



**GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS
SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**



EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL AGUA

Edición a cargo de:

Bryson Bates
CSIRO
Australia

Zbigniew W. Kundzewicz
Academia Ciencias de Polonia e
Instituto de Investigaciones sobre
el Impacto Climático de Potsdam,
Alemania

Shaohong Wu
Academia de Ciencias
de China

Jean Palutikof
Centro Hadley de Predicción e
Investigación Climática de la Oficina
Meteorológica del
Reino Unido

Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, preparado en respuesta a una petición del Grupo. El material aquí presentado ha sido revisado por expertos y gobiernos, aunque no ha sido considerado por el Grupo respecto a su posible aceptación o aprobación.

Junio de 2008

Este documento ha sido preparado bajo la dirección de la Unidad Técnica de
Apoyo del Grupo de trabajo II del IPCC

Referencia bibliográfica sugerida:

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.

© 2008, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

ISBN: 978-92-9169-323-8

Foto de portada: © Simon Fraser/Science Photo Library

Índice

Prefacio	vii
Nota de agradecimiento	viii
Resumen ejecutivo	1
1. Introducción al cambio climático y el agua	5
1.1 Consideraciones generales	7
1.2 Alcance	7
1.3 Contexto de este documento técnico: condiciones socioeconómicas y medioambientales	8
1.3.1 Cambios observados	8
1.3.2 Cambios proyectados	10
1.4 Descripción general	11
2. Cambios climáticos observados y proyectados en relación con el agua	13
2.1 Cambios climáticos observados en relación con el agua	15
2.1.1 Precipitación (incluidos los valores extremos) y vapor de agua	15
2.1.2 Nieve y hielo terrestre	19
2.1.3 Nivel del mar	21
2.1.4 Evapotranspiración	21
2.1.5 Humedad del suelo	22
2.1.6 Escorrentía y caudal fluvial	22
2.1.7 Pautas de la variabilidad en gran escala	23
2.2 Influencias y retroefectos de los cambios hidrológicos sobre el clima	24
2.2.1 Efectos sobre la superficie terrestre	24
2.2.2 Retroefectos vinculados a cambios de la circulación oceánica	24
2.2.3 Emisiones y sumideros afectados por procesos hidrológicos o por retroefectos bio geoquímicos	25
2.3 Cambios climáticos proyectados en relación con el agua	25
2.3.1 Precipitación (incluidos los valores extremos) y vapor de agua	26
2.3.2 Nieve y hielo terrestre	29
2.3.3 Nivel del mar	29
2.3.4 Evapotranspiración	30
2.3.5 Humedad del suelo	31
2.3.6 Escorrentía y caudal fluvial	31
2.3.7 Pautas de variabilidad en gran escala	32
3. Vínculos entre el cambio climático y los recursos hídricos: impactos y respuestas	33
3.1 impactos observados del cambio climático	35
3.1.1 Efectos observados resultantes de cambios en la criosfera	35
3.1.2 Hidrología y recursos hídricos	35
3.2 Cambios futuros respecto a en la disponibilidad y demanda de agua por efecto del cambio climático	40
3.2.1 Dinamizantes climáticos de los sistemas de agua dulce relacionados con el cambio climático en el futuro	40
3.2.2 Dinamizantes no climáticos de los sistemas de agua dulce en el futuro	44

3.2.3	Impactos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua dulce en el futuro	45
3.2.4	Impactos del cambio climático sobre la demanda de agua dulce en el futuro	45
3.2.5	Impactos del cambio climático sobre el estrés hídrico en el futuro	46
3.2.6	Impactos del cambio climático sobre los costes, y otros aspectos socioeconómicos del agua dulce	46
3.2.7	Áreas y sectores de agua dulce muy vulnerables al cambio climático	48
3.2.8	Incertidumbres de los impactos proyectados del cambio climático sobre los sistemas de agua dulce	48
3.3	Adaptación hídrica al cambio climático: consideraciones generales	50
3.3.1	Gestión integrada de los recursos hídricos	51
4.	El cambio climático y los recursos hídricos, por sistemas y sectores	55
4.1	Ecosistemas y biodiversidad	57
4.1.1	Contexto	57
4.1.2	Proyecciones de cambio hidrológico, y sus implicaciones respecto a la biodiversidad mundial	57
4.1.3	Impactos de los cambios hidrológicos sobre los principales tipos de ecosistema	57
4.2	Agricultura y seguridad alimentaria, uso de la tierra y silvicultura	61
4.2.1	Contexto	61
4.2.2	Observaciones	62
4.2.3	Proyecciones	63
4.2.4	Adaptación, vulnerabilidad y desarrollo sostenible	66
4.3	Salud humana	71
4.3.1	Contexto	71
4.3.2	Observaciones	73
4.3.3	Proyecciones	73
4.3.4	Adaptación, vulnerabilidad y desarrollo sostenible	73
4.4	Abastecimiento de agua y saneamientos	73
4.4.1	Contexto	73
4.4.2	Observaciones	74
4.4.3	Proyecciones	74
4.4.4	Adaptación, vulnerabilidad y desarrollo sostenible	76
4.5	Asentamientos e infraestructura	77
4.5.1	Asentamientos	78
4.5.2	Infraestructura	78
4.5.3	Adaptación	79
4.6	Economía: seguros, turismo, industria, transporte	79
4.6.1	Contexto	79
4.6.2	Costos socioeconómicos, mitigación, adaptación, vulnerabilidad, desarrollo sostenible	80
5.	Análisis de los aspectos regionales del cambio climático y de los recursos hídricos	81
5.1	África	83
5.1.1	Contexto	83
5.1.2	Observaciones actuales	84
5.1.3	Cambios proyectados	86
5.1.4	Adaptación y vulnerabilidad	89
5.2	Asia	90
5.2.1	Contexto	90
5.2.2	Impactos observados del cambio climático sobre el agua	90
5.2.3	Proyección del impacto del cambio climático sobre el agua, y principales vulnerabilidades	92
5.2.4	Adaptación y vulnerabilidad	93
5.3	Australia y Nueva Zelanda	95

5.3.1	Contexto	95
5.3.2	Cambios observados	95
5.3.3	Cambios proyectados	96
5.3.4	Adaptación y vulnerabilidad	98
5.4	Europa	98
5.4.1	Contexto	98
5.4.2	Cambios observados	98
5.4.3	Cambios proyectados	99
5.4.4	Adaptación y vulnerabilidad	101
5.5	América Latina	101
5.5.1	Contexto	101
5.5.2	Cambios observados	102
5.5.3	Cambios proyectados	104
5.5.4	Adaptación y vulnerabilidad	106
5.6	América del Norte	108
5.6.1	Contexto y cambio observado	108
5.6.2	Cambios proyectados, y sus consecuencias	108
5.6.3	Adaptación	111
5.7	Regiones polares	113
5.7.1	Contexto	113
5.7.2	Cambios observados	114
5.7.3	Cambios proyectados	115
5.7.4	Adaptación y vulnerabilidad	116
5.8	Islas pequeñas	116
5.8.1	Contexto	116
5.8.2	Tendencias climáticas observadas y proyecciones respecto a las regiones insulares	117
5.8.3	Adaptación, vulnerabilidad y sostenibilidad	119
6.	Medidas de mitigación del cambio climático en el sector hídrico	123
6.1	Introducción	125
6.2	Mitigación por sectores	125
6.2.1	Captación y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)	125
6.2.2	Cultivos bioenergéticos	125
6.2.3	Electricidad obtenida mediante biomasa	127
6.2.4	Energía hidroeléctrica	127
6.2.5	Energía geotérmica	127
6.2.6	Uso de energía en edificios	128
6.2.7	Gestión y cambio del uso de la tierra	128
6.2.8	Gestión de tierras de cultivo (agua)	128
6.2.9	Gestión de tierras de cultivo (menor roturación)	129
6.2.10	Forestación o reforestación	129
6.2.11	Evitación / reducción de la deforestación	130
6.2.12	Gestión de desechos sólidos; tratamiento de aguas de desecho	130
6.2.13	Petróleo no convencional	130
6.3	Efectos de las políticas y medidas de gestión hídrica sobre las emisiones de GEI y su mitigación	130
6.3.1	Presas hidroeléctricas	131
6.3.2	Riego	132
6.3.3	Producción de residuos	132

6.3.4 Drenaje de las tierras de cultivo	132
6.3.5 Tratamiento de aguas de desecho	132
6.3.6 Desalinización	133
6.3.7 Energía geotérmica	133
6.4 Posibles conflictos entre la adaptación y la mitigación en relación con los recursos hídricos	133
7. Implicaciones respecto a las políticas y el desarrollo sostenible	135
7.1 Implicaciones respecto a las políticas, por sectores	137
7.2 Principales impactos hídricos proyectados, por regiones	139
7.3 Implicaciones respecto a las políticas de mitigación del clima	141
7.4 Implicaciones respecto al desarrollo sostenible	141
8. Lagunas de conocimiento y temas de estudio sugeridos	143
8.1 Necesidades observacionales	145
8.2 Comprensión de las proyecciones climáticas y de sus impactos	145
8.2.1 Comprensión y proyección del cambio climático	145
8.2.2 Impactos relacionados con el agua	146
8.3 Adaptación y mitigación	147
Referencias	149
Apéndice I: Descripciones de modelos climáticos	175
Apéndice II: Glosario	177
Apéndice III: Siglas, símbolos químicos, unidades científicas	195
Apéndice IV: Lista de autores	197
Apéndice V: Lista de revisores	199
Apéndice VI: Autorizaciones de publicación	203
Índice temático	205

Prefacio

El presente documento técnico sobre el cambio climático y el agua del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el sexto de la serie de documentos técnicos del IPCC, y ha sido redactado en respuesta a una propuesta de la Secretaría del Programa Mundial sobre el Clima-Agua (PMC-Agua) y del Comité directivo internacional para el diálogo sobre el agua y el clima, durante la decimonovena reunión plenaria del IPCC, que tuvo lugar en Ginebra en abril de 2002. En noviembre de 2002 se celebró en Ginebra una reunión consultiva sobre el cambio climático y el agua, en la que se recomendó la preparación de un documento técnico específico en lugar de un informe especial para abordar este tema. El documento debía basarse fundamentalmente en los resultados del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, aunque también en publicaciones anteriores del Grupo. El IPCC decidió asimismo que el agua debía considerarse como un tema transversal en el Cuarto Informe de Evaluación.

En el presente documento técnico se examina el problema del agua dulce. El aumento del nivel del mar ha sido tenido en cuenta únicamente en la medida en que pudiera influir sobre el agua dulce en áreas costeras e interiores. El clima, el agua dulce y los sistemas biofísicos y socioeconómicos están interconectados de manera compleja. Por consiguiente, la variación de uno de esos factores podría inducir un cambio en cualquiera de los demás. Los asuntos relacionados con el agua dulce son críticos a la hora de determinar vulnerabilidades clave, tanto a nivel regional como sectorial. Por ello, la relación entre el cambio climático y los recursos de agua dulce es fundamental para la sociedad humana, y tiene también implicaciones respecto a las demás especies vivas.

Las oficinas de los tres Grupos de Trabajo del IPCC seleccionaron un equipo interdisciplinario de redacción de autores principales, con el fin de lograr un equilibrio desde el punto de vista regional y temático. Como todos los documentos técnicos del IPCC, también éste está basado en el texto de los informes del IPCC aprobados/aceptados/adoptados con anterioridad, ha sido revisado simultáneamente por expertos y gobiernos, y ha sido sometido a una revisión final de los gobiernos. La Oficina del IPCC actuó como consejo editorial para asegurarse de que los autores principales tendrían en cuenta oportunamente todos los comentarios aportados para la finalización del documento.

En su 37ª reunión de Budapest, en abril de 2008, la Oficina consideró los principales comentarios recibidos durante la revisión final de los gobiernos. En base a sus observaciones

y peticiones, los autores principales finalizaron el documento técnico, y la Oficina autorizó su presentación al público.

Tenemos una gran deuda de gratitud con los autores principales (mencionados en este documento), que ofrecieron su tiempo con gran generosidad y completaron el documento técnico en el plazo previsto. Nos gustaría agradecer al Dr. Jean Palutikof, Jefe de la Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de trabajo II del IPCC, su experto liderazgo durante la redacción de este documento.



Rajendra K. Pachauri
Presidente del IPCC



Renate Christ
Secretaria del IPCC



Osvaldo Canziani
Copresidente del Grupo de trabajo II del IPCC



Martin Parry
Copresidente del Grupo de trabajo II del IPCC

Nota de Agradecimiento

Agradecemos a la Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de trabajo II, y en particular a Norah Pritchard y Clair Hanson, su dedicación durante la preparación de este documento técnico.

El Gobierno de Canadá aceptó amablemente acoger la segunda reunión de los autores principales, y estamos muy agradecidos a Terry Prowse por acometer el difícil trabajo de organización en Victoria, Columbia Británica.

Maurice Roos, proveniente del Departamento de Recursos Hídricos del Estado de California, y Bill Girling, de Manitoba Hydro, asistieron a la segunda reunión de autores principales para aportar asesoramiento y sugerencias desde su perspectiva como usuarios.

Marilyn Anderson preparó el índice, y Nancy Boston editó el texto.

Nuestro agradecimiento a todos los autores, a sus familias, a las instituciones y a los gobiernos por haber hecho posible este documento.

Bryson Bates
Zbyszek Kundzewicz
Shaohong Wu
Jean Palutikof

23 de junio de 2008

El cambio climático y el agua

El presente documento técnico fue encargado por la Plenaria del IPCC en respuesta a las sugerencias del Programa Mundial sobre el Clima - Agua, el Diálogo sobre el Agua, y otras organizaciones implicadas en el abastecimiento de agua. Ha sido preparado bajo los auspicios del Presidente del IPCC, Dr. R.K. Pachauri.

Autores Principales Coordinadores

Bryson Bates (Australia), Zbigniew W Kundzewicz (Polonia) y Shaohong Wu (China)

Autores Principales

Nigel Arnell (Reino Unido), Virginia Burkett (Estados Unidos de América), Petra Döll (Alemania), Daniel Gwary (Nigeria), Clair Hanson (Reino Unido), BertJan Heij (Países Bajos), Blanca Elena Jiménez (México), Georg Kaser (Austria), Akio Kitoh (Japón), Sari Kovats (Reino Unido), Pushpam Kumar (Reino Unido), Christopher H.D. Magadza (Zimbabwe), Daniel Martino (Uruguay), Luis Jose Mata (Alemania/Venezuela), Mahmoud Medany (Egipto), Kathleen Miller (Estados Unidos de América), Taikan Oki (Japón), Balgis Osman (Sudán), Jean Palutikof (Reino Unido), Terry Prowse (Canadá), Roger Pulwarty (Estados Unidos de América/Trinidad y Tabago), Jouni Räisänen (Finlandia), James Renwick (Nueva Zelanda), Francesco Nicola Tubiello (Estados Unidos de América/IIASA/Italia), Richard Wood (Reino Unido), y Zong-Ci Zhao (China)

Autores que han contribuido

Julie Arblaster (Australia), Richard Betts (Reino Unido), Aiguo Dai (Estados Unidos de América), Christopher Milly (Estados Unidos de América), Linda Mortsch (Canadá), Leonard Nurse (Barbados), Richard Payne (Australia), Iwona Pinskiwar (Polonia) y Tom Wilbanks (Estados Unidos de América)

