



El CAMBIO CLIMÁTICO ¿Qué nos espera?

Graciela Binimelis de Raga

A principios de febrero de 2007 fue aprobado y publicado el *Resumen para responsables de políticas del grupo de trabajo I*, que contiene las conclusiones más importantes del documento completo (de once capítulos) que se publicó a mediados de ese año. Se reportan las evidencias que claramente indican el papel de las actividades humanas en el cambio climático que ya se observa, así como los pronósticos de los modelos climáticos acoplados de océano-atmósfera, y se hace énfasis en las proyecciones para Latinoamérica. Se analiza la participación de científicos latinoamericanos y se discuten las posibles acciones de la sociedad ante la amenaza cada vez más concreta que representa el cambio climático. En diciembre de 2007, el Panel compartió el Premio Nobel de la Paz, dado que sus contribuciones al avance de la ciencia tienen relevancia directa para prevenir posibles conflictos en diferentes regiones del planeta.

Un poco de historia...

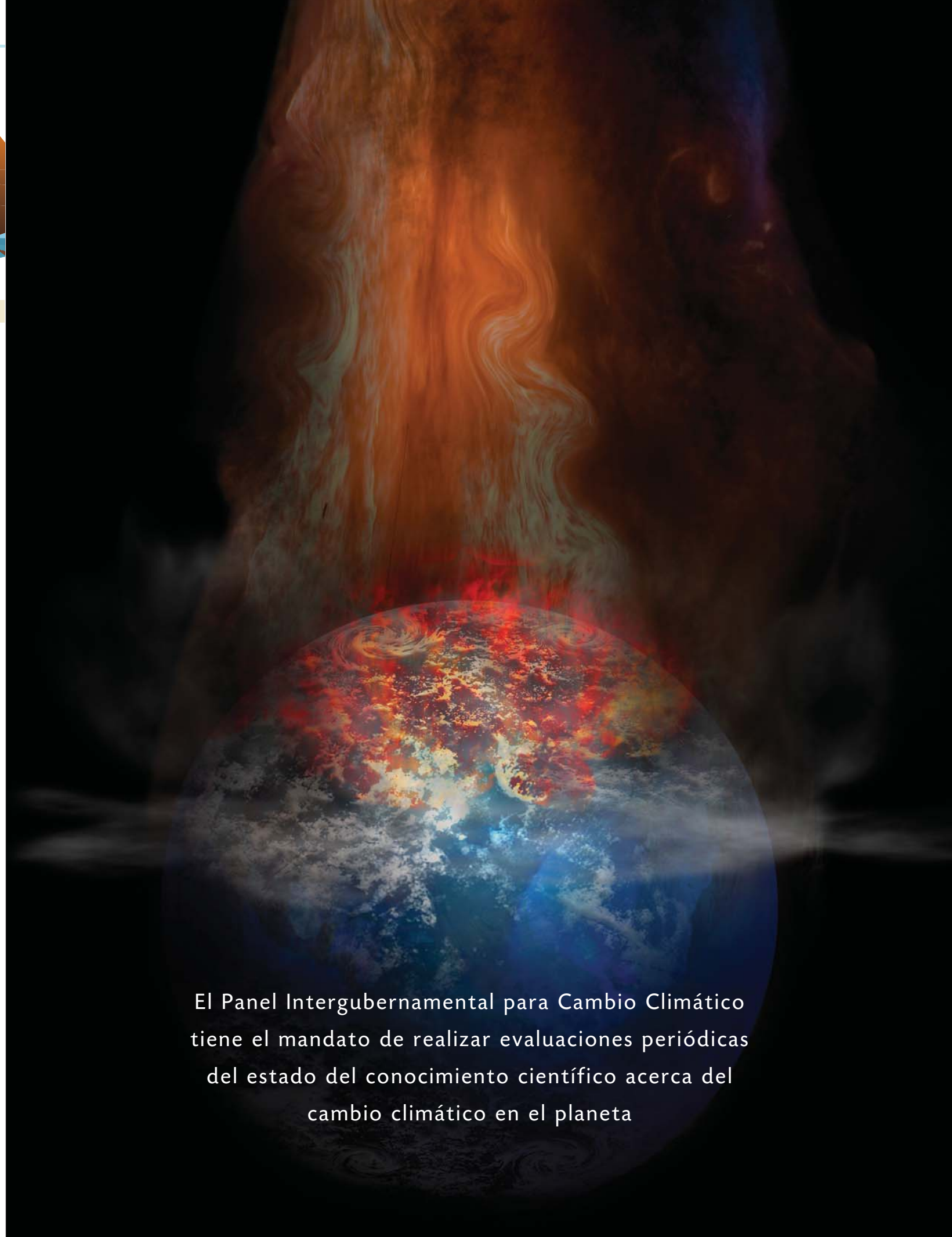
En 1988, por acuerdo de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se creó el Panel Intergubernamental para Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Todos los países miembros de las Naciones Unidas y de la OMM pueden participar en el panel. El IPCC concentra sus actividades en las decisiones y resoluciones del Comité Ejecutivo de la OMM y del Consejo de Gobierno del

PNUMA, en apoyo al proceso de la Convención Marco para Cambio Climático de las Naciones Unidas.

El mandato del IPCC es evaluar de manera objetiva, abierta y transparente la información científica, técnica y socioeconómica que sea relevante para entender las bases científicas del riesgo de cambio climático inducido por actividades humanas, identificar los potenciales impactos a diferentes escalas y recomendar acciones de adaptación y mitigación. Los informes elaborados por el IPCC deben ser neutrales con respecto a políticas, aunque deben evaluar objetivamente los factores científicos, técnicos y socioeconómicos relevantes a la aplicación de políticas particulares.

Las evaluaciones del IPCC son imparciales y cuentan con gran credibilidad en el mundo científico. Sin embargo, dado que el IPCC está compuesto por representantes de los gobiernos de los países miembros, los documentos elaborados por el IPCC son revisados no sólo por otros científicos expertos, sino también por los gobiernos. Es por eso que debe realizarse una reunión plenaria del IPCC para revisar a fondo y finalmente aprobar cualquier informe que se publique.

En lo que respecta a su organización, las diferentes oficinas y los grupos de trabajo del IPCC deben reflejar una representación geográfica balanceada, teniendo en cuenta por supuesto los méritos científicos y técnicos de los participantes. Las invitaciones para participar en el IPCC, en grupos de trabajo y talleres especiales, son realizadas por el presidente del IPCC a los países miembros. Los gobiernos, por su parte, son los que



El Panel Intergubernamental para Cambio Climático
tiene el mandato de realizar evaluaciones periódicas
del estado del conocimiento científico acerca del
cambio climático en el planeta

nominan a los científicos expertos en los diferentes temas a evaluar.

Evaluaciones del IPCC

El IPCC tiene la obligación de realizar evaluaciones periódicas de los diferentes componentes del cambio climático, es decir, no sólo aspectos de la ciencia básica sino también las vulnerabilidades de las sociedades en diferentes regiones y las acciones de adaptación y de mitigación adecuadas para cada región.

El IPCC cuenta con diversos grupos de trabajo, que generan informes sobre variados temas. En el aspecto particular de las evaluaciones sobre el cambio climático, el IPCC cuenta con tres grupos de trabajo, cada uno con la clara directiva de evaluar cada uno de los diferentes aspectos mencionados.

El Grupo de Trabajo I evalúa solamente las bases científicas del cambio climático, analizando observaciones del pasado y haciendo simulaciones de los cambios a futuro, basados en los modelos que utilizan la física más avanzada hasta el momento. Con estos pronósticos, es el Grupo de Trabajo II el que debe evaluar cuáles son los posibles impactos del clima futuro en distintas regiones e identificar las vulnerabilidades en las mismas y las posibles medidas de adaptación. Finalmente, el Grupo de Trabajo III es el encargado de presentar las opciones de mitigación necesarias ante el cambio climático que se avecina.

El IPCC produce un documento síntesis con las conclusiones de los informes que elabora cada grupo de trabajo. Todos los informes son sometidos a un proceso exhaustivo de revisión por pares y también por parte de los representantes de los gobiernos. El proceso de revisión es bastante transparente, ya que las miles de preguntas y comentarios realizados por los revisores están disponibles en internet. Asimismo, las respuestas detalladas a cada una de las preguntas y los comentarios que los autores de los diferentes capítulos elaboran a lo largo de los años se publican en internet.

Para poder hacer pronósticos climáticos es necesario contar con posibles escenarios de crecimiento de la economía global y de las emisiones asociadas a las diversas actividades (generación de electricidad, industrias, agricultura, etcétera). En el año 2000, el IPCC publicó un estudio donde se presentan varias familias de escenarios de crecimiento mundial hasta el 2100 (SRES, 2000). Los diferentes escenarios de crecimiento están asociados con diferentes perfiles de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, que se incluyen en los modelos climáticos.

La Cuarta Evaluación del IPCC

En 2002 se aprobó la realización de la Cuarta Evaluación del cambio climático por parte del IPCC. Los grupos de trabajo, integrados por científicos de diferentes países, comenzaron sus actividades en 2004. En el Grupo de Trabajo I de la actual evalua-



ción, con 169 científicos participantes, no es sorprendente que 22 por ciento de los autores participantes trabajen en Estados Unidos y 38 por ciento en Europa, dado que estas regiones originan la mayoría de los trabajos científicos que se publican en relación con el cambio climático. El 16.5 por ciento de los autores trabajan en Asia, principalmente en China y Japón, que contribuyen con 5.3 por ciento cada uno. Son notables los casos de Canadá, Australia y Nueva Zelanda, países con poblaciones relativamente pequeñas, pero que conjuntamente aportan 11 por ciento de los científicos, lo cual es indicativo del apoyo que otorgan estos países a la ciencia.

En la Figura 1 se presenta la comparación de autores latinoamericanos por países en el Grupo de Trabajo I entre las Tercera (GTI-2001) y Cuarta (GTI-2007) evaluaciones. En el Grupo de Trabajo I hay un total de nueve autores latinoamericanos en los diferentes capítulos y dos revisores en la Cuarta Evaluación, en contraste con los cuatro autores y cuatro revisores en la Tercera.

En esta ocasión se ha observado un leve incremento en el número de investigadores latinoamericanos, del 5.5 al 6.5 por ciento, aunque es necesario notar que aún los números totales son muy modestos. Se observa un notable incremento de los participantes de Argentina (de 0 a 3) y una disminución de los de

Venezuela. Nótese que en la Tercera Evaluación los participantes de Venezuela actuaron principalmente como revisores de los capítulos, y no como autores.

Tanto México como Brasil han aumentado su representación, pero en relación con el número total de habitantes en cada país, el número es muy reducido. Hay 30 países en Latinoamérica y el Caribe, con más de 525 millones de habitantes (OxLAD, 2000), la mitad de los cuales tiene un 10 por ciento de la población adulta analfabeta. El informe publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) en 2005 reporta que México tiene 217 científicos por cada millón de habitantes, mientras que hay 315 y 715 científicos en Brasil y Argentina, respectivamente (UNESCO, 2005), pero sólo tres representantes de cada uno en el Grupo de Trabajo I. Estos números son muy bajos comparados con los de países desarrollados, y probablemente son indicativos de la poca inversión que hay en educación en general, y en ciencia en particular.

En esta oportunidad participaron un total de 24 mujeres, lo cual representa una proporción levemente mayor de mujeres científicas (14.2 por ciento) que en la evaluación anterior (12 por ciento), aunque el número total es muy bajo. Lamentablemente, esto es un reflejo de que no hay muchas mujeres que se dediquen

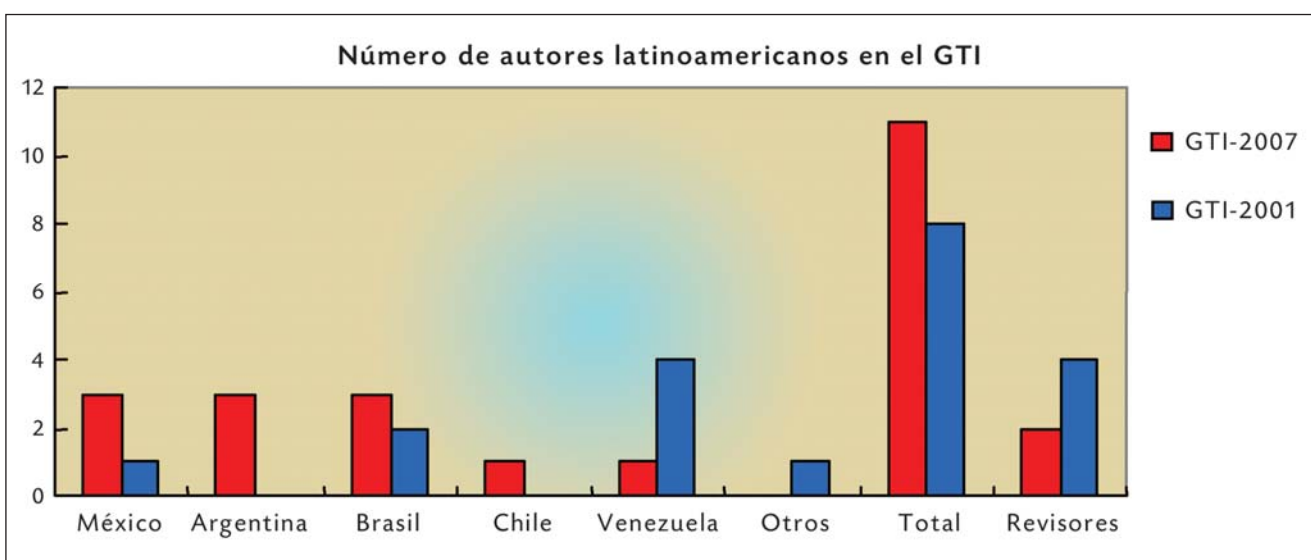


Figura 1. Distribución de autores latinoamericanos participantes en el Grupo de Trabajo I de la Tercera (GTI-2001) y Cuarta (GTI-2007) evaluaciones del IPCC.



a la ciencia del cambio climático en el mundo. Sin embargo, es muy significativo que esta Evaluación es co-dirigida por una mujer, la doctora Susan Solomon, algo que no se había dado en ninguna de las evaluaciones anteriores.

Conclusiones del Resumen para responsables de políticas del Grupo de Trabajo I

El *Resumen* fue aprobado por más de cien países en sesión plenaria del IPCC, llevada a cabo recientemente en París. El documento consta de unas veinte páginas y fue aprobado luego de cuatro días en los cuales los representantes de los países evaluaron palabra por palabra el contenido y la intención implícita de cada una de las oraciones del documento.

Durante la conferencia de prensa el día de la presentación, el presidente del IPCC, doctor Rajendra Pachauri, indicó que: “Quien no actúe después de conocido su contenido, será considerado un irresponsable ante la historia.” Por su parte, el doctor Achim Steiner, director ejecutivo del PNUMA, aseveró que “el 2 de febrero de 2007 será recordado como el día en que se eliminaron las incertidumbres al respecto del papel de los humanos en el cambio climático del planeta”. Estas afirmaciones, hechas por tan altos funcionarios, reflejan la seriedad del problema evidenciado en el documento.

Se presentan en dicho documento las conclusiones de los once capítulos, incluyendo la evaluación del Grupo de Trabajo I, que fueron publicadas en julio de 2007. En todas las evaluaciones del IPCC se hace un esfuerzo para que los documentos expresen las mejores estimaciones y los intervalos de incertidumbre asociados. No sólo se presentan valores numéricos en porcentajes y en intervalos de confianza, sino que también se hace una “calibración” de las palabras que se

utilizan en el texto. Así, por ejemplo, la frase “muy probable” corresponde a una probabilidad de ocurrencia del fenómeno descrito mayor al 90 por ciento, mientras que “extremadamente probable” indica probabilidad mayor que el 95 por ciento. Asimismo, “muy improbable” y “extremadamente improbable” corresponden a menos del 10 por ciento y del 5 por ciento de probabilidad, respectivamente.

¿Qué nos indican las observaciones hasta el presente?

- Las emisiones de gases de efecto invernadero han continuado, de manera que las concentraciones de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico se encuentran muy por encima de valores observados en los últimos 650 mil años.
- El forzamiento radiativo (parámetro relacionado con el cambio de temperatura en superficie; un forzamiento positivo resulta en un calentamiento, mientras que uno negativo resulta en un enfriamiento) combinado de los gases y partículas de aerosol emitidos por el ser humano, así como por los cambios en el uso de suelo, es significativamente superior al forzamiento natural debido a la variabilidad del Sol.
- Los numerosos estudios observacionales evaluados permiten concluir que hay un 90 por ciento de certeza de que el humano sea la causa de los cambios que se observan en el sistema climático.
- Es “muy improbable” que el calentamiento observado en la atmósfera y en los océanos y la disminución de glaciares en los últimos 50 años se deban a causas naturales.
- Once de los últimos 12 años ocupan los primeros puestos en la lista de años más calientes desde 1850, en términos de la temperatura media en superficie.
- Los estudios realizados desde 1961 muestran que la temperatura media del océano aumentó hasta una profundidad de 3 mil metros, y que el océano absorbe más del 80 por ciento del calor añadido al sistema climático.

- El calentamiento del agua del mar provoca su dilatación, por lo cual ya se ha observado una elevación del nivel promedio del mar de unos pocos centímetros, desde que se cuenta con mediciones globales. Sin embargo, este aumento de nivel no es uniforme en todos los océanos, y en particular la región del Pacífico Oriental muestra una leve disminución.

El documento indica claramente que ya no hay dudas: las actividades humanas han modificado el clima en nuestro planeta. Tanto la atmósfera como el océano se han calentado, la mayoría de los glaciares en el planeta han disminuido y el nivel del mar ha aumentado desde que existen mediciones a nivel global. Todas estas observaciones están directamente relacionadas con la presencia de los gases y partículas que los humanos han introducido al sistema, con industrias, vehículos, al talar bosques y al cambiar el uso de suelo para tener grandes extensiones sembradas. Los niveles de confianza de los resultados permiten concluir que son estas actividades las que han causado los cambios que se observan tanto a nivel global como a escala regional.

Los modelos climáticos permiten evaluar lo que pasará en el futuro. Las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera realizadas en el pasado, y las futuras, seguirán contribuyendo al calentamiento global y a la elevación del nivel del mar durante más de un milenio, debido a la larga permanencia del dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera. Es decir, que aunque se redujeran las emisiones a los valores observados en el año 2000 y se mantuvieran constantes, de todos modos la temperatura promedio en la superficie del planeta seguiría aumentando, lo mismo que la expansión del agua de mar por el calentamiento.

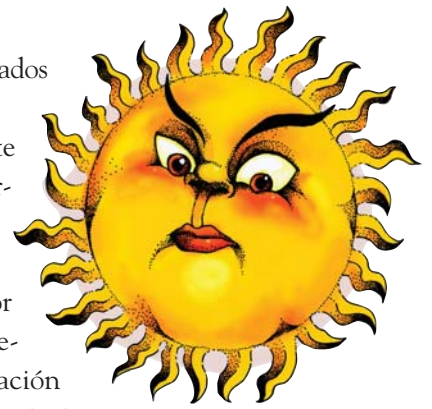
El documento indica que la temperatura promedio en superficie aumentará, a finales del siglo XXI, entre 1.8 y 4 grados Celsius con respecto a 1980-1999. Este intervalo de temperaturas es optimista, ya que está asociado a escenarios de emisiones moderadas; sin embargo, en el peor de los casos, en el cual las emisiones siguen aumentando sin control, el pronóstico es de un

aumento promedio de 6.4 grados Celsius.

Se debe recordar que este calentamiento no será uniforme en el planeta: será más importante sobre tierra que sobre el mar, y mucho mayor en latitudes altas que en regiones tropicales. La precipitación también mostrará grandes variaciones espaciales, y se pronostica que aumentará “muy probablemente” en las latitudes elevadas, pero disminuirá en las regiones subtropicales.

En lo que respecta a fenómenos climáticos extremos, es “muy probable” que las altas temperaturas, las olas de calor y las fuertes precipitaciones sean cada vez más frecuentes. El nivel del océano podría subir de 18 a 59 centímetros hacia finales de siglo, con respecto a los niveles de 1980-1999. (Estudios más recientes, que no aparecieron en la Cuarta Evaluación, indican que el derretimiento de hielos en Groenlandia y en la Antártida está ocurriendo a una tasa más rápida que lo que se había estimado en 2006, lo cual sugiere que el aumento en el nivel del mar puede ser aún mayor.) Es preciso notar que un calentamiento promedio en superficie de 4 grados Celsius con respecto a los valores anteriores a la era industrial sería comparable a valores observados hace 125 mil años. Tal aumento de temperatura acarrearía la desaparición completa del hielo en Groenlandia, lo cual implicaría un aumento del nivel del mar de siete metros, con consecuencias catastróficas en todo el planeta.

La Figura 2 presenta la proyección de los cambios de precipitación en superficie para la década 2090-2099, a partir de los resultados de un conjunto de modelos, suponiendo que la tasa de emisiones a nivel mundial corresponde al escenario A1B (SRES, 2000). El cambio es con respecto a los valores observados para el periodo de 1980-1999. Tanto en los meses de invierno en el hemisferio norte (panel izquierdo) como en los de verano (panel derecho), los resultados de los modelos coinciden en algunos patrones globales de distribución de precipitación (en las zonas con puntos negros,



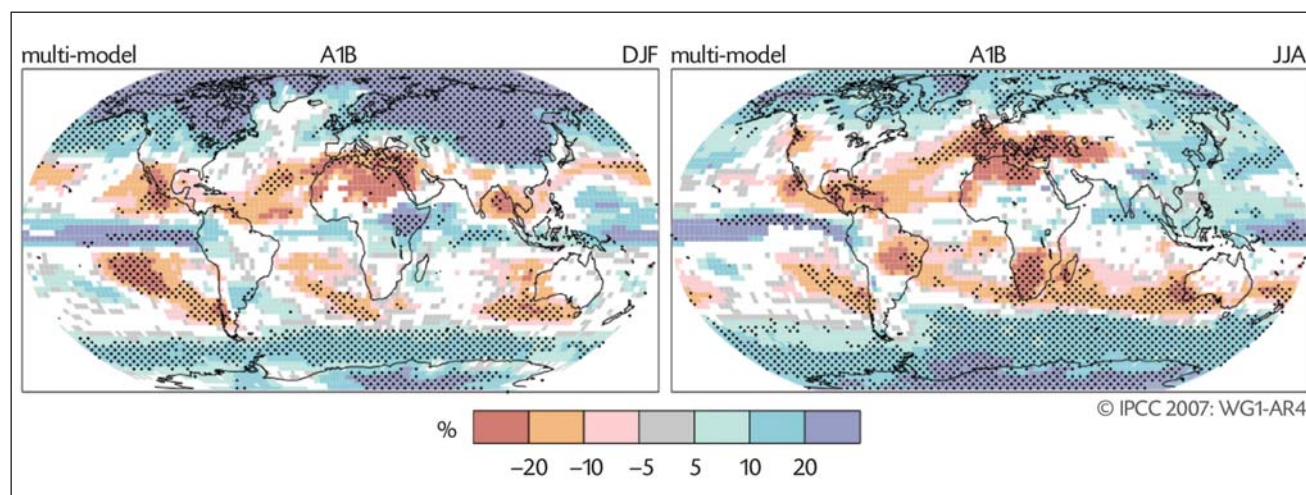


Figura 2. Proyecciones de la distribución del cambio de la precipitación en superficie terrestre para la década de 2090-2099, a partir de un conjunto de modelos climáticos, utilizando el perfil de emisiones denominado A1B. Se presentan los resultados para el trimestre diciembre-enero-febrero (panel izquierdo) y para el trimestre junio-julio-agosto (panel derecho). Los colores café a rosa indican menor precipitación en superficie, mientras que celeste y azul indican incremento de precipitación. Los puntos negros en la figura corresponden a regiones donde los resultados del 90 por ciento de los modelos son coincidentes, por lo cual se tiene mayor confianza en los patrones espaciales obtenidos (reproducida con permiso del IPCC).

el 90 por ciento de los modelos coincide en el signo del cambio en la precipitación).

Los resultados indican una mayor precipitación en las regiones de latitudes altas en ambos hemisferios, y zonas que recibirán menor precipitación, como el Mediterráneo y el Este de Australia. A escala regional en Latinoamérica, vemos que hay algunas regiones para las cuales se proyecta menor precipitación, como el Noroeste de México, algunas zonas del Golfo de México y el Caribe (tanto en invierno como verano) y el Nordeste de Brasil durante el invierno. En el Pacífico oriental, la zona de convección profunda y precipitación se verá reforzada en ambas estaciones. Sin embargo, en el Pacífico suroriental se proyecta menor precipitación, lo que podría afectar las zonas productoras de electricidad en Chile. La zona de convergencia del Atlántico Sur se proyecta un poco más intensa en el invierno, posiblemente afectando Brasil y el Norte de Uruguay. Las proyecciones del conjunto de modelos no resultan concluyentes para otros países de la región.

Muchos países latinoamericanos y del Caribe se ven afectados frecuentemente por ciclones tropicales,

por lo cual es importante mencionar los resultados respecto a este tema. En lo que se refiere a las observaciones hasta el presente, hay evidencia de una mayor actividad en la zona del Atlántico Norte a partir de 1970, correlacionada con el aumento de la temperatura de la superficie del mar. Sin embargo, la variabilidad del clima a escala de tiempo multi-decadal, así como las incertidumbres en la calidad de las observaciones antes de que hubiera datos de satélite, dificultan la detección de tendencias en la actividad de ciclones tropicales en el largo plazo. Las observaciones tampoco permiten estimar una tendencia clara en el número de ciclones tropicales, por lo cual se deberá contar con más años de datos para llegar a una conclusión significativa al respecto.

Algunos modelos climáticos sugieren que es probable que en el futuro haya menos ciclones tropicales, pero es posible que sean más intensos; es decir, que los vientos máximos y la precipitación aumenten como resultado del aumento de la temperatura del mar. Sin embargo, los modelos concuerdan menos cuando se trata de predecir una tendencia en el número total de ciclones tropicales a nivel global.

Reflexiones sobre sociedad y política

Los resultados científicos presentados son cada vez más certeros y es interesante preguntarse cómo responderá la sociedad ante los cambios climáticos que se proyectan en las diferentes regiones.

El entonces presidente de Francia, Jacques Chirac, aprovechó la oportunidad de la presentación del *Resumen para responsables de políticas...* para convocar a una conferencia de “ciudadanos de la Tierra” con el objeto de lograr una movilización internacional en defensa del medio ambiente. En su discurso pidió “una revolución económica y política para hacer frente a los desafíos del cambio climático”. Una de las acciones necesarias más urgentes es limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, pero no podemos ser muy optimistas en que vaya a haber reducciones drásticas en un futuro cercano. Los Estados Unidos cuentan sólo con 5 por ciento de la población mundial, pero actualmente contribuyen con 25 por ciento de las emisiones, y aunque varios de los estados están dispuestos a acatar reducciones en sus emisiones, el país argumenta que la reducción de emisiones conlleva costos económicos demasiado altos. Lo mismo argumenta Australia. Países como China e India están en pleno desarrollo, y controlar sus emisiones significaría frenar ese ritmo de desarrollo y sacrificar logros en la calidad de vida de sus miles de millones de habitantes. La intención del presidente Chirac era noble: formar un grupo de países pioneros, dispuestos a impulsar medidas drásticas y a convencer a los países que todavía dudaban de sumarse al esfuerzo de salvaguardar el planeta. Ojalá no quede sólo en retórica, dado que la evidencia científica indica que la humanidad no puede darse el lujo de esperar mucho más tiempo sin que las consecuencias sean irreversibles.

Resulta evidente que continuar con las emisiones como hasta ahora no es una opción viable en vistas de las proyecciones para el clima futuro. Se deberán tomar fuertes medidas de mitigación tanto en países desarrollados como en aquellos que se encuentran en vías de desarrollo, y dichas medidas deberán ser consistentes con las aspiraciones de crecimiento y desarrollo de cada país. Los tomadores de decisiones deberán tener visión a largo plazo, y sus propuestas y acciones

Hay que convocar a una conferencia de “ciudadanos de la Tierra” con el objeto de lograr una movilización internacional en defensa del medio ambiente.

Formar un grupo de países pioneros, dispuestos a impulsar medidas drásticas por salvaguardar el planeta





deberán tener en cuenta la situación posterior a su término electoral. Es necesario que las políticas de mitigación sean diseñadas con algunos objetivos prioritarios a largo plazo, como el acceso a energía y la calidad del aire y del agua en ciudades, pero también a nivel regional en zonas agrícolas, la industria forestal, protección a las cuencas para recarga de acuíferos y protección de la biodiversidad existente.

La adaptación al cambio climático por parte de la humanidad es inevitable, dado que el cambio es ya una realidad. En los países en vías de desarrollo, muchas veces los más vulnerables, los impactos se sentirán en mayor medida y tal vez antes que en las sociedades más desarrolladas. La presión para establecer acciones de mitigación y adaptación en países con menos desarrollo se hará sentir de manera importante en los presupuestos de dichos países, pero también habrá mayor necesidad de recurrir a organismos internacionales para financiar programas de respuesta a desastres.

El cambio climático podría ser un tema aglutinador para que los países en Latinoamérica iniciaran una colaboración más estrecha para afrontar los retos futuros. Los fundamentos de la acción coordinada deberían incluir un entendimiento compartido de la escala del problema; transparencia y entendimiento mutuo de las acciones y políticas que se propongan, y el desarrollo de estructuras que fomenten la cooperación entre los países.

Deberían formularse acciones coordinadas a mediano y largo plazo para limitar los riesgos asociados con el cambio climático en la región. Sería importante que se consideraran los efectos de medidas positivas en un país pero que pudieran tener un efecto no deseado en países vecinos (por ejemplo, la construcción de represas corriente arriba que termina afectando severamente la disponibilidad de agua en otro país ubicado corriente abajo).

Se debería coordinar una distribución equitativa del esfuerzo para la mitigación; es decir, mayor esfuerzo por reducir los impactos cuanto mayor sea la emisión. Debería establecerse una cooperación verdadera para el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías (como biocombustibles, celdas de hidrógeno, paneles solares, etcétera). Y finalmente, deberían asignarse los fondos necesarios para el financiamiento de los desarrollos tecnológicos. La organización a escala regional podría estar coordinada dentro del Parlamento del Mercosur o por la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la UNESCO, con sede en Montevideo.

Las conclusiones obtenidas en la Cuarta Evaluación, y el descubrimiento de las implicaciones a nivel global de los cambios que el planeta enfrentará en el futuro mediano, fueron merecedores del premio Nobel de la paz en el 2007. El premio fue compartido con el ex-vicepresidente de los Estados Unidos de América, Albert Gore, por su trabajo en la divulgación de los resultados y de las consecuencias de los cambios a nivel global. Se reconoce así que la divulgación de los resultados es sumamente importante para que la sociedad misma pueda participar en decisiones basadas en información confiable.

Como habitantes de este planeta, nos toca ahora jugar un papel muy importante. No podemos seguir argumentando que no sabemos de qué se trata el problema, que es muy complicado, que los científicos no se ponen de acuerdo... No tenemos ya excusas para no tomar la iniciativa como sociedad y exigir que se empiecen a implantar medidas para que el futuro no sea climáticamente tan distinto de lo que estamos acostumbrados. Un mundo con 4 grados Celsius más de temperatura en promedio sería un lugar *muy* diferente para vivir, y se encuentra solamente a unas pocas décadas de distancia.

Graciela Binimelis de Raga es doctora en ciencias atmosféricas por la Universidad de Washington y labora en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) desde 1995. Sus investigaciones básicas sobre la interacción de partículas atmosféricas de aerosol y nubes con la precipitación han sido incorporadas en modelos climáticos, y han justificado su participación en el Grupo I de la Cuarta Evaluación. raga@servidor.unam.mx

Documentos de referencia

Para consulta o descarga de documentos, referirse a www.ipcc.ch

OxLAD (2000), *Oxford Latin American Economic History Database*; <http://oxlad.qeh.ac.uk>

SRES (2000), *Special Report on Emission Scenarios*, ISBN-92-9169-413-4.

UNESCO (2005), *Science Report*; www.unesco.org/science/psd/publications

