Reto et al., 2002).

Un incremento de apenas 1°C puede causar cambios significativos en la composición y distribución de ciertas poblaciones vegetales y, de acuerdo con el IPCC (2002) y la EPA (2000), se espera un reemplazamiento de los árboles que asociamos a bosques maduros (especies de lento crecimiento) por árboles y arbustos de rápido crecimiento asociados con áreas perturbadas. Asimismo, se prevé que la distribución de la vegetación se desplace a mayor altitud a un ritmo de 8-10 m por década (Grabherr et al., 1994), por lo que algunas especies limitadas a las cumbres montañosas podrían extinguirse (PROMAS, 1999). Según la EPA (2000), las especies tendrían que migrar algo más de 3 km al año para adaptarse al CC, lo cual no parece viable para árboles cuyas semillas sean dispersadas por el viento o árboles con frutos pesados (bellota o nuez), resultando en una reconfiguración hacia bosques menos diversos.

Otros estudios muestran que los márgenes de distribución de algunas especies de aves y mariposas también se han desplazado más al Norte y a mayor altitud (por ejemplo, 18,9 km en promedio para aves británicas según Thomas y Lennon, 1999 y 2° en latitud para la mariposa *Euphydryas editha* según Parmesan, 1996). Con el propósito de determinar la certeza de este tipo de predicciones, Samways et al. (1999) trabajaron con mariquitas (Coccinellidae: *Chilocorus* spp.), con la conclusión que sólo para el 26,7% de las especies analizadas se podían predecir cambios con el 100% de certeza, lo que alerta de un cierto error asociado a este tipo de estudios.

Las respuestas individuales de las especies al CC pueden desorganizar sus interacciones con otras del mismo o adyacente nivel trófico y es posible que cambios rápidos en el clima o eventos extremos puedan alterar la composición y estructura de las comunidades (Parmesan et al., 2000). Algunos estudios ilustran este hecho, como la invasión de arbustos leñosos, la extinción de especies animales comunes y el incremento de especies raras en el desierto de Sonora, el solapamiento temporal de nichos en anfibios de Inglaterra y sus consecuencias sobre las interacciones tróficas (Gian-Reto et al., 2002), o el colapso poblacional de 20 especies de ranas y sapos en los bosques montanos de Costa Rica por la disminución de la 'neblina' desde 1970 (Pounds et al., 1999).

Nivel poblacional y de comunidades: ambientes acuáticos

Respecto a las masas de agua continentales, existe cierto consenso acerca de que los efectos biológicos del CC relacionados con la dinámica poblacional y la estructura de las comunidades serán más acusados en latitudes elevadas, donde las poblaciones de especies adaptadas a aguas más calientes desplazarían a las originales (Dokken et al., 1997). Los efectos del CC sobre la flora y fauna de los humedales dependerán de su capacidad de adaptación y migración a otras áreas, y los usos e infraestructuras humanas pueden suponer barreras infranqueables (Bergkamp y Orlando, 1999).

En los cursos de agua de montaña el incremento de los caudales, generado por el deshielo, y el aumento de la temperatura del agua pueden suponer impactos importantes sobre las comunidades de invertebrados, repercutiendo en los niveles tróficos superiores

(Bergkamp y Orlando, 1999). En humedales de montaña, que constituyen ecosistemas aislados y frágiles, las especies raras y en peligro de extinción son especialmente sensibles a pequeños cambios de temperatura y a menudo no encuentran hábitats alternativos (Bergkamp y Orlando, 1999).

Algunos ambientes acuáticos continentales pueden experimentar subidas de temperatura que sobrepasen el grado de tolerancia de muchas especies, a la vez que pueden darse cambios químicos importantes en el agua, como disminución del oxígeno disuelto y aumento de la salinidad (EPA, 2002). Además, las tormentas más frecuentes favorecería la mezcla de masas de agua estratificadas, lo cual podría resultar en una mortalidad a gran escala para ciertas especies de peces (Bergkamp y Orlando, 1999). Los anfibios representan uno de los ejemplos más dramáticos de declive poblacional debido a la reducción de hábitats causado por el CC. Así lo prueba la extinción en 1989 del sapo dorado (*Bufo periglenes*) de los bosques nubosos de Costa Rica (Morell, 2001). Entre los efectos a nivel poblacional del CC en ambientes marinos, el 25% de los arrecifes de corales ha sido destruido o presenta una severa degradación por problemas que surgen del calentamiento global (Douglas et al., 1999; Oniori et al., 2001). Especies como *Paracentrotus lividus* (Echinoidea), han experimentado cambios considerables en su estructura poblacional (edad-tamaño), la cual se encuentra ahora dominada por individuos viejos al ser la temperatura un determinante importante en la producción de huevos y el reclutamiento (Barnes et al., 2001).

Nivel individual: ambientes terrestres

Una buena cantidad de estudios en Europa y en América del Norte han reportado tendencias fenológicas que muy probablemente reflejan respuestas al reciente CC y provocan graves problemas de desincronización biológica. Entre los efectos más comunes se hallan aquellos relacionados con actividades propias de la primavera, tales como floración más temprana de plantas, adelanto en el canto, en las puestas y en los procesos de migración de aves, aparición temprana de mariposas o desove y coros anticipados en anfibios. Estos cambios han ocurrido progresivamente desde los años 60 (Gian-Reto et al., 2002; Hughes, 2000).

Se han detectado también cambios fisiológicos, por ejemplo, los relativos a la asignación de biomasa desde follaje a tallos en pino, conforme el clima se calienta (Delucia et al., 2000). Dijkstra et al. (2002) trabajaron con encinas e indican que el aumento de CO₂ atmosférico tiene el potencial de estimular la producción de biomasa aérea y la respuesta específica de crecimiento de las especies, a largo plazo, altera la composición de la comunidad encinas-arbustos (Díaz y Cabildo, 1997).

Nivel individual: ambientes acuáticos

En especies de aguas continentales, los efectos fisiológicos y fenológicos mejor estudiados corresponden al grupo de los anfibios, cuya principal causa de declive poblacional responde al efecto sinérgico del CC con la incidencia de la radiación ultravioleta (RUV). La reducción del nivel del agua en los humedales provoca una mayor exposición de las puestas a la RUV y las hace más vulnerables, por debilitamiento inmunológico, a infecciones por hongos, resultando en una mortalidad masiva. Entre las especies más sensibles se encuentran la rana de las montañas Cascade

(Rana cascade) o el tritón alpino (*Triturus alpestris*) y, en la Península Ibérica, el sapo común (*Bufo bufo*) y el tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*) (Lizana et al., 2002).

En el mar, resulta alarmante el blanqueamiento y mortalidad de los corales Zooxantellate. Basta un leve incremento de la temperatura del agua y las algas simbióticas Zooxanthellae abandonan el tejido de los corales, lo cual perjudica sus funciones reproductivas (Douglas et al., 1999; Oniori et al., 2001). Paralelamente se han realizado investigaciones sobre otros organismos, como el gasterópodo marino *Acanthinucella spirata*, descubriéndose cambios en su distribución geográfica en respuesta a los últimos cambios climáticos del Pleistoceno en California que, además, son asociados a cambios morfológicos registrados en la especie (Hellberg et al., 2001).

Reflexiones: cambio climático y procesos ecológicos

La multiplicidad de relaciones establecidas entre los factores antrópicos y naturales, así como su influencia sobre los procesos ecológicos clave asociados a uno o más niveles de organización, atribuye al estudio del CC una dificultad ineludible.

Los cambios observados en los sistemas biológicos son la respuesta resultante a lo que se ha denominado 'Cambio Global'. Los efectos del cambio en los usos del suelo, la fragmentación de hábitats, el incremento en la deposición de nitrógeno, la introducción de especies alóctonas y sus interacciones sobre el medio son difíciles de cuantificar aisladamente de los efectos generados exclusivamente por el CC (Walker, 1997).

El diagrama adjunto (Fig. 2) trata de resolver esta complejidad simplificando el "proceso de cambio" mediante la alusión a aquellas variables más significativas que han sido revisadas en el artículo. Raramente se han observado relaciones unívocas entre variables. Sin embargo, algunos de los estudios experimentales incluidos en el trabajo expresan, con distinto grado de confianza, la existencia de diferentes respuestas de los sistemas biológicos a un presunto CC inducido por factores como el aumento de la concentración de CO₂ y los cambios en los patrones de precipitación y temperatura. El impacto generado por el CC estará determinado por la variabilidad, intensidad y magnitud espaciotemporal de los "vectores de cambio" mencionados, así como la capacidad de adaptación de los sistemas biológicos - estrategia fundamental de regulación del impacto que actúa en todos los niveles de organización- (IPCC, 2001).

Las consecuencias del CC sobre los sistemas biológicos no sólo afectan a las variables asociadas a la configuración de los ecosistemas, sino que estos sistemas también experimentan una reorientación de sus funciones. Son varios los procesos ecológicos que se ven afectados por el CC: la productividad, la dinámica poblacional, la abundancia y distribución de especies y, entre otros y en consecuencia de las afecciones sobre los anteriores, el reensamblaje ecosistémico. Este concepto hace referencia al reemplazamiento de algunos grupos de fauna y flora por aquellos que se ven favorecidos por las nuevas condiciones climáticas determinadas, generalmente, por una mayor temperatura media y concentración atmosférica de CO₂.

Dada la integración de los procesos ecológicos, resulta difícil su desagregación según diferentes niveles de organización biológica. Sí cabe mencionar la dominancia de algunos procesos, por ejemplo, a nivel de población e individuo. Son los casos de los

procesos relacionados con los cambios experimentados en la dinámica poblacional y el ciclo de vida y los cambios fenológicos y fisiológicos experimentados a nivel de individuo. Los análisis experimentales revisados manifiestan que los sistemas biológicos y los procesos ecológicos que en estos operan son sensibles a los vectores del CC que han actuado en los últimos treinta años.

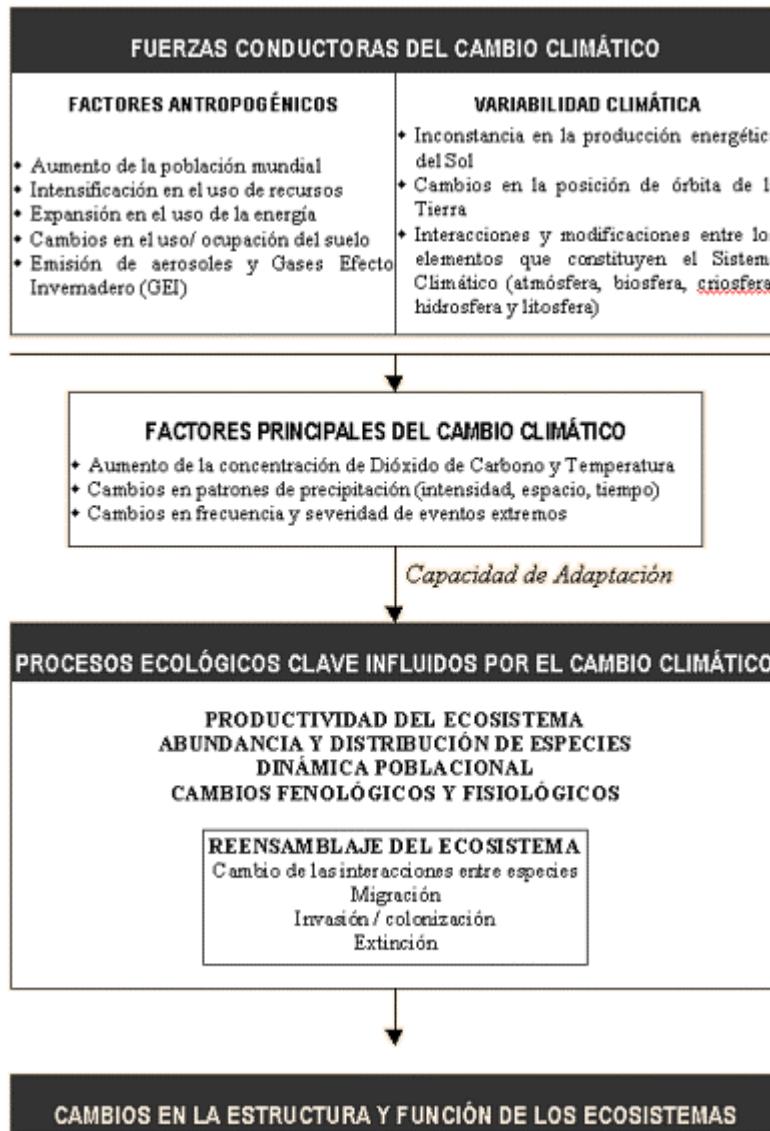


Figura 2. Esquema de las causas y consecuencias del cambio climático en los ecosistemas. Es una elaboración propia, adaptado de Hughes (2000).

Sin embargo, la complejidad de relaciones e interacciones establecidas en términos de materia y energía entre unos y otros niveles, pone de manifiesto la dificultad de llevar a cabo previsiones concretas a cerca de los efectos biológicos del CC sobre los sistemas biológicos y el riesgo de asumir que las respuestas de las especies a

estos cambios son necesariamente lineales. Asimismo, la escala temporal “a corto plazo” (menos de 3 décadas) es la dimensión más experimentada en términos de los efectos del CC, pero la climatología está acompañada de escalas temporales mucho más amplias.

En cualquier caso, las evidencias experimentales y fenomenológicas realizadas hasta el momento ratifican un consenso cada vez más generalizado sobre las implicaciones ecológicas y socioeconómicas del CC. Para aumentar la capacidad de prever sus posibles efectos sobre la estructura y función de los ecosistemas a medio y largo plazo, es necesario proseguir la investigación en este campo simulando unas condiciones que se acerquen lo más posible a las naturales. Debemos también aprovechar los avances tecnológicos incluyendo la aplicación de un amplio rango de escalas espaciales y temporales.

Una encuesta revela la preocupación mundial por el cambio climático

MILENIO.COM (México). 14 de Marzo de 2007



En Estados Unidos y China -dos países considerados clave en materia de cambio climático- gran parte consideró el cambio climático un problema grave que debe ser afrontado de inmediato, incluso si supone costos económicos “significativos”.

Washington.- Una encuesta realizada en varios países revela que la mayoría de la gente considera el cambio climático como un problema grave que debe ser afrontado incluso si tiene costos económicos, según los datos dados a conocer este miércoles.

Sin embargo, la opinión pública está dividida respecto a cuán inminente es la amenaza del calentamiento global y sobre si requiere una acción inmediata que pudiera implicar grandes sacrificios económicos.

La encuesta del Chicago Council on Global Affairs y del World Public Opinion preguntó a personas en 17 países, centrándose en las respuestas de la gente sobre el cambio climático y en su disposición a hacer lo necesario para detenerlo.

En Estados Unidos y China -dos países considerados clave en materia de cambio climático- gran parte consideró el cambio climático un problema grave que debe ser afrontado de inmediato, incluso si supone costos económicos “significativos”. De este modo respondió el 43 por ciento de los estadounidenses, la mayor economía del mundo, y el 42 por ciento en China, el país más poblado del planeta.

La cifra de sondeos que creen que los efectos del calentamiento global son graduales y que podrían ser combatidos a bajo costo con tiempo fue de 37 por ciento en Estados Unidos y 42 por ciento en China.

Entre los países encuestados, sólo en India no se alcanzó una mayoría favorable a realizar acciones aunque fueran limitadas, ya que sólo el 19 por ciento dijo que evitar las emisiones merece la pena a pesar de fuertes costes económicos, mientras que un 30 por ciento se mostró a favor de dar pasos menos costosos. Un 24 por ciento se manifestó a favor de no hacer nada.

El mayor número de personas que ven en el cambio climático una amenaza crítica se registró en México (70 por ciento), Australia (69 por ciento), Corea del Sur (67) e Irán (61). Los australianos también son los más preparados para asumir significativos costes económicos para combatir el calentamiento global, con 69 por ciento, seguidos de Perú (69), Argentina (63) e Israel (54).

La encuesta se da a conocer después de que un grupo de científicos de todo el mundo realizaran una fuerte advertencia el mes pasado sobre el cambio climático, responsabilizando del mismo a las emisiones provocadas por el hombre. Los científicos instaron a una acción inmediata en su informe para Naciones Unidas del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), al que seguirán nuevas revelaciones a lo largo del año.