



IMPACTOS REGIONALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD



GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS
SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO



Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad AMÉRICA LATINA

OSVALDO CANZIANI (ARGENTINA) Y SANDRA DIAZ (ARGENTINA)

Autores principales:

Eduardo Calvo
Perú

Max Campos
Costa Rica

Rodolfo Carcavallo
Argentina

Carlos C. Cerri
Brasil

Carlos Gay-García
México

Luis J. Mata
Venezuela

Andrés Saizar
Uruguay

Contribuyentes:

Patricio Aceituno
Chile

Rigoberto Andressen
Venezuela

Vicente Barros
Argentina

M. Cabido
Argentina

Humberto Fuenzalida-Ponce
Chile

Guillermo Funes
Argentina

Cleber Galvao
Brasil

Ana Rosa Moreno
México

Walter M. Vargas
Argentina

Ernesto F. Viglizzo
Argentina

M. de Zuviría
Bolivia

2000

Índice

Prólogo	v
Prefacio	vii
Resumen ejecutivo	1
1. Características regionales	4
2. Información sobre el clima regional	6
2.1 Clima actual	6
2.2 Tendencias en el clima	7
2.3 Variabilidad climática	7
2.4 Cambio climático	8
3. Sensitividad, adaptabilidad y vulnerabilidad	11
4. Ecosistemas terrestres	11
4.1 Bosques	14
4.2 Tierras de pastoreo (permanentes y temporales)	16
4.3 Desiertos	17
4.4 Ecosistemas de montaña y criosfera	17
5. Hidrología, recursos hídricos y pesquerías de agua dulce	19
6. Océanos, pesquerías de mar y zonas costeras	22
6.1 Océanos y pesquerías de mar	22
6.2 Aumento del nivel del mar	23
7. Agricultura	25
8. Salud humana	28
8.1 Impactos directos del cambio climático	28
8.2 Impactos indirectos del cambio climático	29
9. Asentamientos humanos	31
10. Industria, energía y transporte	32
11. Análisis integrado de impactos potenciales y opciones de adaptación	33
12. Vigilancia y necesidades de investigación	34
Referencias	38

NOTA

La traducción al español del capítulo 6 del Informe Especial titulado *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability* (Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad) fue suministrada por el señor Osvaldo Canziani, de Argentina, copresidente del Grupo de Trabajo II del IPCC. La revisión y publicación han sido efectuadas por la OMM. Los demás párrafos y secciones del Informe Especial completo así como la bibliografía a la que éste hace referencia han sido publicados en inglés y no han sido traducidos. La única excepción es el Capítulo 2 del Informe Especial, referente a África, disponible en inglés y francés.

Secretaría del IPCC

Prólogo

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado conjuntamente en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, con la finalidad de evaluar la bibliografía científica y técnica sobre el cambio climático, los posibles impactos de un tal cambio y las opciones de adaptación a él y de mitigación de sus efectos. Desde su creación, el IPCC ha producido una serie de Informes de Evaluación, Informes Especiales, Documentos Técnicos, metodologías y otros productos, que se han convertido en obras de referencia habituales ampliamente utilizadas por responsables de políticas, científicos y otros expertos.

El presente Informe Especial, elaborado por el Grupo de Trabajo II del IPCC, está basado en las contribuciones de dicho Grupo de Trabajo al Segundo Informe de Evaluación (SIE), e incorpora la información más reciente disponible desde mediados de 1995. Ha sido elaborado en respuesta a una petición del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC). En él se aborda una cuestión importante planteada en la Conferencia de las Partes (CP) en la CMCC: a saber, en qué grado son vulnerables las condiciones humanas y el medio ambiente natural a los efectos potenciales del cambio climático. El informe establece una base de información común sobre los costos y beneficios que podría conllevar el cambio climático, evaluando en particular las incertidumbres que afectan a dicha información, como ayuda para que la CP determine las medidas de adaptación y de mitigación que pudieran estar justificadas. Está dividido en 10 evaluaciones de vulnerabilidad correspondientes a otras tantas regiones que abarcan la totalidad de la superficie terrena y los mares costeros adyacentes. Estas regiones son: África, el Asia occidental árida (incluido el Oriente Medio), Australasia, Europa, América Latina, América del Norte, las regiones polares (el Ártico y el Antártico), los pequeños Estados insulares, el Asia templada y el Asia tropical. Contiene asimismo varios anexos con información sobre observaciones del

clima, proyecciones climáticas, proyecciones de distribución de la vegetación y tendencias socioeconómicas.

Como es habitual en el IPCC, la realización de este informe ha sido posible gracias al entusiasmo y cooperación de numerosos científicos y de otros expertos de todo el mundo. Para ello, estas personas han dedicado generosamente su tiempo, a menudo más allá de lo razonablemente exigible. A ellos aplaudimos, admiramos y damos las gracias por su dedicación a las tareas del IPCC. Nos complace señalar los esfuerzos continuados del IPCC para lograr la participación de científicos y otros expertos de los países en desarrollo y de países con economías de transición. Dada la orientación regional de este informe, su participación ha sido especialmente importante para poder llevarlo a término. Expresamos también nuestra gratitud a los numerosos gobiernos, y en particular a los de regiones en desarrollo y regiones con economías de transición, que les han prestado apoyo en su labor.

Aprovechamos esta oportunidad para dar las gracias a las personas siguientes por haber ayudado a hacer realidad un informe más del IPCC:

- Profesor B. Bolin, Presidente del IPCC
- Dr. R. T. Watson (Estados Unidos) y Dr. M. C. Zinyowera (Zimbabwe), Copresidentes del Grupo de Trabajo II
- Dr. M. Beniston (Suiza), Dr. O. Canziani (Argentina), Dr. J. Friiaa (Túnez), Ing. (Sra.) M. Perdomo (Venezuela), Dr. S. K. Sharma (India), Sr. H. Trukamoto (Japón), y Prof. P. Vellinga (Países Bajos), Vicepresidentes del Grupo de Trabajo
- Dr. R. H. Moss, Jefe de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de Trabajo II, Sr. D. J. Dokken, Administrador de Proyecto, y los restantes miembros de dicha unidad, en particular la Sras. MacCracken, L. Van Wie McGrory y F. Ormond
- Dr. N. Sundararaman, Secretario del IPCC y su personal, en particular las Sras. R. Bourgeois, C. Etori y C. Tanikie.

G.O.P. Obasi

Secretario General
Organización Meteorológica Mundial

Sra. E. Dowdeswell

Directora Ejecutiva
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Prefacio

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha producido una serie de Informes de Evaluación, Informes Especiales, Documentos Técnicos y metodologías. Como órgano intergubernamental, el IPCC se atiene a unos procedimientos para la elaboración de este tipo de documentos. El presente Informe Especial sobre los impactos regionales del cambio climático fue solicitado por primera vez por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT) de la Conferencia de las Partes (CP) en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas (CMCC) como Documento Técnico, lo cual constreñía a los autores a utilizar únicamente material previamente existente en los Informes de Evaluación e Informes Especiales del IPCC. Durante la preparación del trabajo, los autores estimaron que el documento sería más completo, más de actualidad y más representativo de las tendencias y vulnerabilidades de la región si se incluía en él nueva bibliografía aparecida desde la terminación del Segundo Informe de Evaluación (SIE) del IPCC, y en particular los trabajos realizados bajo los auspicios de varios programas de estudios de países. La incorporación de ese material en el informe se habría apartado del procedimiento seguido por el IPCC en sus documentos técnicos; por ello, en su duodécima Reunión (Ciudad de México, 11-13 de septiembre de 1996), este Grupo decidió reescribir dicho Documento Técnico como Informe Especial.

En el Informe Especial se exploran las consecuencias que podría tener el cambio del clima para diez regiones continentales o subcontinentales. Habida cuenta de las incertidumbres de que adolecen las proyecciones regionales del cambio climático, el informe tenía que estar planteado como una evaluación de las sensibilidades y vulnerabilidades de cada región, sin tratar de ofrecer predicciones cuantitativas de los impactos del cambio climático. Al igual que en el SIE, se entiende por “vulnerabilidad” el grado en que el cambio climático podría dañar o perjudicar un sistema; este concepto es función tanto de la sensibilidad al clima como de la capacidad de adaptarse a unas condiciones nuevas.

La presente evaluación confirma las conclusiones del SIE, y pone de relieve que el cambio climático podría alterar la capacidad de los sistemas físicos y biológicos de nuestro planeta (la tierra, la atmósfera y los océanos) para proporcionar bienes y servicios esenciales para un desarrollo económico sostenible.

El informe representa para el IPCC un paso importante en la evolución del proceso de evaluación de impactos. En las evaluaciones anteriores de impacto se han examinado los posibles efectos del cambio climático a escala mundial principalmente. En este informe se analizan los impactos a escala continental o subcontinental, lo que presenta un interés más práctico para los decisores. Este tipo de planteamiento regional revela una gran variación en cuanto a la vulnerabilidad de las diferentes poblaciones y sistemas medioambientales. Dicha variación responde, entre otros factores, a las diferencias en cuanto a las condiciones medioambientales locales y en cuanto a las condiciones

económicas, sociales y políticas, y al grado de dependencia que se tenga de los recursos sensibles al clima. Como el análisis se ha efectuado a una escala más fina, este informe proporciona mayor información que el SIE sobre las posibilidades de adaptación de los sistemas, actividades e infraestructura al cambio climático. En el texto se indica, no obstante, que es necesario investigar y analizar mucho más todavía las opciones de adaptación y los procesos de ajuste si el sector privado y las entidades gubernamentales quieren que los sectores sensibles al clima sean más resistentes a la variabilidad de éste y que se contengan los daños causados por los posibles cambios del clima a largo plazo, o incluso que se saque beneficio de dichos cambios.

Este informe constituye también un paso inicial para examinar cómo podrían interactuar los cambios del clima previstos con otros cambios del medio ambiente (por ejemplo, pérdida de diversidad biológica, degradación de las tierras, agotamiento del ozono de la estratosfera o degradación de los recursos hídricos) y tendencias de la sociedad (por ejemplo, crecimiento demográfico, desarrollo económico o progreso tecnológico). La evaluación indica que es también necesaria una mayor investigación de los vínculos existentes entre las distintas cuestiones que afectan al medio ambiente.

En el presente informe se sientan las bases para la evaluación de impactos del Tercer Informe de Evaluación (TIE), cuya conclusión se espera para finales de 2000. Un primer paso muy importante durante la preparación del TIE del IPCC consistirá en repasar y refinar el enfoque —y los agrupamientos regionales— utilizados en esta evaluación. En esta tarea, será importante tener en cuenta los avances en la capacidad de proyectar cambios climáticos y medioambientales a escalas más finas. El informe sirve también de base para el TIE en otro importante aspecto, ya que constituye un avance sustancial en cuanto al nivel de participación de científicos y expertos técnicos de países en desarrollo y con economías en transición. El IPCC sigue comprometido a consolidar este logro, y no cejará en sus esfuerzos para identificar expertos de esas regiones y obtener su participación en futuras evaluaciones.

Agradecimientos

Desearíamos agradecer a numerosas personas y organizaciones su contribución a la consecución de este informe. En primer lugar, estamos especialmente agradecidos a los miembros de la comunidad científica y técnica por su labor voluntaria de preparación y revisión experta de los capítulos y anexos del informe. Estas personas han desempeñado las funciones de autor principal coordinador, autores principales, colaboradores/examinadores, coordinadores regionales, y colaboradores sectoriales (autores del SIE que han extraído información regional de los capítulos de orientación sectorial como punto de partida para las evaluaciones regionales). Manifestamos también nuestra gratitud a los gobiernos que han prestado ayuda a varios de estos autores principales.

El esfuerzo de todos estos colaboradores habría sido vano sin la incansable labor y la buena voluntad de David Jon Dokken, administrador de proyecto, cuyos cometidos y responsabilidades en la preparación de este informe han sido demasiado numerosos para enumerarlos, y sin el cual el informe no habría sido redactado con tanta puntualidad y eficacia. Brindaron también una gran ayuda en la preparación del informe otros miembros de la Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo II, entre ellos Sandy MacCracken, Laura Van Wie McGrory y Flo Ormond. El personal de la Secretaría del IPCC, y en particular Rudie Bourgeois, Chantal Etori y Cecilia Tanikie, prestaron un apoyo esencial, así como útiles consejos.

Otras personas que han contribuido al informe desempeñando cometidos analíticos y organizativos diversos, y a quienes deseamos expresar

nuestro reconocimiento son: Tererei Abete, Isabel Alegre, Ron Benioff, Carroll Curtis, Paul Desanker, Robert Dixon y sus colegas del Programa de estudios de países (Estados Unidos): Roland Fuchs, Christy Goodale, David Gray, Mike Hulme, Jennifer Jenkins, Richard Klein, S. C. Majumdar, Scott Ollinger, Erik Rodenberg, Robert Scholes, Joel Smith, Regina Tannon, David Theobald y Hassan Virji.

Bert Bolin

Robert Watson

Marufu Zinyowera

Narasimhan Sundararaman

Richard Moss

Resumen ejecutivo

América Latina incluye a todos los países continentales desde México a Chile y Argentina, y los mares adyacentes. La región es marcadamente heterogénea en lo referente a clima, ecosistemas, distribución de la población humana y tradiciones culturales. La mayor parte de las actividades productivas de América Latina están basadas en sus extensos ecosistemas naturales. El uso de la tierra es una de las fuerzas mayores que, en el presente, gobiernan el cambio de ecosistemas, interactuando con el clima de maneras complejas. Esto hace muy complicada la tarea de identificar configuraciones comunes respecto de su vulnerabilidad al cambio climático. Los sectores principales en los que el impacto del cambio climático podría ser importante son los ecosistemas naturales (p.ej. bosques, tierras de pastoreo o humedales), los recursos hídricos, las zonas costeras, la agricultura y la salud humana. La importancia relativa atribuida a cada uno de los impactos proyectados varía de un país a otro.

Los cambios en el clima durante el último siglo han incluido un aumento de la temperatura media en la superficie, particularmente en latitudes medias y altas, y cambios en las cantidades e intensidades de la precipitación en varios países de la región (sur de Brasil, Paraguay y Argentina). El cambio climático podría modificar las condiciones actuales, con impactos beneficiosos o adversos, tal como ocurre en la actualidad como consecuencia del Fenómeno *El Niño*/Oscilación Austral (ENOA). La variabilidad natural del clima, desde una escala estacional hasta una escala plurianual, ha producido efectos significativos en los países de América Latina, sugiriendo que las proyecciones del cambio climático constituyen un elemento importante para la planificación nacional y regional. Sin embargo, el cambio climático no debería ser considerado de manera aislada, sino en interacción estrecha con otros factores importantes del desarrollo, tales como las prácticas del uso de la tierra, el crecimiento de la población, la situación económica y el comportamiento de la comunidad.

La ubicación geográfica de América Latina y su geomorfología contribuyen a su amplia variedad de climas, desde los desiertos hiperáridos hasta los bosques tropicales húmedos. La distribución regional del clima está definida por las interacciones entre configuraciones predominantes de la circulación atmosférica y las particularidades topográficas, los balances de radiación y los balances térmico e hídrico, los que, a su vez, dependen de un amplio rango de tipos de coberturas de suelo/vegetación de la Región. La extensa porción central de América Latina está en gran medida caracterizada por condiciones tropicales húmedas; áreas importantes (p.ej. en Brasil) son propensas a sequías, inundaciones y heladas. La circulación atmosférica y las corrientes oceánicas son factores causales de extensos desiertos en el norte de México, Perú, Bolivia y Argentina.

La relación entre el fenómeno ENOA y los cambios en la precipitación y temperatura está bien documentada para países en el Istmo Centroamericano y América del Sur. Los eventos ENOA asociados con fluctuaciones masivas en los ecosistemas marinos de las costas de

Ecuador, Perú y Norte de Chile (que se cuentan entre las pesquerías más ricas del mundo) tendrían consecuencias socioeconómicas adversas con respecto a la pesca y la producción de harina de pescado. Pronósticos experimentales de El Niño han sido aplicados con notable éxito en Perú y Brasil, en pos de reducir las pérdidas económicas en la agricultura. La variabilidad climática también determina cambios importantes en la distribución e intensidad de lluvias y nevadas. Esto representa una tensión adicional sobre las disponibilidades ya limitadas de agua dulce en Chile y Argentina, entre 25° y 37°S.

La superficie de América Latina está ocupada por ecosistemas naturales cuyos recursos genéticos están entre los más ricos del mundo. La selva pluvial del Amazonas contiene el mayor número de especies animales y vegetales conocidas en América Latina. Las áreas templadas y áridas de esta región, que, hasta fecha reciente, han recibido menos atención, también contienen recursos genéticos importantes, en términos tanto de genotipos silvestres como domesticados.

La contribución actual de América Latina a la emisión de gases de efecto invernadero global es baja (aproximadamente 4 %). Sin embargo, los impactos potenciales futuros del clima y de los cambios en el uso de la tierra podrían ser extensos y costosos para esta región. Además, la liberación de carbono a la atmósfera, como consecuencia de la deforestación masiva y continua, tendría la capacidad potencial de alterar el balance global del carbono. Por otro lado, algunos estudios sugieren que opciones de adaptación tecnológicamente simples podrían mejorar la capacidad de secuestro de carbono y también mejorar la productividad económica, en algunos ecosistemas.

Los bosques de América Latina, que ocupan aproximadamente el 22% del área de la región, y representan alrededor del 27% de la cobertura boscosa global, tienen una fuerte influencia sobre el clima local y regional, juegan un papel relevante en el balance global del carbono, contienen una parte importante de todas las especies vegetales y animales de la región y son económicamente muy importantes para los mercados nacionales e internacionales. Los estudios de vulnerabilidad indican que los ecosistemas boscosos de muchos países podrían ser afectados por los cambios climáticos proyectados (México, países del Istmo Centroamericano, Venezuela, Brasil y Bolivia). La deforestación de la selva pluvial del Amazonas probablemente impactaría negativamente en el reciclado de la precipitación a través de la evapotranspiración. Las lluvias podrían ser reducidas marcadamente, dando origen a importantes pérdidas de escurrimiento en áreas dentro y fuera de la cuenca.

Los pastizales cubren alrededor de un tercio de la superficie de América Latina. La productividad y las especies que componen los pastizales están directamente relacionadas con condiciones altamente variables de cantidad y distribución estacional de la precipitación y resultan afectadas sólo secundariamente por otras variables climáticas, con excepción de la persistencia de altas temperaturas en áreas

propensas a incendios naturales. Los pastizales de regiones templadas son vulnerables a la sequía, consecuentemente la producción ganadera caería drásticamente si la precipitación disminuyera sustancialmente o si el registro de temperaturas elevadas condujera a tasas incrementadas de evapotranspiración. El incremento de la frecuencia de eventos extremos probablemente tendría un impacto más grande que los cambios en los valores medios de la temperatura o la precipitación. La conservación de unidades de manejo de gran escala y de áreas protegidas puede ayudar a la migración y recolonización por parte de especies nativas en respuesta a las condiciones ambientales cambiantes.

Las cadenas y las mesetas montañosas juegan un papel importante en la definición del clima, ciclo hidrológico y biodiversidad en América Latina. Ellas son las fuentes de ríos caudalosos (p.ej. los ríos tributarios de las cuencas del Amazonas y del Orinoco), representan focos importantes de la diversificación y el endemismo biológicos y son altamente susceptibles a los fenómenos extremos. En América Latina, la criósfera está representada por glaciares en los Andes altos y por tres campos de hielo importantes en el sur de América del Sur. El calentamiento en las regiones de las altas cumbres podría conducir a la desaparición de importantes superficies de nieve y hielo. Además, los cambios en la circulación atmosférica derivados del Fenómeno ENOA y el cambio climático podrían modificar las cantidades de las nevadas produciendo un efecto directo sobre la renovación estacional del suministro de agua y los escurrimientos superficiales y subterráneos en las áreas al pie de las montañas. Esto podría potencialmente afectar a las actividades turísticas y deportivas, que representan una fuente de ingreso importante en algunas economías. Los glaciares se están fundiendo aceleradamente en los Andes venezolanos y peruanos; sin embargo, los glaciares mayores, en los Andes patagónicos, podrían continuar existiendo en el siglo XXII.

Aproximadamente el 35 % del total del agua continental mundial (agua dulce) se encuentra en América Latina. Sin embargo, su distribución dentro y entre los países es altamente variable. Los sistemas de agua dulce (es decir ríos, lagos, reservorios y humedales) y sus ecosistemas son potencialmente muy sensibles al cambio climático, y vulnerables a las fluctuaciones de corto tiempo del clima, tales como aquellas asociadas con el Fenómeno ENOA.

Los eventos extremos de precipitación podrían incrementar el número de casos de sedimentación de reservorios en los trópicos húmedos, mucho antes que su vida o duración de diseño haya sido alcanzada. Otras áreas afectadas por el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos podrían ser aquellas asociadas con los ecosistemas de agua dulce (es decir lagos, humedales interiores y sus respectivas biotas), incluyendo las pesquerías comerciales y de subsistencia. El cambio climático interactuará marcadamente con otros cambios antropógenos en el uso de la tierra, disposición de residuos y extracción de agua; los recursos hídricos regionales serán afectados cada vez más por las necesidades de una demanda que se incrementa para satisfacer las necesidades del crecimiento de la población y la economía, así como por el aumento de la temperatura. Pueden surgir conflictos entre usuarios, regiones y aún entre algunos países latinoamericanos en cuencas fluviales comunes. Los efectos del cambio climático sobre las demandas agrícolas de agua, particularmente para irrigación,

dependerán significativamente de los cambios en el potencial agrícola, los precios de la producción y los costos del agua.

La vulnerabilidad de los países latinoamericanos al cambio climático depende estrechamente de sus impactos sobre la disponibilidad de agua, como ha sido mostrado por estudios realizados con los auspicios del Programa de Estudios por País de los Estados Unidos (USCSP) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). Los cambios en las cantidades de precipitación tendrán consecuencias para la producción de energía hidráulica en Costa Rica, Panamá y en el oeste de Argentina. Durante las últimas décadas, los episodios ENOA condujeron a una reducción significativa del escurrimiento y, consecuentemente, a una mayor dependencia de la producción de energía térmica, especialmente en aquellas áreas que disponen de escasas alternativas energéticas. Las alteraciones del balance hidrológico debidas al cambio climático pueden afectar adversamente a los ya afectados sistemas de suministro y distribución de agua potable en las mayores ciudades y áreas rurales de América Latina. De acuerdo con los estudios de vulnerabilidad desarrollados con respecto a México y Perú, considerando los impactos combinados del calentamiento global y del crecimiento poblacional, en las próximas décadas podrían resultar fuertes reducciones en la disponibilidad de agua en ambos países. El monitoreo del ciclo hidrológico, los estudios de sensibilidad, el desarrollo de la planificación y el mejoramiento de las prácticas de manejo del agua son los elementos clave para hacer frente a la escasez de agua proyectada.

Los estudios de vulnerabilidad ante el aumento del nivel del mar han sugerido que países del Istmo Centroamericano, Venezuela y Uruguay podrían sufrir impactos adversos que conducirían a pérdidas de tierras costeras y biodiversidad, intrusión de agua salada y daños en las infraestructuras costeras. Los impactos serían probablemente múltiples y complejos, con implicaciones económicas importantes.

Las tierras agrícolas, excluyendo los pastizales, representan aproximadamente el 19% de la superficie de América Latina. En los últimos 40 años, la contribución de la agricultura al PIB de los países de América Latina ha sido del orden del 10%. Sin embargo, la agricultura es todavía un sector clave en la economía regional, ya que ocupa un segmento importante de la población económicamente activa (30 al 40%). También es muy importante para la seguridad alimentaria de los sectores más pobres de la población. Sobre la base de Modelos Generales de Circulación de la Atmósfera y modelos de cultivos, se han realizado estudios con respecto a la producción agrícola en Brasil, Chile Argentina y Uruguay, que proyectan la disminución de los rendimientos de varios cultivos (p.ej. cebada, viñedos, maíz, papas, soja y trigo), aún cuando se considera el efecto directo de la fertilización por CO₂ y la ejecución de medidas de adaptación moderadas, a nivel de granja. El calentamiento global incrementaría los impactos negativos de las enfermedades y pestes de animales y plantas, con efectos negativos adicionales sobre la producción.

Las alteraciones importantes en los ecosistemas latinoamericanos, resultantes de impactos del cambio climático, podrían tener el efecto potencial de dañar las probabilidades de subsistencia de granjeros y pueblos pastorales, quienes componen una gran proporción de la población rural en las planicies elevadas de los Andes y en las áreas boscosas tropicales y subtropicales.

Los cambios proyectados del clima podrían aumentar los impactos de las ya serias situaciones de malnutrición crónica y enfermedades que afectan a grandes sectores de la población de América Latina. La distribución geográfica de enfermedades transmitidas por vectores (p. ej. malaria, dengue o chagas) y de enfermedades infecciosas (p. ej. cólera) podrían expandirse hacia el sur y hacia alturas mayores si la temperatura y la precipitación aumentaran. La contaminación creciente y las altas concentraciones de ozono a nivel del suelo, agravadas por las temperaturas en superficie crecientes y por tasas mayores de radiación solar, tendrían el potencial de afectar negativamente a la salud y el bienestar, especialmente en áreas urbanas.

Aunque el cambio climático puede aportar beneficios en ciertas regiones de América Latina, el creciente deterioro ambiental a causa del mal uso de la tierra podría ser agravado por los impactos del cambio climático en la disponibilidad de agua y en las tierras de uso agrícola, como resultado de inundación costera, debido al aumento del nivel del mar y por inundaciones a lo largo de los valles de ríos y en tierras llanas. Los problemas socioeconómicos y de salud podrían resultar exacerbados, aumentando las migraciones masivas de las poblaciones rurales y costeras, e intensificando los conflictos nacionales e internacionales.

Para permitir que los responsables de tomar decisiones y otros individuos o grupos involucrados puedan comprender mejor sus consecuencias, obtener ventajas de sus beneficios potenciales y minimizar los impactos negativos, así como buscar opciones de adaptación adecuadas, serán necesarios esfuerzos adicionales de monitoreo, investigación y análisis de sensibilidad frente al cambio y la variabilidad climáticos. En este sentido, algunas prioridades específicas incluyen la organización y/o puesta al día de las redes de observación biogeofísica y sistemas de monitoreo, desarrollo de modelos regionales de circulación atmosférica, realización de análisis de sensibilidad de sectores claves —desde ecosistemas a infraestructuras— tanto cuanto más vulnerables aparezcan para cada país o subregión, así como el desarrollo de opciones de adaptación convenientes. Estos esfuerzos incluyen tanto la creación de nuevas tecnologías o la adaptación de tecnologías existentes generadas dentro o fuera de la Región. Al tomar estas medidas, las iniciativas de cooperación horizontal entre países de la Región y la asistencia de países de otras regiones del mundo, particularmente Canadá y Estados Unidos y, también países del hemisferio sur templado, que ya se hallan integrados en el Grupo de Valdivia, aparecen como opciones promisorias.

1. Características regionales

La región latinoamericana se extiende sobre un vasto espacio geográfico y ecológico, desde los subtrópicos del hemisferio norte hasta el extremo subpolar del subcontinente sudamericano, con su porción más grande ubicada en la zona tropical. La región consta de 20 Estados independientes y el territorio de la Guayana Francesa, Departamento francés de Ultramar (ver el recuadro 1 y Figura 1).

La parte norte de la región muestra los territorios de México y de los países del Istmo Centroamericano, con un relieve quebrado de cadenas de montañas, mesetas y altiplanos, depresiones poco profundas y numerosos valles incluyendo áreas desérticas (Baja California y Sonora) y semiáridas (tierras elevadas de México y llanos costeros). América del Sur está vertebrada por una cadena continua de montañas, de alrededor de 9.000 km de longitud: la Cordillera de los Andes. Los macizos de los Andes albergan glaciares y volcanes importantes así como un número de planicies elevadas. Estas han sido la cuna de antiguas civilizaciones y en la actualidad albergan las poblaciones rurales más grandes de la región. Tan destacada barrera orográfica y los extensos océanos que rodean a este subcontinente influyen grandemente al clima y a los usos de la tierra de la región. Las pendientes orientales de los Andes descienden hacia el este y, junto con las tierras elevadas de las Guayanas y el altiplano de Brasil, definen los hábitats de los llanos de Colombia y Venezuela y la selva pluvial del Amazonas, la selva húmeda más importante del mundo.

Las áreas biogeográficas mayores al sur de la selva amazónica son los ecosistemas de la zona boscosa Cerrado/Cerradinho y del Chaco y, más al sur, la región pampeana en Argentina. Desde la latitud de 40°S, extendiéndose hacia el sur está la meseta patagónica, una región de vastas planicies, de tipo estepario, que se elevan hacia el oeste desde alrededor de 100 m, sobre la línea costera, a unos 1.000 m en la base de los Andes, con una superficie de alrededor de 670.000 km². Otros ecosistemas importantes de la región son los de los valles de los Yungas, en Bolivia y los bosques tropicales y subtropicales de Paraguay, Brasil y Argentina. En las últimas décadas estos bosques han sido sometidos a fuerte presión antrópica, con el objeto de aumentar las áreas agrícolas. Por ejemplo, sólo el 4 % del bosque tropical que cubría el Paraguay Oriental fue conservado después de la mitad de los años 50. América

Tabla 1: Área de la cuenca del Amazonas

País	Cuenca (km ²)	Territorio nacional (en porcentaje)	Cuenca (en porcentaje)
Bolivia	824.000	75,0	11,2
Brasil	4.982.000	58,5	67,8
Colombia	406.000	36,0	5,5
Ecuador	123.000	45,0	1,7
Guyana	5.870	2,7	0,08
Perú	936.751	74,4	13,0
Venezuela	53.000	5,8	0,7
Total	7.350.621		100,0

Fuente: Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente del Amazonas (CDEA), 1982.

Recuadro 1. América Latina

Argentina	Guyana
Belice	Honduras
Bolivia	México
Brasil	Nicaragua
Chile	Panamá
Colombia	Paraguay
Costa Rica	Perú
Ecuador	Suriname
El Salvador	Uruguay
Guayana Francesa	Venezuela
Guatemala	

del Sur tiene también importantes humedales costeros e interiores con una biodiversidad elevada, la cual, sumada a sus ecosistemas subtropicales y templados representan la mayor reserva genética del mundo. El Anexo D provee información sobre el número de mamíferos, pájaros y especies vegetales con floración, conocidos y endémicos, de cada país de América Latina. Los humedales de agua dulce más importantes son los de El Pantanal (Brasil y Bolivia) e Iberá (Argentina). Estos humedales están asociados a la extensa cuenca del Río de la Plata (que abarca unos 5.1 millones de km²), cuyos principales ríos — Paraguay, Paraná y Uruguay — muestran una descarga de 79.400 m³/s. La integración con las cuencas del Orinoco (70.000 m³/s) y el Amazonas (180.000 m³/s) constituye el sistema de agua superficial mayor del mundo (329.400 m³/s), que suma aproximadamente el 35 % de la escorrentía global, cubriendo una superficie de 12 millones de km². Estos importantes sistemas fluviales podrían ser adversamente afectados por el cambio climático y el mal manejo de los ecosistemas asociados, particularmente debido a la deforestación continua y al deterioro, *inter alia*, de la capacidad de amortiguación de los humedales. La importancia de la cuenca del Amazonas está indicada en la Tabla 1. La Tabla 2 provee una estimación de las tasas de deforestación, por país, dentro de esta cuenca.

La superficie total de América Latina es, aproximadamente, 19,93 millones de km² y su población de alrededor de 446.2 millones de personas, con una distribución no uniforme y tasas de crecimiento desiguales (Anexo D). Aunque la urbanización es la mayor del mundo en desarrollo (73,6%), existen todavía países como Bolivia, Ecuador, Paraguay y algunos en América Central, que poseen una importante población rural. Los países con un alto porcentaje de su población instalado en ciudades y megalópolis son: México (75,2%), Venezuela (85,8%), Chile (84,4%), Argentina (88,3%) y Uruguay (94,6%); México Metropolitano, por ejemplo, tiene alrededor de 24 millones de personas y se espera que la población del Gran San Pablo, alcance los 23 millones de habitantes hacia el fin de siglo (*Libro del Año*, 1995; *Enciclopedia Británica*, 1996). Las condiciones socioeconómicas y educacionales varían marcadamente entre los países de América Latina. La pobreza está muy esparcida y puede ser agravada por el calentamiento global, como un factor adicional en el deterioro de la sostenibilidad de los ecosistemas, particularmente en áreas que muestran ya condiciones ambientales y socioeconómicas marginales.

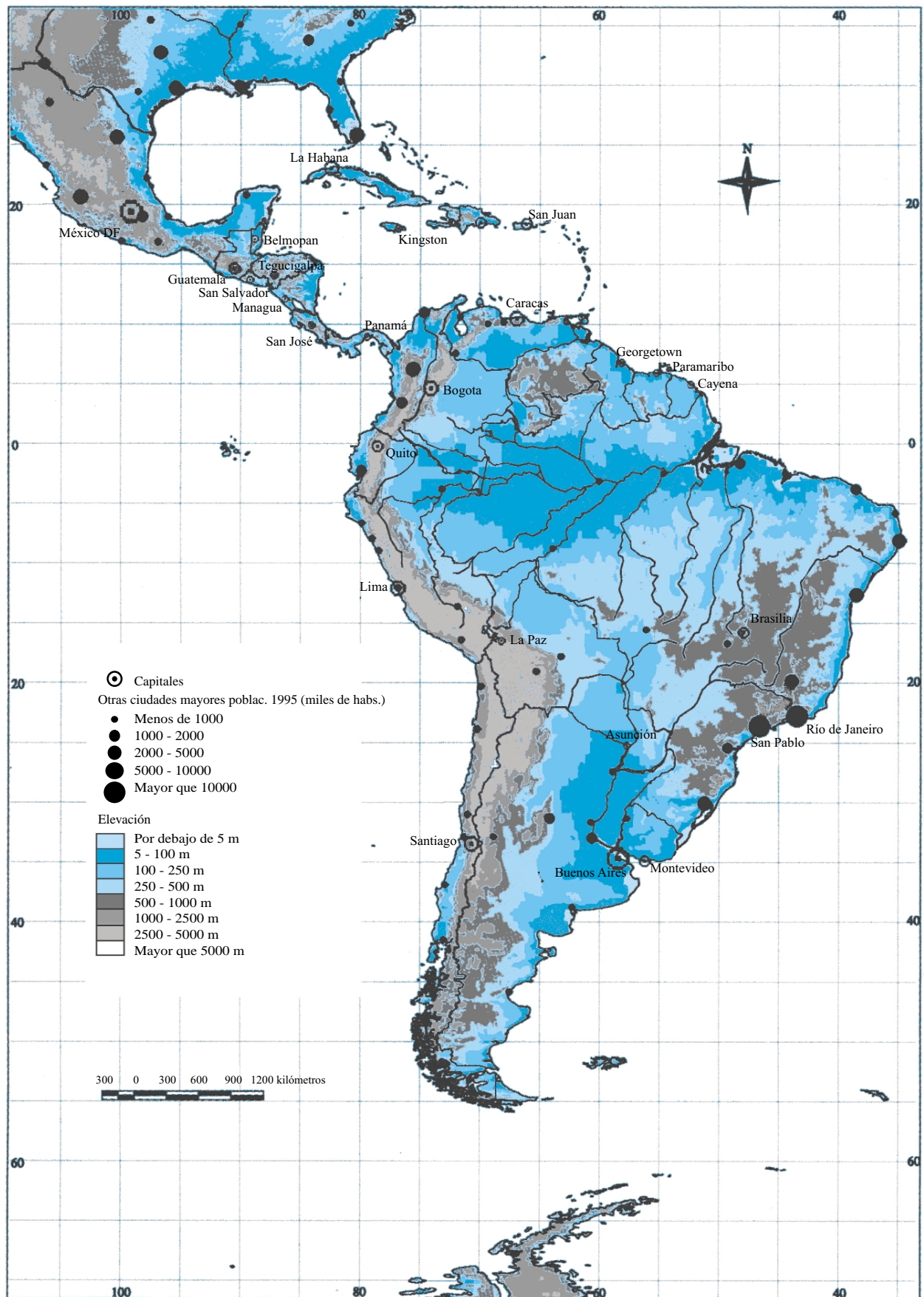


Figura 1: La región de América Latina [recopilado por la dependencia del Sistema de Información Geográfica del Departamento del Medio Ambiente del Banco Mundial; para la versión en color véase el Anexo E].

Tabla 2: Tasas estimadas de deforestación de la selva húmeda tropical de los países amazónicos, 1981–1990.

País	Selva húmeda restante en 1990 (millones de ha)	Tasa de deforestación (millones de ha/año)	Deforestación total 1981–1990 (millones de ha)	Deforestación total en 1981–1990 en porcentaje de la selva restante
Bolivia ¹	49.137	625	6.250	12,7
Brasil	291.597	1.012	10.120	3,5
Colombia	47.455	223	2.230	4,7
Ecuador	7.150	142	1.420	19,9
Guyana	13.337	0.0	0.0	0,0
Perú	40.358	114	1.140	2,8
Venezuela	19.602	147	1.470	7,5
Total	468.816	2.263	22.630	4,8

¹ Se dan aquí los datos sobre el área “total” de selva y la tasa de deforestación “total” de Bolivia, porque la FAO indicaba en su informe de 1993 que en Bolivia no existía una zona de selva húmeda tropical.

Fuente: FAO, 1993.

La contribución de América Latina a las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) es más bien baja (ver Recuadro 2). Principalmente como resultado de la producción de energía por medios térmicos. México es el único país latinoamericano en la lista de 15 países que son los contaminadores mayores en el mundo, representando aproximadamente el 2 % del carbono emitido por esos países (WRI, 1992). Una gran porción de las emisiones de América Latina se debe a la deforestación, principalmente relacionada con la ampliación de la frontera agrícola (Gay-García *et al.*, 1995; Lebre La Rovere 1995; Massera *et al.*, 1996; Perdomo 1996). En un análisis de país por país, sin embargo, la deforestación no es siempre la principal fuente de emisiones de GEI. Por ejemplo, las emisiones de carbono que resultan de la deforestación de los bosques tropicales y templados de México, han sido estimadas a una gama de 52.000 a 100.000 Gg por año (Massera *et al.*, 1996), lo que representa menos del 20% del total de las emisiones del país, según estimaciones de Perdomo (1996) (Ver Recuadro 2). Los Inventarios Nacionales de GEI, recientemente iniciados por la mayoría de los países de América Latina,

para responder a los requerimientos de la Convención Marco sobre Cambio Climático, de las Naciones Unidas (CMCC), permitirán muy pronto una mejor estimación de la situación real en esta Región, donde la disponibilidad de datos es aún inadecuada.

2. Información sobre el clima regional

2.1 Clima actual

Puesto que América Latina se extiende sobre un amplio rango de latitudes y posee importantes cadenas de montañosas de gran elevación, no es sorprendente que posea una gran variedad de climas. Aunque es el único continente austral que presenta latitudes altas, de todas maneras su extensión mayor se encuentra en la zona ecuatorial, de modo que las condiciones tropicales prevalecen sobre una gran parte de la Región. Las particularidades climáticas de gran escala en América Central y del Sur están definidas por la

Recuadro 2. Contribución de América Latina a las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI)

Los valores estimados de la contribución de los países de América Latina a las emisiones globales de GEI, en 1990, son del orden de 902.378 Gg de equivalente en dióxido de Carbono (alrededor de 4,28%), siendo México el mayor contaminador, seguido por Brasil,

País	Emisiones totales de GEI (Gg de CO ₂ equivalente)	Distribución porcentual		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Bolivia	69.987	78,6	21,0	0,4
Costa Rica	8.037	47,8	49,4	2,8
México	531.906	81,5	17,9	0,5
Perú	138.573	74,3	24,3	1,4
Venezuela	269.951	70,6	28,8	0,55

Argentina, Venezuela y, en grado menor, por Colombia y Chile (Perdomo, 1996, en base a información del Laboratorio Nacional de Oak Ridge). El análisis de las emisiones estimadas de cinco de los países respecto de los cuales se dispone ya de información detallada, han mostrado que la mayor parte de las emisiones están relacionadas con el sector energético en México, Venezuela y Costa Rica y con los cambios en el uso de la tierra en Perú y Bolivia. Las emisiones de metano, especialmente de la fermentación entérica y de excrementos animales, ocupan el segundo lugar en la mayoría de los casos (Perdomo 1996).

circulación atmosférica predominante y sus características geomorfológicas. Los rasgos principales de la circulación son una baja presión relativa en el cinturón ecuatorial (10°N a 10°S) junto con las células cuasipermanentes de alta presión sobre los océanos Atlántico Norte y Sur así como el Pacífico Sudeste y el cinturón de baja presión que definen el flujo en dirección oeste sobre la porción sur del subcontinente Sudamericano. México y América Central están también afectados por la penetración de frentes fríos y por los ciclones tropicales sobre los océanos Atlántico y Pacífico, mientras que la costa atlántica de América del Sur está generalmente libre de tormentas tropicales de gran intensidad.

El desarrollo de una baja térmica, localizada entre los 20° y 30°S, sobre las tierras elevadas y secas al este de los Andes, introduce una configuración de circulación monsonal, que produce precipitaciones estacionales sobre el elevado altiplano andino e influencia la posición de la zona intertropical de convergencia en la región.

América Latina está caracterizada principalmente por condiciones tropicales húmedas; sin embargo, hay áreas importantes, como el nordeste de Brasil, sometidas a sequías e inundaciones, mientras que otras están afectadas por heladas, todas ellas con un impacto negativo sobre la producción agrícola (Magalhaes y Glantz, 1992).

La circulación atmosférica y las corrientes oceánicas frías influyen marcadamente al tiempo y al clima de la parte sur de la Región, dando origen a los desiertos del Perú, Atacama y Patagónico, con una precipitación anual por debajo de los 100 mm. La corriente oceánica fría de Humboldt, que fluye hacia el norte a lo largo de la costa oeste de América del Sur, lleva a las costas de Ecuador, Perú y Chile las grandes masas de fitoplancton que se originan en el océano Antártico, las que soportan una de las pesquerías más grandes del mundo. Este proceso es interrumpido por el desplazamiento de la corriente de Humboldt hacia el oeste y la irrupción (advección) de aguas más cálidas debido al debilitamiento de los vientos del este en superficie (el Fenómeno *El Niño*), con el resultado de condiciones adversas para las actividades pesqueras.

2.2 Tendencias en el clima

Las tendencias climáticas durante el último siglo han sido investigadas por la mayoría de los países que poseen la cantidad de información suficiente (datos instrumentales y sustitutos (“proxy”) confiables). También se dispone de estudios sobre los valores medios y extremos de temperatura, humedad y precipitación, para distintas regiones de América Latina y distintos períodos de tiempo.

Algunos de estos estudios revelan un calentamiento significativo en el extremo sur de la Patagonia, al este de los Andes, que afectan a los máximos y mínimos y a los valores medios diarios, con incrementos, en cada una de estas variables mayores a 1°C. De acuerdo con algunos investigadores, al norte de alrededor de los 42°S no se ha observado calentamiento. Este comportamiento es consistente con los valores de la tensión de vapor y precipitación que, al norte de los 40°S, han aumentado a partir de 1940 (Hoffmann *et al*, 1996).

Estudios similares realizados en Chile indican que la temperatura media en superficie no mostraba incremento alguno hasta el 1900, pero desde entonces hasta 1990, las temperaturas del hemisferio sur se incrementaron con una tasa bastante constante, en 0,4°C (Rosenbluth *et al*, 1996). Estos autores han informado que sobre la mitad sur del territorio de Chile hubo un enfriamiento significativo, en 1991 y 1992, en coincidencia con las erupciones volcánicas del Pinatubo y el Hudson (junio y agosto de 1991, respectivamente), debido al efecto de aerosoles sulfurosos en la estratósfera.

Un análisis de tendencias de 81 series de precipitación en América Central (Brenes-Vargas *et al*, 1994) muestra que los cambios en la circulación general influyen sobre las cantidades de precipitación y, consecuentemente, en la disponibilidad de agua en el Istmo, con los problemas concomitantes en la producción de energía hidroeléctrica, como se informa en la sección de recursos hídricos.

Además, al analizar las causas de las tendencias de las precipitaciones en la parte sur de América del Sur, al este de la Cordillera de los Andes, se ha observado que la precipitación media anual en la Pampa Húmeda ha aumentado de aproximadamente el 35 %, en la última mitad de este siglo (Castañeda *et al*, 1994, Forte Lay *et al*, 1989).

Las tendencias en la precipitación anual, dada en porcientos, y de la temperatura media anual, dada en grados centígrados cada cien años, están dadas en el Anexo A “Regional Trends and Variations of Temperature and Precipitation” (Karl, 1997).

2.3 Variabilidad climática

Variabilidad climática significa la alternancia entre el “clima normal” y un conjunto diferente aunque recurrente de condiciones climáticas, sobre una región dada del mundo. En América latina, la variabilidad climática está relacionada, entre otras cosas, con la Oscilación Austral (OA) y el fenómeno *El Niño* (EN). Estudios sobre los efectos de la OA, efectuados a través de un índice de la OA (IOA), han mostrado la conexión con los campos de presión, temperatura y precipitación, así como con anomalías hidrometeorológicas, p.ej. descargas de ríos y registros de niveles de lagos (Aceituno, 1987).

Entre las anomalías relacionadas con la OA sobresale la bien documentada tendencia a condiciones anormalmente húmedas a lo largo de la costa norte del Perú y sur de Ecuador, durante los episodios de *El Niño* (Rasmusson y Carpenter, 1982) zona árida en condiciones normales. La relación entre la OA y las anomalías pluviales en el nordeste de Brasil ha sido reconocida desde hace mucho tiempo (Walker, 1928; Doberitz, 1969; Caviedes, 1973; Hastenrath, 1976; Kousky *et al*, 1984). Las anomalías pluviales relacionadas con la OA en la América del Sur extratropical han sido documentadas primariamente para Chile Central (Rubin, 1955). Se nota una tendencia a que la precipitación sobre Chile subtropical sea excepcionalmente abundante durante los años de *El Niño*. Esta relación es consistente con la correlación negativa significativa entre las diferencias de presión en Tahití menos la correspondiente a Darwin y la precipitación anual en Chile Central (Pittock, A.B., 1980) y con la acumulación de nieve en los Andes meridionales (Cerviny *et al*, 1987). Las lluvias en el área

Centroamérica-Caribe están también relacionadas con la OA, como es revelado por la tendencia a las condiciones de sequía durante episodios cálidos fuera de la costa Peruana (Hastenrath, 1976).

El intenso episodio *El Niño* en 1982-83, coincidente con un período de marcada fase negativa de la OA, estuvo asociado con condiciones climáticas extremas en varias partes de América del Sur. Se dan como ejemplos el régimen convectivo asociado con las inundaciones registradas en el norte del Perú (Horel y Cornejo-Garrido, 1986); las sequías registradas en el noreste de Brasil (Rao *et al*, 1986) y las importantes anomalías en la precipitación y la circulación sobre América del Sur (Nobre y De Oliveira, 1986; Minetti *et al*, 1995).

Durante los decenios recientes, la influencia del Fenómeno ENOA sobre la variabilidad interanual en el tiempo y el clima en América del Sur ha sido materia de investigación de otros autores (Berlage, 1966; Burgos *et al* 1991; Santibañez y Uribe, 1994; Dickinson *et al*, 1996; Vargas *et al*, 1995).

Durante los años ENOA, la precipitación en algunas áreas del norte de América del Sur es menor (Aceituno, 1988), aumentando la probabilidad de sequía. También puede conducir a mayores precipitaciones y temperaturas del aire, como en los desiertos costeros del Perú y Chile (Caviedes, 1984).

Además, los episodios ENOA están relacionados con fluctuaciones masivas en los ecosistemas marinos sobre el sur de los océanos Pacífico y Atlántico con consecuencias socioeconómicas adversas para la pesca comercial y la producción de harina de pescado en Chile, Perú, Brasil y Argentina (Pauly *et al*, 1987, 1989; Yañez, 1991; Bakun, 1990; Pauly y Tsukayama, 1987, Sharp y McLain, 1993).

Los registros de la precipitación en los países del Istmo Centroamericano muestran una importante reducción en la precipitación durante el período del ENOA, particularmente a lo largo de la vertiente del Pacífico. Esta reducción afecta considerablemente las actividades y sectores económicos más importantes, en estos países (Campos *et al*, 1996).

No está claro si el fenómeno ENOA podría cambiar con el calentamiento global a largo plazo ni cuales serían las consecuencias de fuentes de variabilidad climática yuxtapuestas sobre los sistemas terrestres; sin embargo, los efectos de ENOA han sido utilizados por los científicos regionales para definir escenarios reales que podrían ser útiles como analogías para el cambio climático y para el estudio de las respuestas potenciales de los países y los sectores afectados (Campos *et al*, 1996).

2.4 Cambio climático

El Anexo B suministra información sobre el progreso hecho con corridas transitorias con Modelos Generales de Circulación Atmósfera-Océano (MGCAO) que permiten, dentro de ciertos límites y con la disponibilidad de datos complementarios confiables, proyecciones climáticas a una escala regional. También provee información sobre

distintas técnicas de regionalización, recientemente desarrolladas y probadas para mejorar la por ahora baja resolución en la simulación regional de cambio climático. Sin embargo, las regiones identificadas para este tipo de simulación no incluyen a América Latina.

Whetton *et al* (1996) analizaron la capacidad de resolución de modelos en América del Sur, con el objeto de evaluar tanto la habilidad de los Modelos de Circulación General (MCG) para reproducir las características climáticas clave del Hemisferio Sur como las falencias más importantes en su capacidad de simulación. Los autores consideraron varios experimentos de “capa de mezcla del océano”, y varios experimentos “acoplados” o “dinámica completa del océano”. La correlación entre los valores medios anuales de la precipitación, modelados y observados, sobre la región varían de 0,35 a 0,70 en las corridas de MCG de capa mezclada; se encontraron correlaciones ligeramente más altas en los experimentos climáticos con MCG acoplados.

Se llevó a cabo una comparación de experimentos climáticos de efecto invernadero sobre América del Sur y los océanos adyacentes (Labraga, 1997; Labraga *et al* 1997). Los incrementos de la temperatura media simulados en experimentos de capa mezclada en equilibrio, variaron entre 1,5°C y 4,0°C, mientras que en experimentos transitorios con MCG acoplados los incrementos de la temperatura media simulados variaron entre 1,2°C y 1,7°C, en el momento de la duplicación del contenido de CO₂. De acuerdo con los resultados de cinco MCG acoplados, las temperaturas en la zona semiárida de Chile central y del centro oeste de Argentina, durante el verano del Hemisferio Sur, fueron simuladas con incrementos de 1°C a 3°C, cuando se llega al doble del contenido de CO₂. Durante la misma estación, y de acuerdo con los mismos experimentos, se estima que la precipitación en el área va a decrecer entre el 10% y el 15% por grado de calentamiento global. Hay consenso entre los modelos en que la zona semiárida subtropical experimentará condiciones secas intensificadas y extendidas. Además, todos los MCG acoplados proyectan aumentos en la precipitación en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) en Pacífico ecuatorial oriental y en la parte noroeste del continente, en la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS), en la parte oriental de Brasil y el Océano Atlántico adyacente, y en el extremo sur del continente.

Las figuras 2 y 3 reproducen mapas que muestran los cambios estacionales en las temperaturas en superficie y la precipitación, según son proyectadas por experimentos con MGCAO acoplados, realizados en el Instituto Max Planck (MPI, Alemania) y en el Bureau del Centro de Investigación Meteorológica (BMRC, Australia) (SIE GTI, Tabla 3, 1996).

Debido a la gran variabilidad climática de esta Región y reconociendo las limitaciones actuales de los MCG en la simulación climática regional, en América Latina, muchos estudios para la estimación de la vulnerabilidad han considerado a los MCG como una herramienta para obtener escenarios de referencia, para realizar algunos análisis de sensibilidad referente a diferentes cultivos en sitios específicos y para recursos hídricos en cuencas específicas. Estos análisis incluyen el conocimiento detallado del clima local, fundado en datos reales suficientes y confiables y en datos “proxy” o sustitutivos, correctamente evaluados. Un buen ejemplo de este tipo de aproximación al problema

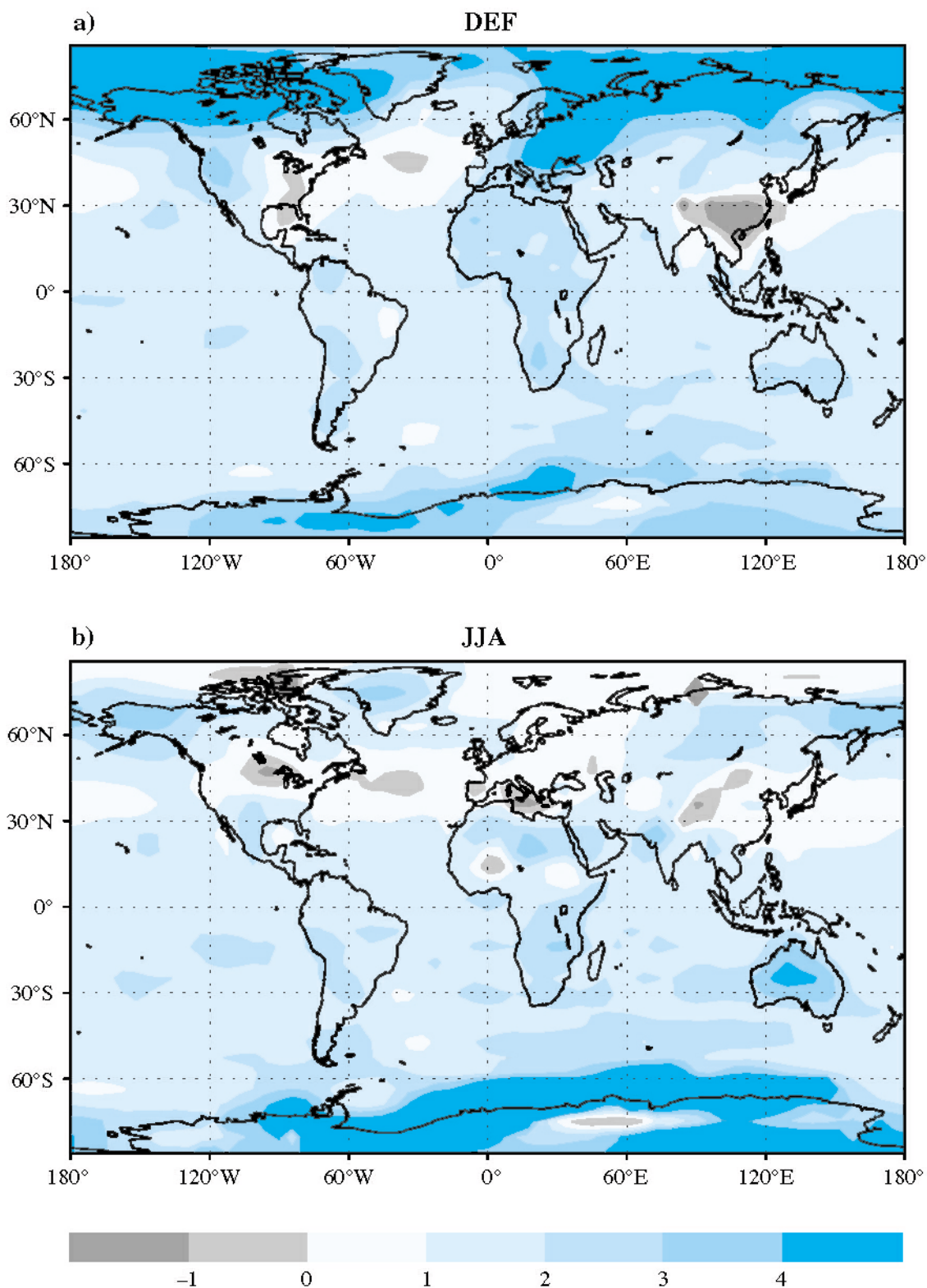


Figura 2: Cambios estacionales en las temperaturas de superficie de 1880–1889 a 2040–2049 según simulaciones con efectos de aerosoles acoplados. Curvas cada 1°C (IPCC 1996, GT I, Figura 6.10) (para la versión en color véase el Anexo E).

está dado en un estudio titulado *Global Warming and Climate Change in México* (Liverman y O'Brien, 1991), en el cual los autores destacan la importancia de tomar conocimiento de las diferencias entre las proyecciones del modelo climático y entre las simulaciones del

modelo y el clima observado, porque estas diferencias subrayan las incertidumbres involucradas en las evaluaciones de los impactos regionales del calentamiento global. Un espectro de posibles resultados es captado usando los resultados de diferentes MCG y realizando

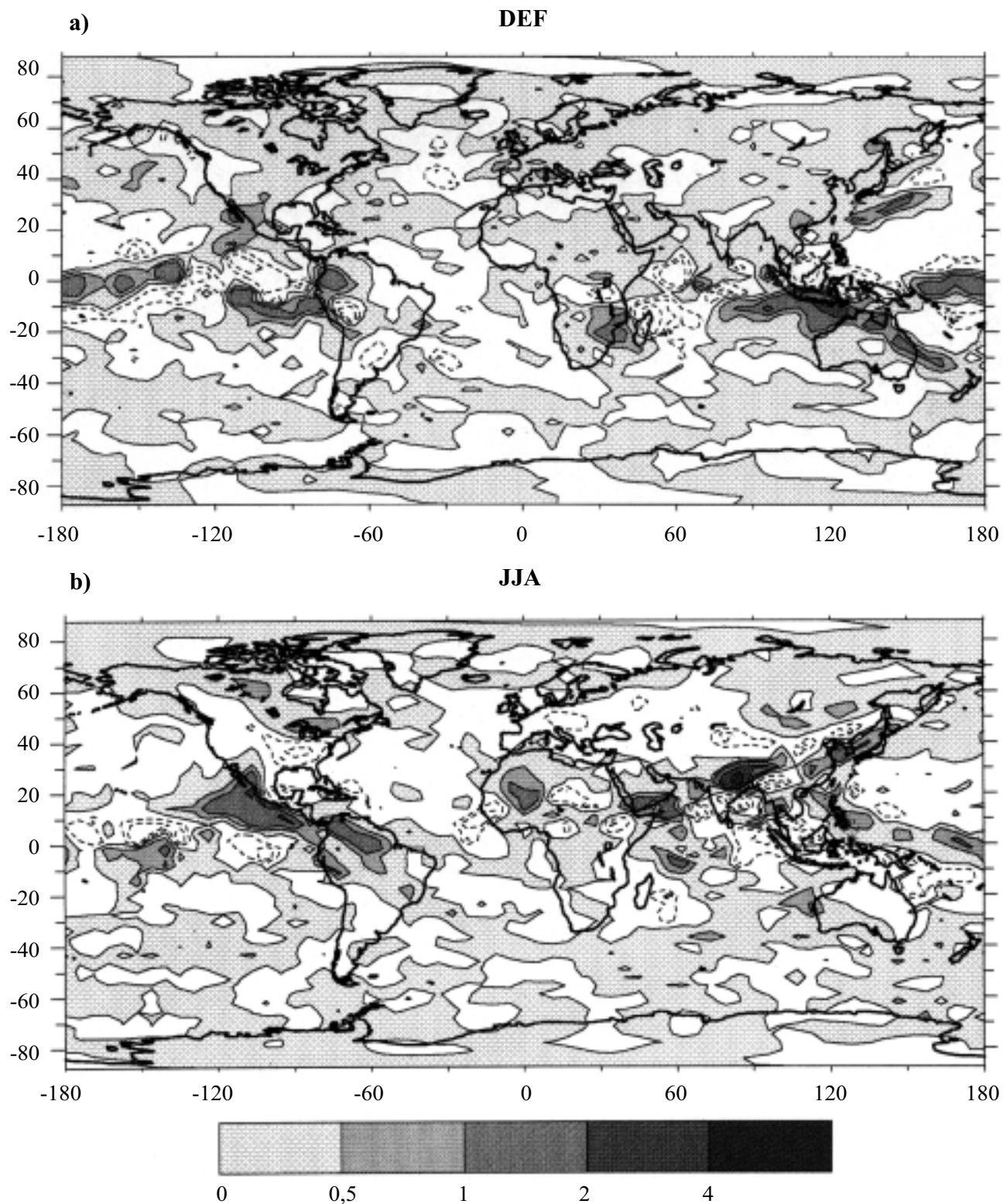


Figura 3: Cambios estacionales de la precipitación en el momento de la duplicación de CO_2 tras un aumento del 1% anual. Curvas a $\pm 0,5$, 1, 2, y 4 mm/por día; curvas negativas en línea discontinua y zonas de aumento en línea punteada (IPCC 1996, GT I, Figura 6.11).

un análisis de sensibilidad de los resultados. Algunas de las conclusiones alcanzadas están dadas en los capítulos pertinentes, que también proveen otra información sobre la vulnerabilidad e impactos que pueden afectar a sistemas naturales y manejados, así como a la salud

humana en América Latina, resultantes del calentamiento de la Tierra. En este contexto, es altamente importante tomar en cuenta que el cambio climático es sólo una entre otras causas conducentes a los cambios que están siendo observados en estos sistemas, durante las

últimas décadas. En efecto, muchos factores, tales como el acceso limitado a la tecnología, la escasa capacidad de investigación, la crisis económica, la desigualdad social y el crecimiento poblacional pueden dar origen a efectos mayores que los que puedan resultar del calentamiento de la Tierra.

3. Sensitividad, adaptabilidad y vulnerabilidad

Como se ha indicado antes, el clima es sólo una de las causas conducentes al cambio global. Como ocurre cuando hay causas de naturaleza múltiple, diferentes tensiones pueden prevalecer en situaciones diferentes. En este sentido, la vulnerabilidad de ciertos sistemas y actividades, tales como regiones de montaña, con cobertura de hielo/nieve; las áreas costeras bajas; la agricultura; el manejo de recursos hídricos y la generación de hidroenergía así como la salud humana, están reconocidas como vulnerables, dentro de los escenarios proyectados del cambio climático. Además, el cambio climático puede empeorar algunos de los problemas ya existentes, como la desertificación, la disponibilidad de agua dulce (en ciertas regiones) y dar lugar a nuevos problemas, como la expansión de los rangos geográficos y altitudinales de algunas enfermedades humanas. El calentamiento de la Tierra puede también resultar en algunos beneficios, como el mejoramiento de la agricultura a gran altitud y reducciones en los efectos de las enfermedades típicas del invierno. A este respecto, políticos y decisores necesitan estar informados sobre la vulnerabilidad y adaptabilidad de ecosistemas y actividades en sus países y en su región, así como en el mundo, para diseñar e implementar iniciativas de desarrollo sostenible, que aprovechen las ventajas de los cambios climáticos beneficiosos y para desarrollar estrategias relativas a sus intercambios comerciales internacionales, a la luz de las diferencias del impacto del cambio climático en el mundo.

En lo que respecta a la evaluación de los impactos del cambio climático sobre diferentes sectores económicos, las proyecciones climáticas en escalas concernientes a los sectores de producción y la gestión, es todavía inadecuada, como se indica en el mencionado Anexo B. La resolución de los MCG actuales es demasiado baja cuando se trata de hacer cualquier proyección confiable o análisis costo/beneficio de posibles opciones de adaptación para países aislados de América Latina. Sin embargo, para algunos casos hay técnicas de reducción de escala y otras técnicas disponibles, que hacen posible el uso de productos de los MCG y se están desarrollando ya modelos regionales convenientes para análisis de impacto y vulnerabilidad en esta Región.

Los mayores impactos del cambio del clima serán probablemente experimentados por los ecosistemas naturales y los sectores vinculados a la producción primaria, tales como agricultura, ganadería y pesca. Los recursos hídricos están en riesgo en muchas áreas. La salud y los asentamientos humanos, especialmente en las costas bajas y en áreas marginales desde el punto de vista ambiental y socioeconómico, son también vulnerables. Se espera que los impactos sean menos severos en el caso de la industria, el transporte y la infraestructura, fuera de áreas con tendencia a ser inundadas. Sin embargo, un aumento de la frecuencia y/o la severidad de los sucesos extremos pueden también afectarlos.

4. Ecosistemas terrestres

Virtualmente todos los tipos de ecosistemas mayores están presentes en América Latina (Figura 2). Ellos están caracterizados por su gran diversidad de especies y ecosistemas. Algunos países de América Latina, tales como Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela están entre las más ricos del mundo, en términos de especies vegetales y animales (véase el Anexo D, y también WRI 1990-1991; LAC CDE, 1992). Los biomas boscosos incluyen las selvas tropicales lluviosas, tales como la selva Amazónica, y otras selvas tropicales en México oriental, América Central y norte de América del Sur, así como la comprometida Mata Atlántica, en Brasil. Hay, también, importante sectores de bosques tropicales caducos en Yucatán y la vertiente del Pacífico en América Central, Venezuela y Ecuador, y sobre la costa del Brasil desde alrededor de 7°S hasta el Trópico de Capricornio. Los bosques caducos de latitudes medias, o bosques templados, están establecidos sobre las elevaciones bajas de las montañas costeras, en el sur de Brasil y de Chile, y, en menor extensión en el sur de Argentina, en el área de pie de montaña de los Andes patagónicos. Los bosques australes están localizados en el extremo sur del subcontinente y sobre la Isla de Tierra del Fuego. Los pastizales, matorrales y desiertos, que son los ecosistemas más extensos de la Región, se encuentran en las costas Mexicanas del Pacífico y en las costas caribeñas de Venezuela, Noreste del Brasil, y en las áreas interiores entre Bolivia y Brasil. El ecosistema del Gran Chaco está ubicado entre Bolivia, Paraguay y Argentina. El bioma chaparral está localizado sobre la costa de Chile central. Los pastizales de latitudes medias ocupan extensas áreas en Argentina central y oriental, el sur de Brasil y Uruguay. Los pastizales tropicales y las sabanas están presentes en América Central, las Guayanas, Venezuela, Colombia, Brasil, Paraguay y Argentina. Los matorrales áridos ocupan el oeste de Argentina y la Patagonia y las áreas hiperáridas están localizadas a lo largo de la costa oeste de Perú y norte de Chile, así como en el sur de Bolivia y el noroeste de Argentina. La Región incluye prácticamente el 23% de la tierra potencialmente arable, 12% de las tierras de cultivo actuales, 17% de todas las pasturas (Gallopin *et al*, 1991). La Tabla 3 muestra el área superficial de diferentes biomas y la Tabla 4 provee información sobre la cobertura vegetal actual, en América del Sur, basada en imágenes satelitales (Stone T.A. *et al* 1994).

La biomasa cubre alrededor del 15% de la energía usada en el mundo y el 38 % de la energía utilizada en los países en desarrollo. Pero, en América Latina, la mayor parte de la biomasa es utilizada ineficientemente, principalmente para cocina y calefacción, y muy a menudo de la misma manera en que ella ha sido usada por milenios (Velez *et al*, 1990). La biomasa puede también ser convertida en fuentes modernas de energía, tales como los combustibles líquidos y gaseosos y electricidad, que pueden ser ampliamente utilizados en comunidades más acomodadas (véase el capítulo 6.9) y tiene otros numerosos beneficios para países en desarrollo. Su uso extendido para la producción de energía puede proveer las bases para el desarrollo rural y la disponibilidad de empleo, en países en desarrollo, considerando que los sitios para las plantaciones en estos países son áreas deforestadas y tierras degradadas de otro origen. Los beneficios de la venta de las cosechas de biomasa cultivadas en plantaciones establecidas en tierras degradadas puede ayudar a financiar la restauración de estas tierras.



Figura 4: Principales biomas de América Latina [recopilado por la Dependencia del sistema de información geográfica del Departamento de medio ambiente del Banco Mundial; para la versión en color véase el Anexo E].

Vulnerabilidad de los ecosistemas

La vulnerabilidad previsible de los ecosistemas terrestres ante el cambio climático es alta. Los fenómenos extremos, cuya frecuencia ha

crecido desde el fin del último siglo (Karl 1995) serán probablemente más destructivos que los cambios en los valores medios de las variables climáticas. Modelos biogeográficos, usados sobre la vegetación y los procesos ecofisiológicos e hidrológicos, y sus proyecciones de futuros

Tabla 3: Superficie de los diferentes biomas de América del Sur.

Bioma	Superficie (km²)	Porcentaje
Selva húmeda tropical y bosque húmedo tropical semicaducifolio	5.858.100	33,13
Tierras arboladas de especies caducifolias estacionales (por ejemplo, Chaco en Argentina y Cerrado en Brasil)	2.300.100	13,01
Sabana/Pastizales y praderas	2.296.900	12,99
Bosque secundario estacional con actividad agrícola	979.000	5,54
Monte caducifolio frío (especialmente en Argentina)	905.000	5,40
Tierras arboladas (vegetación xerófila) (bosque de espinos o caatinga en Brasil)	437.200	2,47
Bosque caducifolio o estacional tropical	366.500	2,08
Agricultura	353.000	2,00
Bosque húmedo tropical recientemente talado	342.700	1,94
Desierto	278.900	1,58
Sin clasificar	275.800	1,56
Pastizales de montaña degradados (especialmente en Bolivia y Perú)	271.509	1,54
Tierras arboladas de especies caducifolias estacionales degradadas	266.700	1,51
Pastizales de montaña, tundra o pastizales polares	263.200	1,49
Tierras arboladas de vegetación xerófila, degradadas (espinos)	233.000	1,32
Bosque secundario en la región de la selva húmeda tropical	220.800	1,25
Vegetación húmeda (generalmente combinación de agua y vegetación)	212.900	1,20
Combinación de pinos con bosque secundario y agricultura (sur de Brasil)	190.300	1,08
Pastizales degradados o pastizales con actividad agrícola	184.100	1,04
Tierras arboladas de especies caducifolias, frías	173.800	0,98
Tierras arboladas de montaña degradadas	166.500	0,94
Aguas abiertas	163.200	0,92
Bosque templado caducifolio	121.600	0,69
Tierras arboladas de montaña	120.800	0,68
Monte bajo de vegetación xerófila	115.400	0,65
Tierras bajas inundadas en la estación de las lluvias (pantanal, Bolivia y Brasil)	81.800	0,46
Bosque claro tropical mixto	77.000	0,44
Bosque caducifolio frío	66.600	0,38
Bosque de montaña	64.100	0,36
Marisma de aguas interiores	52.700	0,30
Nieve y roca	45.400	0,26
Bosque estacional tropical degradado	39.200	0,22
Bosques de ribera tropicales	38.300	0,22
Bosque caducifolio templado degradado	29.200	0,17
Bosque húmedo tropical con bambú (en acre (Brasil), y en Bolivia)	13.600	0,08
Manglares	4.300	0,02
Suelo desnudo y roca	3.500	0,02
Regiones urbanas	2.200	0,01
Vegetación litoral xerófila (costa venezolana)	700	0,00
Bosque de montaña degradado	0	0,00
Total	17.680.200	100,00

Fuente: Stone *et al.*, 1994.

escenarios, han permitido la simulación de los cambios en la distribución de la vegetación, en un mundo rico en CO₂. El Anexo C, preparado por R. P. Neilson y I. C. Prentice (1997), describe los modelos biogeográficos MAPSS (Nielson 1995) y BIOME 3 (Haxeltine y Field, 1996), que, bajo distintos escenarios, han sido puestos en práctica para la región latinoamericana. Bajo la mayoría de los escenarios, el índice de área de hojas (*leaf area index* — LAI: un indicador de la cantidad de vegetación que puede vivir sobre la superficie del suelo)

decrece o permanece constante sobre el SE y el NW de Brasil, NE de Argentina, y Uruguay, mostrando un decrecimiento débil sobre el centro de Brasil. La escorrentía decrece o permanece constante sobre la porción sur de América del Sur. Debe destacarse que estos modelos están basados en la vegetación potencial exclusivamente y que sus proyecciones no incorporan los cambios en el uso de la tierra. En la actualidad, algunas prácticas del uso de la tierra son la mayor amenaza y sus efectos tienen la probabilidad de ser más severos que los

Tabla 4: Tipos generales de cubierta vegetal en América del Sur, por país

País	Bosque denso húmedo tropical	BHT reciente- mente degradado	Bosque denso	Bosque denso degradado	Tierras arbo- ladas	Tierras arboladas degradadas	Sabana pasti- zales	Montes bajos	Desierto, suelo desnudo	Agua	Nieve, roca, hielo	Otros
Argentina	1,2	0,0	96,8	0,0	645,4	15,2	755,4	1 126,8	37,9	34,0	31,4	35,7
Bolivia	323,5	12,7	409,2	24,6	345,1	102,2	87,7	91,0	16,5	11,0	1,4	
Brasil	3 522,3	519,7	3 686,0	1 692,2	1 555,9	330,0	740,0	179,4	0,0	80,9	0,0	124,0
Chile	0,0	0,0	134,1	29,1	75,2	29,6	101,1	100,9	186,8	7,0	16,6	3,8
Colombia	581,6	5,4	622,5	11,4	116,3	14,5	255,5	64,0	0,0	3,1	0,0	22,8
Ecuador	115,5	1,7	121,0	1,7	33,7	4,3	41,9	16,5	2,5	0,6	0,0	0,8
Guayana Francesa	78,8	0,0	79,8	2,4	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0
Guyana	150,4	2,0	171,6	2,4	5,4	0,3	18,4	1,5	0,0	1,2	0,0	3,7
Paraguay	0,3	0,0	8,0	0,2	209,1	50,7	104,0	26,5	0,0	0,6	0,0	1,1
Perú	620,8	19,1	654,7	10,1	88,0	78,8	139,0	161,7	88,0	8,3	0,7	5,6
Suriname	136,0	2,5	128,5	10,0	0,5	0,3	1,2	0,4	0,0	1,1	0,0	3,3
Uruguay	0,0	0,0	2,1	0,0	0,9	0,0	154,1	11,0	0,0	3,0	0,0	5,9
Venezuela	370,1	0,2	415,5	0,0	33,9	40,2	243,3	109,2	0,0	11,4	0,0	8,4
Total	5 908,5	563,4	6 530,7	1 803,7	3 109,8	666,9	2 642,0	1 889,0	331,7	163,2	48,9	217,2

Notas: Todos los valores se expresan en miles de kilómetros cuadrados; hay 314.200 km² sin clasificar; el FMI incluye los bosques húmedos tropicales, de especies semicaducifolias, y de ribera; "pastizales" incluye los inundados estacionalmente; "bosque denso" incluye los bosques húmedos tropicales, los bosques de montaña, los bosques de especies caducifolias templados y fríos y los bosques estacionales tropicales; "montes bajos" también incluye los pastizales de sabana degradados y la agricultura; "desierto y suelo desnudo" incluye las marismas; y "otros" incluye la vegetación húmeda y los manglares.

Fuente: Stone *et al.*, 1994.

correspondientes al cambio climático (Brinkman y Sombroek, 1996). En estudios realizados en Costa Rica y Nicaragua (Halpin *et al.*, 1995), se ha observado que podrían ocurrir desplazamientos potenciales de zonas climáticas, asociadas con tipos de vegetación particulares, en esos países. Los impactos combinados del cambio climático y de las prácticas del uso de la tierra, así como una creciente variabilidad climática en la escala interanual, podrían imponer grandes tensiones sobre estos sistemas. Por ello, el diseño y la implementación de medidas de adaptación es de primordial importancia para enfrentar esos impactos combinados.

4.1 Bosques

Los bosques tropicales representan alrededor del 40% del área boscosa del mundo y contiene alrededor del 60% de la biomasa de los bosques del mundo. Los bosques tropicales de América Latina representan alrededor del 22% de la cobertura global de bosques, tienen una fuerte influencia sobre el clima local y regional (Salati y Vose 1984; SIE GT II, Sección 1.4), juegan un papel significativo en el balance global del carbono (Dixon *et al.*, 1994, Brown, 1996) y contienen una porción remarcadamente grande de todas las especies vegetales y animales del mundo (véase el Anexo D, y también Bierregard *et al.* 1992; Maberley 1992, Myers 1992; Riede.1993).

Además, los bosques tropicales y subtropicales de América Latina son económicamente muy importantes, pues suministran productos comerciales para los mercados nacionales e internacionales. Una

gran cantidad de personas basa sus actividades en estos negocios; muchos otros, en particular los indígenas, subsisten principalmente de los productos de los bosques no captados por el mercado. Los bosques templados de América del Sur, con una extensión mucho menor, son importantes para las economías de exportación de Chile y, en un orden menor, de Argentina (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 15.4.3).

Vulnerabilidad e impactos

La cobertura boscosa de América Latina ha declinado de 992 millones de ha, en 1980, a 918 millones de ha, en 1990, con una tasa de deforestación anual del 0,8% durante este período. La deforestación media anual se elevó de 5,4 millones de ha en 1970 a 7,4 millones de ha en 1990 (FAO 1993). La deforestación en los bosques tropicales ha sido del 0,9% en el mismo período (de 826 millones de ha en 1980 a 753 millones de ha en 1990) (PNUMA 1992). Los bosques tropicales de la costa del Pacífico, en América Central, en una oportunidad cubrieron 55 millones de ha pero actualmente sólo resta el 2%, aunque países como Costa Rica han preservado y protegido algunos de sus bosques, bajo el status de parque nacional o reserva. De manera similar, los bosques Atlánticos de Brasil (también marginalmente presentes en Paraguay y noreste de Argentina), una vez cubrieron 100 millones de ha y hoy sólo 4% de su extensión original permanece como un bosque relativamente pristino. En Argentina 106 millones de ha estuvieron cubiertas por bosques en 1914. Menos de un tercio de esa superficie existía en el decenio de los 80 (32.3 – 35.5 millones de ha)

(Di Pace y Mazzuchelli 1993). Se han observado elevadas tasas de deforestación en los bosques subtropicales Paranaense y del Gran Chaco, y en los bosques andinos, patagónicos y australes.

Los bosques de América Latina encontrarían un amenaza adicional en el cambio climático, como se ha enfatizado en los estudios de vulnerabilidad en los Proyectos del USCSP y el FMAM. A menos que se tomen medidas apropiadas, el manejo inapropiado de estos sistemas contribuirá a hacer que los impactos del cambio climático resulten más severos. Puesto que se espera que la cosecha de madera aumente, especialmente en países tropicales y subtropicales, las comunidades locales enfrentarán serias carencias de productos forestales requeridos para subsistencia y comercio tradicional (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 15.2.3). Se prevé también que la deforestación aumente en respuesta a la creciente necesidad de tierras agrícolas (DENR-ADB, 1990; Starke 1994; Zuidema *et al* 1994).

La conversión a gran escala de bosques tropicales en tierras de pastoreo probablemente conducirá a cambios en el clima local, a través del incremento de temperaturas del aire y del suelo, fluctuaciones diurnas de temperatura y reducida evapotranspiración (Salati y Nobre 1992; Cerri *et al* 1995). Una proporción considerable de la precipitación sobre la cuenca amazónica se origina por evapotranspiración (Mollión 1975; Salati y Vose 1984), la que podría ser reducida por la deforestación continuada y realizada a gran escala. Tal desmonte de bosques masivo podría reducir le enorme escorrentía del sistema del río Amazonas y podría tener impactos indeseables fuera de las áreas deforestadas (Glash y Shuttleworth 1991). De acuerdo con la proyección de Shukla *et al* (1990), si los bosques tropicales fueran reemplazados por pastizales degradados, habría un incremento significativo de la temperatura en superficie, así como un decrecimiento de la evapotranspiración y precipitación en la cuenca del Amazonas. Además, el aumento de duración de la estación seca hará difícil el restablecimiento del bosque. También el ciclo global del carbono podría ser alterado. El potencial de los bosques tropicales de América Latina, para actuar como sumideros de carbono ha sido considerado alto (da Rocha 1996, Mollión 1996; Massera *et al* 1996). Sin embargo, de acuerdo con Batjes y Sombroek (1997) el efecto del cambio climático sobre el secuestro de C en suelos tropicales puede ser muy complejo y depende de la temperatura del aire, la concentración de CO₂, la distribución estacional de las precipitaciones, la deposición de N y los incendios. La conversión de bosque a pastizal, durante una secuencia de 35 años, en la Amazonia, resultó en una fuente neta de CH₄ (Steudler *et al* 1996) y un sumidero neto de CO₂, con 9 a 18% más de carbono depositado en el suelo, debajo de los pastizales que bajo el bosque original. Sin embargo, el proceso de conversión involucra gran mineralización neta de carbono orgánico (Cerri *et al*, 1995, 1996).

Los bosques tropicales serán probablemente más afectados por cambios en la disponibilidad de agua en el suelo (sequías estacionales o erosión del suelo y lixiviación de nutrientes debido a eventos con lluvias intensas), y posiblemente por fertilización de CO₂, que por cambios en la temperatura (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 1.4). La lixiviación de nutrientes, erosión y cosecha de madera darán probablemente como resultado una disminución de la biodiversidad (Whitmore 1984; Jordan 1985; Vitousek y Sanford 1986).

Los resultados de los modelos globales de vegetación no muestran acuerdo sobre si el cambio climático (en ausencia de cambios en el uso de la tierra) aumentará o disminuirá el área total de bosques tropicales en América Latina. Ellos están proyectados con una expansión de su alcance geográfico en los modelos MAPSS y BIOME 3, aunque los resultados varían de acuerdo con los escenarios (Anexo C). Cuando se ha usado el modelo IMAGE 2.0 (Alcamo 1994) para simular los efectos combinados del clima y los cambios en el uso del suelo (Leemans 1992, IPCC 1996, SIE GT II, Sección 1.4), la pérdida neta de bosque tropical no es muy grande. Esto puede ser porque, en ese modelo, los cambios en el uso de la tierra están impulsados por la dinámica del crecimiento de la población humana y el desarrollo económico. Esta variables no están necesariamente y directamente ligadas a la explotación de los recursos naturales en muchos países de América Latina, donde las cosechas son a menudo determinadas por necesidades fuera de la Región (Solomon 1996). La ocurrencia incrementada de sequías (como indican las proyecciones compiladas por Greco *et al* 1994) afectaría a los bosques naturales y las plantaciones en áreas de escasa precipitación.

De acuerdo con las estimaciones derivadas de las proyecciones del cambio climático en México, aproximadamente el 70% del bosque templado actual podría ser afectado por el cambio climático (Villers 1995). Otros estudios de vulnerabilidad (Gay-García *et al* 1996), desarrollados sobre la base de los MCG CC-J1 (Boer *et al* [1992], McFarlane *et al* [1992]) y GDFL-A3 (Wetherland y Manabe [1989]), sugieren que en los ecosistemas del norte de México, incluyendo bosques y matorrales del sur de Chihuahua, este de Coahuila, norte de Zacatecas y San Luis, Potosí, el 10% de todos los tipos de vegetación serían afectados por condiciones más secas y más cálidas, con la expansión de bosques tropicales secos y muy secos y matorrales xerofíticos. Los cambios en la intensidad y estacionalidad de la precipitación probablemente producirán impactos mayores que los cambios anuales de la temperatura solamente, en la composición y la distribución futura de los bosques de Costa Rica y Nicaragua (Halpin *et al* 1995). En Venezuela, cerca de 35 millones de hectáreas han sido proyectados hacia un cambio de bosque subtropical a bosque tropical, y, de acuerdo con estudios realizados, en este mismo país, sobre la base de los escenarios derivados de los modelos GFDL (Manabe y Wetherall 1987), GISS (Hansen *et al* 1984), OSU (Schlesinger y Zhao 1989) y UKMO-H2 (Mitchel y Warrilow) de 40 a 50 millones de ha podrían cambiar de bosque húmedo a bosque seco o muy seco, cuando la concentración de CO₂ se duplique (Mata L. J. 1996).

En Bolivia los bosques cubren cerca de 53,4 millones de ha (48% del territorio nacional). La tasa de deforestación durante un período de 18 años ha sido estimada en el orden de 168.000 ha por año, debido a la expansión de las fronteras agrícolas y a la extracción selectiva de especies de muy alto valor comercial. Los cambios de las características de los bosques de Bolivia, debidos al cambio climático han sido estimados sobre las bases del modelo de Holdridge y los MCG GISS-G1 (Hansen *et al* 1994) y UKMO-H3 (Mitchel *et al* 1989), ambos asumiendo una concentración de CO₂ doble. Las proyecciones resultantes indican una reducción del bosque subtropical húmedo (86,6% según GISS – G1, 95% según el UKMO-H3) y la expansión de los bosques húmedos tropicales (61,8%, según el GISS-G1, y 8,9% de acuerdo con el UKMO-H3) (Tejada Miranda F. 1996).

Los bosques de latitudes medias y altas estarían más fuertemente afectados por la temperatura que los bosques tropicales y subtropicales, y se considera que ellos son más sensibles a la rapidez del cambio climático que a su magnitud. (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 1.5). Entonces, en América Latina, el calentamiento climático por sí mismo tendrá su impacto más grande sobre los bosques australes, del sur de Chile y Argentina, especialmente en su frontera norte con otros tipos de ecosistemas.

La información presentada tiene implicaciones muy importantes para gobiernos, comunidades locales y otros individuos y grupos de mercado, de los países de América Latina. Resulta visible que las consideraciones de las retroacciones entre cambios en el clima y las prácticas del uso de la tierra son esenciales en el diseño de políticas de desarrollo sostenible. El estudio de los vínculos entre el clima actual y las proyecciones climáticas en el contexto de la variabilidad estacional a interanual es la primera etapa en este proceso de diseño.

4.2 Tierras de pastoreo (permanentes y temporales)

Las tierras de pastoreo, es decir los pastizales cultivados y naturales, matorrales, sabanas, desiertos cálidos y fríos, excluyendo a los desiertos hiperáridos cubren el 33% del área de América Latina (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 2.1). La productividad de las tierras de pastoreo y su composición por especies están directamente relacionadas con las altamente variables cantidades y distribución estacional de la precipitación y son sólo controladas secundariamente por otras variables climáticas. En razón de que las tierras de pastoreo son sistemas gobernados por condiciones extremas, si la frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos aumenta (Easterling 1990) ello puede tener un efecto desproporcionado sobre ellas (Westboy *et al* 1989). Debido a su baja productividad, las unidades de manejo son usualmente muy grandes, incorporando a menudo heterogeneidad espacial (Stafford Smith y Pickup 1993).

Las tierras de pastoreo de América Latina mantienen actividades pastorales, granjeras de subsistencia y ganaderas comerciales, y son el factor clave en la economía de muchos países (p.ej. México, países del Istmo Centroamericano, Brasil, Argentina y Uruguay). Hay aproximadamente 570 millones de animales en el subcontinente sudamericano y más del 80% de ellos se alimentan en las tierras de pastoreo permanentes y temporales (véase el Anexo D).

Vulnerabilidad e impactos

Las actividades humanas pueden producir más cambios en los ecosistemas de pastizales que cualquier otro de los forzamientos del cambio global y pueden interactuar fuertemente con los impactos del cambio climático, particularmente en las áreas tropicales y subtropicales (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 2.3.3). En la Patagonia Argentina, por ejemplo, la introducción de un número insostenible de ovejas junto con políticas de manejo inapropiadas ha dado como resultado cambios mayores en la composición de los pastizales y aún la desertificación. Esto está causando la pérdida de aproximadamente 1.000 km² por año (LAC CDE 1992), con 35% de las tierras de pastoreo transformadas en desierto (Winograd 1995). El número de ovejas ha decrecido

30%, entre 1960 y 1988, representando una pérdida de alrededor de 260 millones de dólares estadounidenses (Paruelo y Sala 1992).

Los límites entre las tierras de pastoreo y otros biomas probablemente se modificarán directamente junto con los cambios climáticos, a través de la composición de especies, e indirectamente, a través de cambios en el régimen de incendios, cultivos oportunistas o disposición agrícola de los márgenes menos áridos del territorio de pastoreo (ver p.ej. el caso de México, en la sección 6.4.1).

En relación con el posible impacto climático de la deforestación en los trópicos, Salati y Nobre (1991), expresaron que la conversión en gran escala de los bosques tropicales en pastizales probablemente conducirá a cambios en el clima local de la región amazónica. Este tipo de uso de la tierra incrementa las temperaturas de la superficie y el suelo, la fluctuación diurna de la temperatura y el déficit de humedad específica, y reduce la evapotranspiración, porque hay menos energía radiativa disponible en el nivel de la canopia, ya que el pasto presenta un albedo mayor que los bosques (Cerri *et al*, 1995).

Las características climáticas que afectan a las condiciones de humedad de suelo, de humedad relativa o de tensión por causa de sequía, en conjunción con cambios en los regímenes de incendios y pastoreo, tendrán su más grande influencia sobre los límites entre las tierras de pastoreo y las tierras de especies boscosas. En México aproximadamente 70% de los matorrales xerofíticos han sido proyectados para desplazar su distribución geográfica debido al cambio climático (Villers, 1995). Esto está aproximadamente de acuerdo con los productos del MAPSS y BIOME 3 (Neilson, 1995; Hexeltine y Field 1996, véase el Anexo C), aunque ellos sugieren una reducción superficial menos dramática. La capacidad portante total para herbívoros puede aumentar o disminuir, dependiendo del balance entre aumentos eventuales de la productividad y disminución del valor nutricional de las plantas. En algunas regiones, las temperaturas más elevadas y el aumento de las lluvias de verano, con menos días de heladas, pueden facilitar el reemplazo de pastos templados por pastos tropicales (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 2.8). Aunque algunos experimentos de laboratorio sobre plantas en crecimiento individual han mostrado que las plantas C₃ (templadas) tienden a responder más positivamente que las C₄ (tropicales) a cantidades elevadas de CO₂, los efectos diferenciales, en el terreno, pueden ser amortiguados o aún invertidos. Esto es porque características diferentes de la circulación fotosintética, tales como la arquitectura fenológica y la eficiencia en el uso del agua y de nutrientes, tienden a jugar un papel más decisivo en el terreno (Bazzaz y McConnaughay 1992).

Es también incierto cual sería el efecto neto de contenidos elevados de CO₂ en la calidad del forraje. Las cantidades elevadas de CO₂ usualmente resultan en una relación C : N más alta en las plantas. Esto se refleja en un consumo elevado por parte de herbívoros y una disminución de la capacidad de estos, en experimentos realizados en laboratorios que involucraron a poblaciones de insectos y plantas tomadas individualmente (Lindroth 1996). Es incierto que sistemas que involucren a tierras de pastoreo y grandes herbívoros puedan mostrar condiciones similares (Diaz 1995). Cualquier alteración de la capacidad de estos sistemas será económicamente importante, dada la escala de la

producción ganadera en las tierras de pastoreo tropicales y templadas de América Latina.

Aunque el fuego ha sido un factor en la evolución de pastizales y de muchas otras tierras de pastoreo (Eskuche 1992; Medina y Silva 1990), si la frecuencia y severidad de incendios crece sustancialmente, como se ha proyectado (Ottichilo *et al* 1991, Torn y Fried 1992), ellos pueden conducir a alteraciones en la vegetación y el suelo (Ojima *et al* 1990).

Las tierras de pastoreo templadas, y la producción animal que de ellas depende, son vulnerables a la sequía. Consecuentemente, la producción ganadera podría ser afectada negativamente por temperaturas más elevadas o por el aumento de las tasas de evapotranspiración. Sin embargo, la experiencia pasada ha mostrado que los más altos riesgos pueden estar representados por sucesos extremos, tales como las inundaciones en gran escala o los ciclos sequía-erosión (Burgos *et al* 1991; Suriano *et al* 1992).

Los pastizales templados, debido a su gran extensión e importante capacidad de secuestro de carbono juegan un papel importante en la conservación de la composición de la atmósfera. Sala y Paruelo (1997) han estimado el costo de mantener los pastizales nativos en 200 \$ EE.UU./ha y han destacado que, una vez que los pastizales han sido transformados en tierras de cultivo, el proceso inverso de abandono de las tierras de cultivo y su lenta transformación en pastizales nativos sólo secuestran una modesta cantidad de carbono, durante períodos de tiempo relativamente largos. Fishel *et al* (1994) han propuesto reducir la frecuencia de quemazones, la suplementación nutricional de los suelos y la introducción de pastos de raíces profundas y legumbres, en combinación con tasas de manadas controladas, como maneras de aumentar la capacidad de secuestro de los pastizales.

4.3 Desiertos

Los desiertos extremadamente áridos (<100 mm de precipitación anual) de América Latina (Atacama, Monte, Patagónico, Peruano, de Sonora y Chihuahua) ocupan un área extensa de la Región (Figura 2) y tienen una riqueza de especies significativa y un alto grado de endemismo (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 4.4.2). Por otro lado, su contribución a la producción primaria y a depósitos de C y N son extremadamente bajos. Debido a que ellos están dominados por eventos discretos (p.ej. lluvia), que ocurren a intervalos irregulares, los desiertos son descritos como ecosistemas movidos por pulsos (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 3.3.2) y la inestabilidad del suelo así como sistemas de dunas y fronteras cambiantes son algunas de sus características típicas. En algunos de los desiertos costeros más secos (p.ej. norte de Chile y costas Peruanas) los bancos de niebla, *camanchaca*, son particularmente frecuentes y proveen el mayor, sino el total, suministro de humedad en la mayoría de los años (IPCC 1996, SIE GT II, Fig 3.1 y Sección 3.3.4). La cosecha de *camanchaca* por medio de marcos con hilos verticales de nylon, ya sea estáticos o en rotación a muy bajas velocidades, es una actividad común de las comunidades a lo largo de la costa, proveyendo agua suficiente para mantener algunos pastizales y bosquitos costeros, que permiten el pastoreo estacional de ovejas y cabras.

Vulnerabilidad e impactos

La información específica sobre la vulnerabilidad de los desiertos extremos de América Latina es más bien pobre y se hace necesario continuar con la investigación. Sin embargo, como todos los desiertos extremos, estos sistemas debieran haber experimentado ya amplias fluctuaciones en precipitación y estar adaptados para hacer frente a las consecuencias de condiciones extremas. Es improbable que los cambios iniciales asociados con el cambio climático puedan crear condiciones significativamente fuera del rango de variaciones presentes (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 3.2).

Los cambios en la precipitación, proyectados en un conjunto de escenarios climáticos construidos para llevar a cabo estudios de sensibilidad en relación con el SIE del GT II (Greco *et al* 1994) (p.ej. 25% de incremento de la precipitación con respecto a la actual de 2 mm/año) no producirán probablemente cambios mayores del ecosistema. En lo que concierne a los cambios en la temperatura, los aumentos proyectados en los escenarios de Greco *et al* (1994), se hallan típicamente en el rango de 0,5° a 2,0°C, con los incrementos mayores en verano. Un aumento de 2°C sin aumento en la precipitación podría incrementar la evapotranspiración potencial de 0,2 a 2 mm por día (IPCC 1996, SIE GT II, Secciones 3.3.2 y 4.2.1).

La desertificación inducida por el ser humano en el límite entre áreas áridas y extremadamente áridas tiene el potencial de contrarrestar cualquier efecto de mejoramiento del cambio climático sobre la mayoría de los desiertos, a menos que se adopten acciones para un manejo apropiado. Aún cuando fueran a prevalecer condiciones más húmedas, sus efectos pueden ser eliminados por la presión derivada de la explotación de los recursos (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 4.4.2). A este respecto, la información sobre lo que está ocurriendo en la Patagonia Argentina está dada en la Sección 4.2. Otras áreas áridas y semiáridas de América Latina también sufren por la desertificación, incluyendo México, donde sólo la erosión hídrica afecta el 85% del territorio (Lugo 1995). Los estudios de vulnerabilidad, realizados en México, dentro del USCSP (Gay-García *et al* 1996) muestran que la sequía en México central podría ser severa, afectando varios estados del área, particularmente en el Estado de Michoacán, debido a su alto grado de vulnerabilidad a la desertificación en más del 50% de la superficie del Estado. Se esperan tendencias similares para Jalisco, Colima, Nayarit, Querétaro, Hidalgo y Guanajuato.

4.4 Ecosistemas de montaña y criosfera

Las cadenas montañosas de América Latina influyen marcadamente su clima, ciclo hidrológico y biodiversidad. Son regiones en las que se originan ríos caudalosos (p.ej. los tributarios de las cuencas del Amazonas y el Orinoco) y representan focos importantes de diversificación biológica y endemismo (IPCC 1996, GT II, Sección 5.1.4). Las áreas montañosas están altamente expuestas a fenómenos extremos de tiempo y clima, tales como temperatura o precipitación inusualmente alta o baja. El estudio agrometeorológico de la zona andina (Frère *et al* 1978) provee información detallada sobre las limitaciones particulares que el clima impone al desarrollo en los elevados altiplanos y áreas de montaña de América del Sur, en los Andes centrales (Ecuador, Perú y Bolivia).

Aunque la importancia actual de los ecosistemas de montaña en las economías de mercado nacionales varía de un país a otro, las zonas montañosas andinas y extraandinas han mantenido, durante siglos a milenios, la agricultura tradicional de subsistencia. La densidad de población humana es muy baja en el norte y sur de los Andes, pero mucho más alta en los Andes centrales, con la mayor población rural de la región.

La criósfera en la Región Latinoamericana está representada por los glaciares de los Andes y por los campos de hielo de la Patagonia, entre 47° y 52°S, y el campo de hielo de Darwin en Tierra del Fuego, alrededor de los 54°S. Las nevadas estacionales sobre los Andes altos son críticas para la subsistencia de las comunidades en el centro de Chile y en las grandes comunidades de pie de montañas en Argentina, donde el suministro de agua depende prácticamente de la fusión de nieve.

Vulnerabilidad e impactos

Al presente los MCG (Modelos de Circulación General) no proveen proyecciones regionales suficientemente precisas, y por eso los escenarios de cambio climático para las áreas de montaña de América Latina son altamente inciertos. Un falencia adicional es la escasez de registros continuos y confiables de datos meteorológicos e hidrológicos en la mayor parte de las áreas montañosas. Si el clima cambiara como se prevé en los escenarios del IPCC (Greco *et al* 1994), se reduciría el período de tiempo en que la nieve permanece como tal, alterando la temporalidad y la amplitud del escurrimiento que se origina en la nieve/hielo y aumentando la evaporación, con la consecuente alteración de los ecosistemas en alturas más bajas, y afectando a las comunidades que dependen de este escurrimiento. Si los fenómenos extremos aumentan en frecuencia y/o intensidad, los aluviones, las inundaciones súbitas y los incendios podrían hacerse más frecuentes, así como la inestabilidad del suelo. Aún en entornos montañosos subhúmedos, los incendios en la época seca, seguidos por fenómenos lluviosos intensos, antes que se haya registrado una recuperación sustancial de la vegetación, conducen generalmente a una modificación casi irreversible del paisaje (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 5.1.3).

El calentamiento en regiones de alta montaña conduciría a la reducción o desaparición de superficies significativas de nieve e hielo (IPCC 1996, SIE GT II, Secciones 7.4.1 y 7.4.2). Además, los cambios en la circulación general resultantes del calentamiento global pueden modificar las cantidades de nevadas con un efecto directo en la renovación del suministro de agua y la variabilidad del escurrimiento y del agua subterránea en las áreas de pie de montaña (Del Carril *et al* 1996). Los glaciares están fundiéndose en forma acelerada en los Andes venezolanos y peruanos (Schubert 1992, Hastenrath y Ames 1995), y en el extremo sur del subcontinente (Aniya *et al* 1992; Kadota *et al* 1992; Malagnino y Strelin 1992). No obstante, los glaciares mayores, tales como aquellos en los Andes patagónicos deberían continuar existiendo en el Siglo XXII. Más agua sería liberada de las regiones con glaciares extensos, con el resultado que algunas regiones áridas en su vecindad se beneficiarían con el escurrimiento adicional. Sin embargo, de acuerdo a sus configuraciones estacionales y asociación con fenómenos extremos, ellos podrían originar mayor erosión, inundaciones y problemas de sedimentación

(IPCC 1996, SIE GT II, Sección 7.2.2). La fusión de los glaciares de los Andes y de los campos de hielo en la Patagonia austral y en Tierra del Fuego, aumentarían el escurrimiento y los niveles de los ríos y lagos en ambos lados de los Andes.

Los impactos esperados del cambio climático sobre la diversidad biológica de los ecosistemas de montaña incluirían la pérdida de las zonas climáticas más frías hacia el pico de las montañas y el desplazamiento de todos los cinturones de vegetación remanente pendiente arriba, con una pérdida neta en biodiversidad. Los toques de las montañas pueden hacerse más vulnerables a presiones genéticas y ambientales (Borteenschlager 1993; IPCC 1996, SIE GT II, Sección 5.2).

Probablemente habrán modificaciones en las áreas viables para la producción de cultivos como resultado del cambio climático. Desplazamientos altitudinales de la vegetación y configuraciones hidrológicas alteradas pueden tener consecuencias importantes en el uso y la conservación de los cinturones de vegetación múltiples por parte de las poblaciones andinas tradicionales. Esto puede llevar a la competición entre usos alternativos de la tierra (tales como conservación de la biodiversidad de especies en condiciones de riesgo) y la expansión de la agricultura de subsistencia hacia los toques de las montañas. Dado el amplio rango de microclimas ya existentes en las áreas de montaña de América Latina, que han sido explotados a través de la inserción de diferentes cultivos, los efectos negativos directos del cambio del clima sobre los rendimientos de los cultivos no serían demasiado serios. Sin embargo, la adaptación continuada a los climas variantes puede ser posible sólo si se conserva la destacada diversidad de genotipos locales. Planificadores del desarrollo y decisores debieran estar completamente informados que la protección de la amplia variedad de genotipos salvajes y domesticados de los mayores cultivos existentes en los Andes serán también cruciales para la producción de nuevas variedades de cultivos, frente a las condiciones climáticas cambiantes en otras áreas del mundo. Por ejemplo, en 1960, el descubrimiento, en Perú, de dos variedades de tomates proveyó beneficios económicos a la industria estimado en 5 millones de dólares estadounidenses por año (LAC CDE 1992). Los decisores debieran también tener conciencia de que, a menos que se tomen medidas apropiadas de adaptación, el cambio climático podría conducir a la completa desorganización de los estilos de vida en los villorios de montaña, por alteración de la ya marginal producción de alimentos y por la disponibilidad de recursos hídricos.

El desplazamiento de los cinturones altitudinales de cultivo y tierras de pastoreo puede ser dramático en áreas rurales densamente pobladas de los Andes centrales, como lo han mostrado los cambios socioeconómicos profundos puestos en evidencia por los pulsos climáticos pasados (Cardich 1974; Frère *et al* 1978). Estudios sobre el efecto del cambio climático en la sierra central de Ecuador (Parry 1978; Bravo *et al* 1988) han mostrado que el crecimiento y rendimiento de los cultivos están controlados por interacciones complejas entre diferentes factores climáticos y que los métodos específicos de cultivo pueden permitir la sobrevida de cultivos en sitios donde los microclimas podrían, de otra manera, no resultar apropiados. Tales detalles específicos no pueden ser incluidos en las evaluaciones de impacto basadas en MCG, que han sugerido tanto impactos positivos como negativos, tales como la disminución de riesgo de heladas en las tierras altas mexicanas (Liverman

D.M. y K.L.O'Brien 1991) o agricultura menos productiva en tierras altas (Parry *et al* 1992).

En muchas regiones de montaña, los lugares de turismo y las grandes áreas urbanas vecinas se han extendido hacia áreas de alto riesgo, y estarán crecientemente amenazadas por la inestabilidad de las pendientes y el riesgo de inundaciones, particularmente como consecuencia de fenómenos extremos agravados por el cambio climático. Situaciones de esta naturaleza ya han sido observadas en ciudades andinas (Bogotá, La Paz, Mendoza y Quito), las ubicadas en la región montañosa de la Serra do Mar (Río de Janeiro, San Pablo y Santos) y sus alrededores así como en la Ciudad de Guatemala, en América Central.

Los cambios en la escorrentía por la fusión de la nieve/hielo y por los cambios en las nevadas invernales en las altas cumbres impactarían importantes sectores y actividades (suministro de agua dulce, agricultura, industria y generación de energía) en las áreas de pie de montañas de los Andes (p.ej. la región de Cuyo, en Argentina y el valle de Elqui en Chile), donde, en vista de la importancia de las actividades económicas involucradas, serían probablemente necesarias medidas de adaptación (Fuenzalida 1993, Del Carril *et al* 1996, IPCC 1996, SIE GT II, Sección 5.2.4).

5. Hidrología, recursos hídricos y pesquerías de agua dulce

Como ya ha sido mencionado, América Latina es rica en sistemas de agua dulce, particularmente en su región tropical. Extensas cuencas hídricas, lagos, humedales y reservorios, distribuidos a lo largo de la Región han permitido el desarrollo de miles de asentamientos humanos junto con sus actividades agrícolas e industriales asociadas así como el endicamiento de los ríos para la producción de energía. También importantes segmentos de ríos nacionales e internacionales permiten el transporte fluvial de personas y mercaderías. La apertura de la Hidrovía de los ríos Paraguay y Paraná facilitará el tráfico comercial creciente resultante del desarrollo del mercado regional MERCOSUR. Los sistemas de agua dulce son también fuente de ingresos de pesquerías, acuicultura y turismo. Las extensas cuencas hídricas, gran cantidad de lagos e importantes humedales (p.ej. Pantanal e Iberá) hospedan un gran número de especies de peces, anfibios, roedores semiacuáticos y reptiles, algunos de los cuales, como el capybara (*Hydrochoerus hydrochoeris*) y el yacaré (un tipo de Caimán *lastirostris*) particular de la región, son una importante fuente de ingreso para las comunidades locales.

Los ríos tropicales hospedan 1.500 especies las que, además de su valor comercial son la base para la organización de importantes eventos turísticos y de pesca (p.ej. la competencia internacional anual de la pesca del dorado en el Alto Paraná). Los humedales son también el lugar de parada o de estadía de un gran número de especies de aves, especialmente las que habitan en lagunas y reservorios, que vuelan de ida y vuelta de los Estados Unidos y Canadá a América Latina. La migración a mayor distancia de estas aves es probablemente la efectuada por el trullo de ala azul (*Anas discors*) que nida hasta los 60°N, en América del Norte, y pasa el invierno en el sur más allá de los 30°S, a una distancia de más de 9.600 km.

Los sistemas de agua dulce son potencialmente muy sensibles al cambio climático (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 10.3) y vulnerables a las fluctuaciones interanuales del clima, tales como las asociadas con el ENOA. Se espera que la creciente variabilidad climática produzca efectos ecológicos mayores que los cambios en las condiciones medias. Las inundaciones súbitas y las sequías asociadas reducirán la diversidad biológica y la productividad de los ecosistemas de corrientes de agua superficiales (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 10.6) así como afectarán las condiciones de vida y el bienestar en las áreas propensas a inundaciones y en las regiones áridas y semiáridas. Por ello, la vigilancia de las variables ambientales involucradas se ha hecho una necesidad urgente.

Sin embargo, la mayoría de los países latinoamericanos tienen redes de observación hidrológica y meteorológica inadecuadas. Grandes áreas inhabitadas carecen de sistemas de observación en superficie y las densidades de redes existentes y las prácticas operacionales no corresponden, en general, con las normas internacionales y regionales recomendadas. Esto significa que los registros de las variables involucradas en el estudio de los sistemas de agua dulce son escasos y parciales, estando afectados por deficiencias en su cobertura areal y temporal, particularmente debido al cierre frecuente de puestos de observación, en las décadas recientes. En estas condiciones, la vigilancia de los recursos hídricos frente al cambio climático es muy inadecuada. Además, debe ser destacado que el Informe Suplementario 1992, al Primer Informe de Evaluación del IPCC (*Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Impacts*, Sección VI, párrafo 5) había llegado a la conclusión que, aunque en los países desarrollados se hicieron progresos en los análisis de sensibilidad hidrológica, en los países en desarrollo existían todavía grandes brechas.

Como se ha mencionado, alrededor del 35% de las aguas continentales (agua dulce) del mundo se encuentran en América Latina, pero, como también se ha mencionado, la distribución dentro y entre los países es altamente variable. Ver Anexo D para una información sobre los recursos hídricos *per capita* y los consumos anuales, domésticos e industriales, de agua. Muchas áreas tienen grandes dificultades en satisfacer sus necesidades de agua, incluyendo el norte de México, noreste de Brasil, las zonas costeras de Perú y norte de Chile. Alrededor de dos tercios de la Región Latinoamericana son áridos o semiáridos, incluyendo grandes extensiones de Argentina, Bolivia, Chile, Perú, Noreste de Brasil, Ecuador, Colombia y México central y norte.

Vulnerabilidad e impactos

Los impactos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico serán mayores en áreas áridas y semiáridas, lagos y corrientes de agua en áreas de drenaje altamente evaporativas, en cuencas con áreas de captación pequeñas y con tiempos de retención relativamente cortos, en lagos poco profundos, corrientes de agua y ríos que no disponen de refugios térmicos apropiados, y en sistemas de irrigación que dependen de reservorios aislados y/o de sistemas alimentados por fusión de nieve que dependen muy estrechamente de nevadas estacionales (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 10.3). Las implicaciones del calentamiento sobre el ciclo hidrológico y sus consecuencias en la distribución, intensidad y temporalidad de la precipitación, el

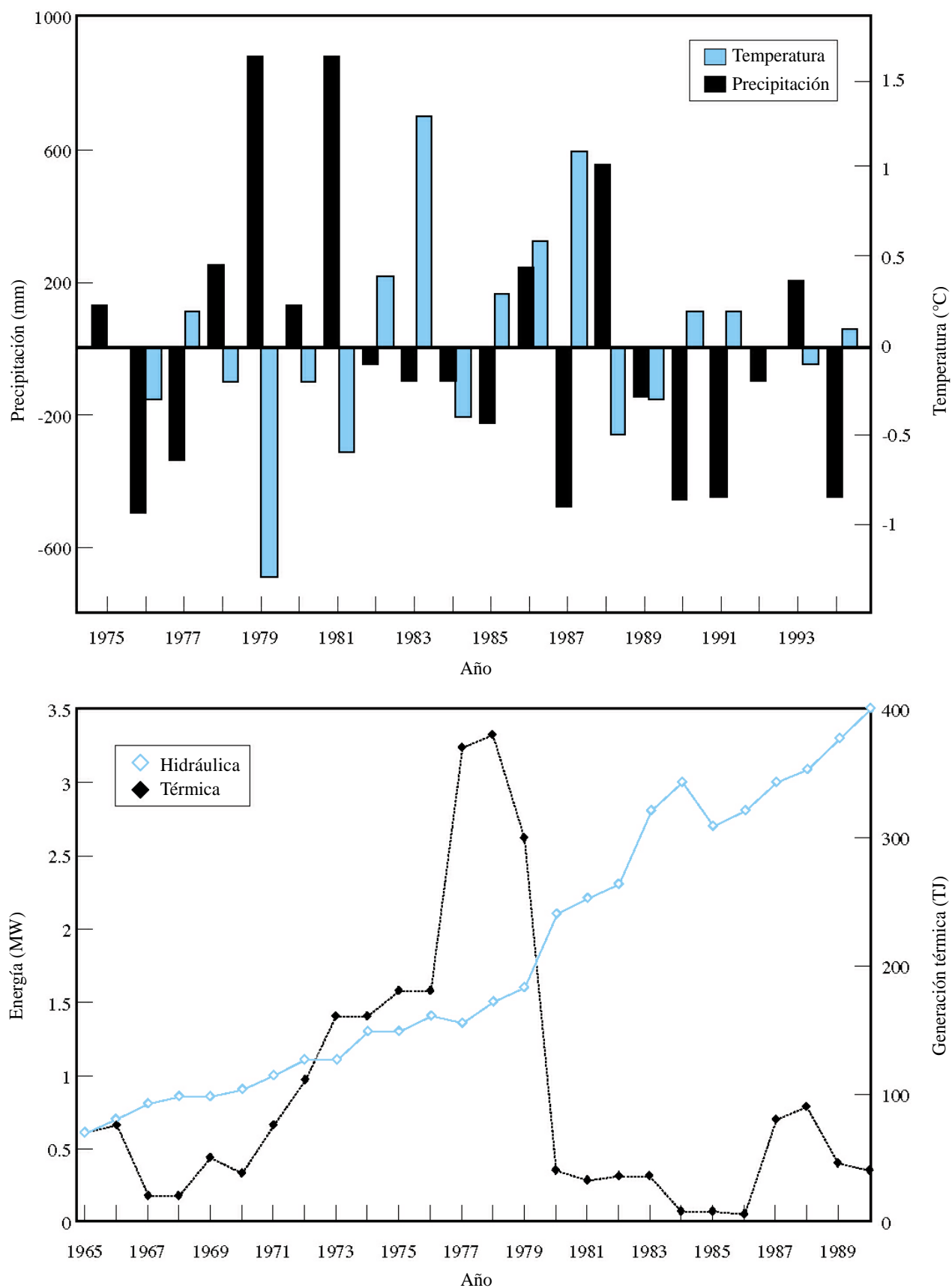


Figura 5: Precipitación y anomalías de las temperaturas máximas para la costa pacífica de Costa Rica resultantes del fenómeno ENOA y cambios de los tipos de generación eléctrica.

escurrimiento superficial y los recursos hídricos subterráneos, estarán, en ciertas áreas, agravados por impactos adicionales resultantes de la población creciente y por el desarrollo no sostenible de las actividades consumidoras de agua. Los estudios por país que se llevan a cabo para satisfacer los compromisos derivados de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las Naciones Unidas (CMCC) están mostrando ya la vulnerabilidad de comunidades latinoamericanas que dependen estrechamente de la disponibilidad de recursos hídricos. A este respecto, precipitaciones reducidas han tenido serias consecuencias para la producción de hidroenergía en países de Centro América; por ejemplo, en Costa Rica los fenómenos ENOA durante las últimas décadas han conducido a reducciones significativas en la esorrentía y, consecuentemente a una mayor demanda de producción de energía térmica (Campos *et al* 1996) (ver Figura 5). Por otro lado, se han observado precipitaciones crecientes en las Pampas, una de las áreas más importantes para la producción de granos y ganado del país (Forte Lay *et al* 1989; Canziani *et al* 1987, 1990; Vargas 1987). Los beneficios de tales aumentos en la precipitación (hasta un 35% en la Provincia de La Pampa) han sido amortiguados por las precipitaciones extremas y los riesgos mayores de inundación.

Los fenómenos de precipitación extrema podrían aumentar el número de casos de sedimentación de reservorios en los trópicos húmedos, mucho antes que se cumpla el plazo de su vida proyectada. La gestión inadecuada de una cuenca (p.ej. la deforestación severa en áreas de drenaje, especialmente en ríos que fluyen a lo largo de valles profundos) aumentaría la erosión, causando el atarquinamiento y disminuyendo el potencial para la generación de hidroelectricidad (Bruijnzeel y Critchley 1994; Campos *et al* 1996).

Los lagos tienen respuestas individuales y a menudo muy rápidas al cambio climático. El lago Titicaca experimentó un incremento de nivel de 6,3 m de 1943 a 1986 (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 10.5.2). Este aumento excede por un factor 40 el cambio en el nivel medio del mar estimado como consecuencia del calentamiento global. Se espera que las fluctuaciones en lagos con grandes cambios temporales de nivel se agraven con el cambio climático. Se proyectan cambios en los regímenes de mezcla como resultado del cambio climático en zonas templadas, debido a aumentos en las temperaturas del aire en invierno, posiblemente con grandes efectos sobre la biota.

Los humedales están distribuidos sobre toda la región, pero son más extensos en los trópicos y los subtropicos. Los efectos del cambio climático sobre los humedales son todavía muy inciertos (Gorham 1991, IPCC 1996, SIE GT II, Fig.6.1). La intervención humana puede ser más crítica que el cambio climático por sus consecuencias sobre el ecosistema.

Las pesquerías de agua dulce podrían ser generalmente beneficiadas por el cambio climático, pero con algunos efectos negativos significativos, según las especies y las modificaciones climáticas locales. Los factores positivos asociados con un mayor calentamiento y con precipitación creciente en altas latitudes incluyen el crecimiento y las tasas de maduración más rápidas, tasas más bajas de mortalidad invernal, debido a frío o anoxia, y hábitats aumentados por el retraimiento del hielo. Efectos negativos contrapuestos incluyen el aumento de la anoxia estival, mayor demanda de alimento para sostener el metabolismo incrementado, posibles cambios negativos en la estructura térmica de los lagos y hábitat térmicos reducidos para las especies de aguas frías. Es difícil integrar los efectos individuales. Sin embargo, los lagos de aguas cálidas tienen generalmente una productividad mayor que los lagos de aguas frías, y, debido a la distribución latitudinal del calentamiento terrestre esperado, los lagos de aguas cálidas estarán en áreas que presentarían los menores cambios de temperatura. Por ello es razonable esperar una productividad total más alta de los sistemas de agua dulce. Finalmente, los administradores de pesquerías manipulan fuertemente las pesquerías de agua dulce y en muchos países de América Latina la acuicultura está en expansión. Si se continúan cambiando las mezclas de especies para apoyar las preferencias de los pescadores y del mercado y tener en cuenta los hábitat cambiantes, los daños que podrían surgir del cambio climático serían reducidos y los beneficios aumentados.

Se espera que los impactos sobre la biota —incluyendo las pesquerías comerciales y de subsistencia— resulten más pronunciados en sistemas aislados, tales como los lagos en altitudes altas, en los Andes o los lagos en el extremo sur de Argentina y Chile y en áreas en las que las especies están próximas a sus límites de distribución geográfica. En los grandes sistemas de drenaje, la flexibilidad para desplazamientos migratorios hacia temperaturas compatibles será mayor en los sistemas que fluyen de norte a sur (Meisner 1990; IPCC 1996, SIE GT II, Sección 10.6.1.2, IPCC 1996, SIE GT II, Sección 16.2.1).

Recuadro 3. Disponibilidad de agua (m³/año) en el año 2059, para las condiciones climáticas presentes en 1990 y 2050 y para tres escenarios estimados.

Las cifras de la columna 2 muestran sólo el efecto de del aumento de la población (no se ha asumido ningún cambio climático) La columna 3 resume el efecto combinado del aumento de población y el cambio climático sobre la disponibilidad de agua). Los cálculos están basados en el escenario socioeconómico del IPCC (1992a) y las salidas de tres corridas de MCG transitorios (GDFL-X2 {Manabe *et al* 1991, 1992} UKMO-H3 {Mitchell *et al* 1989} y MPI-K1 {Bengtsson *et al* 1995, 1996}).

País	Clima actual 1990	Clima actual 2050	Rango Escenario 2050
México	4.720	2.100	1.740 - 2.010
Perú	1.860	880	690 - 1.020

Los efectos del cambio climático sobre la ecología de agua dulce interactuarán fuertemente con otros cambios antropógenos en el uso de la tierra, disponibilidad de residuos y extracción de agua. Los recursos hídricos regionales serán crecientemente tensionados debido a las demandas crecientes para satisfacer los requerimientos de una población y una economía también crecientes, así como por el resultado del aumento de la temperatura. Se prevé que, en América Latina, estos efectos antropógenos aumenten, y hay riesgo de extensión de esos impactos hacia los cursos de agua y los humedales tropicales, que, hasta ahora habían escapado a los impactos de las actividades humanas, debido a su situación remota (Armentano 1990; IPCC 1996, SIE GT II, Sección 10.2.2, IPCC 1996, SIE GT II, Sección 6.3).

Pueden producirse conflictos entre usuarios, regiones y entre algunos países latinoamericanos a lo largo de cuencas fluviales comunes. Los efectos del cambio climático sobre las demandas de agua para agricultura, particularmente para irrigación, dependerán significativamente de los cambios en el potencial agrícola, precios de la producción agrícola y costos del agua (IPCC 1996, SIE GT II, Secciones 14.2. y 14.3) así como de otros usos consuntivos. A este respecto conviene señalar que se espera que las demandas de disponibilidad de agua para dos países de la región (México y Perú, véase el recuadro 3) declinen significativamente con respecto al clima actual, de acuerdo con los escenarios socioeconómicos IPCC (1992a) y los resultados de tres evaluaciones transitorias de MCG (Modelos Globales Acoplados — Simulaciones Transitorias— con los MCG GFDL-X2 (Manabe *et al* [1991, 1992]), UKMO-H# (Mitchell *et al* 1989) y MPI-K1 (Bengtsson *et al* [1995, 1996]. Por otro lado, como ya ha ocurrido en el pasado, la reducción/ carencia de agua dulce, o los casos de exceso, que llevan a situaciones de inundación, pueden originar conflictos interestatales o internacionales o la invasión a países vecinos por “campesinos” en condiciones de escasez.

6. Océanos, pesquerías de mar y zonas costeras

6.1 Océanos y pesquerías de mar

Los océanos funcionan como reguladores del clima de la Tierra y sustentan a los ciclos biogeoquímicos planetarios. Los flujos naturales de dióxido de carbono entre la atmósfera, el océano y la biota terrestre son mucho mayores que las perturbaciones antrópicas (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 2.1). Se estima que los océanos han absorbido alrededor del 30% de las emisiones de dióxido de carbono resultantes del uso de combustibles fósiles y la deforestación tropical, entre 1980 y 1989 (Siegenthaler y Sarmiento, 1993) disminuyendo consecuentemente la tasa de calentamiento por efecto invernadero. Los océanos juegan también un papel principal en el ciclo hidrológico global. El reciclaje de la fracción de agua dulce oceánica, a través de advección, evaporación precipitación y —en latitudes altas y en cumbres— la fase de hielo sólido, serán afectadas por cambios en los sistemas de vientos y de corrientes oceánicas, como es el caso con el clima latinoamericano (véase la Sección 6.2). Un cambio en la configuración de las precipitaciones sobre los océanos causaría cambios en las configuraciones de las precipitaciones sobre la superficie terrestre, las que, en su momento tendrían un considerable efecto sobre la salinidad de los mares marginales.

Los recursos marinos vivos incluyen peces, crustáceos y animales de caparazón; mamíferos marinos y algas marinas. En 1990 la pesca mundial fue de 97 millones de toneladas (14 millones de fuentes interiores a los continentes y 83 millones de fuentes marinas) (FAO 1992a). América Latina ubicada entre dos grandes océanos tiene una reconocida riqueza de recursos bióticos marinos, mantiene grandes cardúmenes de peces y permite el desarrollo de algunas de las más importantes pesquerías de agua salada del mundo. La pesca promedio anual por los países latinoamericanos, durante el período 1985-1987 fue de alrededor de 13 millones de toneladas, o alrededor del 17% de la pesca total mundial (WRI 1992). Aunque estas cifras no incluyen las pescas hechas por otros países que navegan por los mares de la Región, ellas proveen una idea clara de la importancia económica de los océanos en América Latina. Además, el krill, miembro pelágico del suborden *Euphausiacea*, de los crustáceos, es de gran importancia en la cadena trófica en los océanos, como alimento de varios peces, pájaros y ballenas, particularmente las ballenas azules y yubarta. De enero a abril grandes cardúmenes de Krill (*Euphausia superba*) aparecen en el océano Antártico y, debido a las corrientes marinas prevalecientes, se mueven hacia el norte en los océanos Pacífico y Atlántico, que rodean América del Sur. Ellos tienen un gran impacto sobre las pesquerías a lo largo de las costas orientales y occidentales del subcontinente. Debe destacarse que, debido a su vasta cantidad y cualidades nutritivas, el krill ha sido considerado por los ecólogos como una fuente alimentaria potencial para la raza humana. Durante el verano del hemisferio sur, las aguas abiertas del océano Antártico pueden contener tanto como 20 Kg de estos animales por metro cúbico.

Actualmente, la tasa anual de crecimiento de la pesca marina mundial está declinando (FAO 1992b), debido a la combinación del crecimiento incontrolado de las actividades pesqueras y la sobrepesca de importantes reservas en el Océano Atlántico, incluyendo las aguas vecinas a las costas de América del Sur. Una combinación de actividades humanas (p.ej. sobrepesca, contaminación de los estuarios y océanos costeros y destrucción de hábitats, especialmente humedales y especies vegetales marinas asociadas) ejerce corrientemente un efecto mucho mayor sobre las pesquerías marinas que la declinación que se proyecta como resultado del cambio climático (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 8.2.2).

Como se ha mencionado los océanos son también reguladores climáticos. El efecto combinado de las circulaciones atmosférica y oceánica define las condiciones particulares del tiempo y el clima a lo largo de toda la Región. El efecto de las corrientes marinas es más evidente durante los episodios ENOA, cuando las variabilidades climáticas resultantes tienen fuertes implicaciones socioeconómicas (véase la Sección 6.2.3). Los efectos catastróficos de las tormentas y el surgimiento de tormentas son bien conocidos, particularmente por su papel en la exacerbación de inundaciones en áreas costeras y en la erosión y restructuramiento de formaciones costeras (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 8.3).

Impactos del cambio climático

Es muy probable que el cambio climático tenga impactos negativos significativos sobre los usos humanos de los océanos — los más

importantes debido a impactos sobre sus recursos bióticos. Es también muy probable que la precipitación, la escorrentía y la deposición atmosféricas debidas a las actividades sobre la superficie terrestre conducirán a una carga creciente de contaminantes en las aguas costeras con impactos adversos en las pesquerías, producción de corales y turismo (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 8.4).

El calentamiento de la Tierra puede conducir a desplazamientos en el seno del mar y hacia el polo de rangos de especies y configuraciones de migración a lo largo de las costas de América del Sur, esto podría conducir a la sobrevivencia de especies económicamente valiosas y a cantidades crecientes de pesca, en las pesquerías marinas. Tales casos han sido observados como resultado del extendido e intenso episodio *El Niño* de 1983 (Wooster y Fluharty 1985), el que puede ser considerado como una prueba de escenarios climáticos futuros. Sin embargo, el impacto de *El Niño* no es el mismo en distintas regiones del Océano Pacífico. En efecto, en aquellas áreas donde la productividad depende de las “surgencias”, p. ej. las costas del Pacífico, en Perú y Chile, el fenómeno de *El Niño* condujo a una disminución de la productividad del océano (Jordan Sotelo 1986; Budyko e Izrael 1987; Lapeniz *et al* 1990, IPCC 1996, SIE GT II, Recuadro 16.6).

Dentro de los escenarios del IPCC, la producción de las pesquerías de aguas saladas permanecería estable o tendría un crecimiento significativo, si son corregidas las deficiencias de administración. Estas conclusiones dependen de la asunción que la variabilidad climática interanual y decenal así como la estructura y fuerza de los campos de vientos y las corrientes oceánicas permanecerán prácticamente sin cambios. Si cualquiera de ellos cambiara, deben esperarse efectos significativos en la distribución de los cardúmenes mayores, aunque no en la producción total. Aún sin mayor cambio en las circulaciones atmosférica y oceánica, se esperan desplazamientos locales en centros de producción y mezcla de especies en aguas de mar y dulce, porque los ecosistemas son desplazados geográficamente y cambian internamente.

Los ecosistemas y servicios que proveen son sensibles a la rapidez y extensión de cambios en el clima. La distribución de los mayores biomas del mundo, por ejemplo, está correlacionada con la temperatura y la precipitación media anual. La composición, dominio y distribución geográfica de muchos ecosistemas probablemente se modificará cuando las especies individuales respondan al cambio ambiental inducido por el cambio climático. Habrá probablemente cambios en la diversidad biológica y en los productos y servicios que proveen los ecosistemas. Algunos sistemas ecológicos pueden llegar a no alcanzar un nuevo equilibrio, aún varias centurias después que el cambio climático haya alcanzado un nuevo equilibrio.

Cambios en la extensión y duración de hielo en el mar sumados a cambios en las características de las corrientes marinas, pueden afectar la distribución, abundancia y cosecha de krill, vínculo importante en la fauna oceánica, en los océanos meridionales. Si hubiera una retracción rápida del hielo marino en la Antártida o si el hielo marino redujera su extensión, la pesca del krill podría hacerse más atractiva para las naciones involucradas (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 16.2.2.2). Tal posibilidad resultaría crítica para las actividades pesqueras en América del Sur.

Se espera que en latitudes tropicales, la mayoría de los organismos migratorios sean capaces de tolerar el calentamiento climático, pero la suerte de las especies sedentarias dependerá en gran medida de los cambios climáticos locales. Por ejemplo, los corales son sensibles a los cambios en la temperatura; un caso de blanqueo de corales ocurrió durante los episodios de *El Niño*, registrados en 1983 y 1987 (Glynn 1989; Brown y Odgen 1993) cuando las temperaturas de los océanos fueron más elevadas que lo normal. Por consiguiente, bajo condiciones ambientales más cálidas, resultantes del cambio climático, la expectativa es que los corales y otras especies sedimentarias serán afectadas. La mortalidad de los corales está correlacionada positivamente con la intensidad y extensión de los episodios de calentamiento (Glynn 1989, Glynn y Cruz 1990); investigaciones paleoclimatológicas recientes sobre el Fenómeno ENOA muestran que los registros de corales pueden ser leídos como un dato sustitutivo (proxy) del aumento de las temperaturas de la superficie del mar (TSM), potencialmente a lo largo de varios miles de años (Cole *et al* 1992; Shen 1993). Sin embargo, se reconoce que otras tensiones ambientales, tales como contaminación, sedimentación e influjo de nutrientes, también podrían afectarlos (Maul 1993; Milliman 1993; IPCC 1996, SIE GT II, Sección 9.4).

Con respecto a los efectos del cambio climático sobre la navegación en los océanos meridionales no hay un consenso claro, a pesar de los recientes y numerosos desprendimientos de icebergs (Doake y Vaughan 1991; Svarka 1993, 194), sobre si la abundancia de icebergs, y sus daños a la navegación, cambiarán con el calentamiento climático (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 7.5.3).

6.2 Aumento del nivel del mar

Las proyecciones del aumento del nivel del mar, notificadas por el GT I del IPCC (escenario IS92a), indican que, en promedio, el nivel del mar se elevaría alrededor de 5 mm/año, con un rango de incertidumbre de 2 a 9 mm/año. Un punto importante a tener en cuenta es que la mejor estimación corrientemente disponible representa una rapidez de aumento del nivel del mar que es alrededor de dos a cinco veces la rapidez experimentada durante los últimos cien años (es decir 1.0 a 2.5 mm/año). No puede asumirse que a nivel regional o local los cambios del nivel del mar serán necesariamente iguales a los del cambio global. Esto es porque el movimiento vertical de la Tierra afecta al nivel del mar y, en segundo lugar, hay efectos dinámicos resultantes de la circulación oceánica, configuraciones de viento y presión, y la densidad del agua de los océanos que causan variaciones en el nivel de la superficie del mar con respecto al geoide (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 9.4).

Los efectos biogeofísicos del aumento de nivel del mar variarán grandemente en las diferentes zonas costeras alrededor del mundo, debido a que las formas de las costas y los ecosistemas son dinámicos y ambos responden y modifican a la variedad de procesos externos e internos que los afectan. Por ejemplo, las condiciones de inundación de las Pampas, en la Provincia de Buenos Aires, serían exacerbadas por cualquier aumento en el nivel del mar, debido al hecho que el Río Salado, el único sistema de drenaje para tal planicie, sería reducido en efectividad por el aumento de nivel del mar. Algunos sectores

costeros en América Central y sobre la costa Atlántica de América del Sur estarían sujetos al riesgo de inundación. Áreas planas, como los deltas del Amazonas, Orinoco y Paraná y las desembocaduras de otros ríos, como el Magdalena, en Colombia, serán afectados por el aumento del nivel del mar (IPCC, 1990). Estuarios, como el del Río de la Plata sufrirán crecientemente la intrusión de agua salada, creando problemas en el suministro de agua potable. Estos efectos dependen del nivel del mar y de las características de las circulaciones atmosférica y oceánica.

La pérdida actual de tierras debido al aumento del nivel del mar representa una fracción pequeña de los territorios nacionales, pero puede producir impactos mayores en aquellas áreas donde se encuentran grandes asentamientos humanos e instalaciones turísticas, incluidas sus infraestructuras. Los resultados sintéticos de casos de estudio de países están dados en la Tabla 5, incluyendo la estimación de los impactos de un incremento del nivel del mar de 1 m. La consideración de casos particulares, como el de Uruguay muestra que, aun cuando la cantidad de tierra perdida en la costa uruguaya sería muy pequeña, el riesgo del capital invertido es muy importante. La industria turística nacional, que crea más de 200 millones de dólares EE.UU. por año de ingresos públicos y atrae a más de un millón de personas cada verano, podría ser seriamente afectada. Áreas costeras protegidas, como las de la Laguna Taricagua, en Venezuela, podrían ser dramáticamente alteradas (Perdomo *et al* 1996). Como ya fue mencionado, las únicas áreas de Argentina vulnerables al aumento del nivel del mar son las costas de la Provincia de Buenos Aires y el Estuario del Río de la Plata (Perillo *et al* 1992). Los acuíferos costeros serían también afectados por el aumento del nivel del mar y habría intrusión de agua salada afectando el suministro de agua dulce en ambos márgenes del Río de la Plata, incluyendo la densamente poblada Área Metropolitana de Buenos Aires.

La mayoría de los recursos pesqueros globales dependen, en alguna etapa de su desarrollo, de hábitats vecinos a las costas y ubicados en

los estuarios (Chambers, 1991, IPCC-FAR 1990, Capítulo 6, Sección 3.5). La producción pesquera sufriría si los humedales costeros y otros hábitats que sirven como viveros se perdieran, como consecuencia del aumento del nivel del mar (Costa *et al* 1994). Es también aparente que las comunidades de manglares sufren de inanición en situaciones de poco oleaje, pobres en alimentos como se observan alrededor del Caribe, donde la falta de corrientes de fuerte oleaje no permite la distribución de sedimentos (Parkinson *et al* 1994).

Vulnerabilidad resultante de factores combinados

Los océanos costeros están ya bajo tensiones debido a una combinación de factores tales como presión poblacional creciente, destrucción de hábitats, aumento de la contaminación de origen terrestre y crecientes insumos de nutrientes y otros contaminantes a través de los ríos (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 9.2.2). En consecuencia los efectos del cambio climático podrían representar una serie de impactos mezclados y probablemente sinérgicos sobre un recurso ya sobretenido. Podrían también haber efectos sinérgicos entre el cambio climático y la sobrepesca. Estas tensiones combinadas pueden reducir la calidad de los peces y de sus cantidades en los mares de América Latina, aumentando la vulnerabilidad de la industria pesquera, particularmente, como ya se ha mencionado, en los océanos navegados por pesqueros de países de fuera de la región. Además de la antes mencionada vulnerabilidad de la zona costera, el aumento del nivel del mar y la creciente actividad de tormentas tendrían consecuencias adversas para las actividades de extracción fuera de la costa, el transporte marítimo, la salud humana, la actividades recreativas y el turismo. Un impacto adicional del aumento del nivel del mar en los países latinoamericanos, particularmente en aquellos de baja densidad poblacional, podría resultar de las tensiones políticas y culturales resultantes de la relocalización de inmigrantes desde otras regiones (p.ej. como resultado de la inundación de zonas costeras bajas y de islas pequeñas) (Canziani, 1993).

Tabla 5: Resultados sintéticos de estudio de países. Resultados en función del nivel de desarrollo actual y de una elevación del nivel del mar de un metro. "Población afectada", "Capital-valor" perdido y "Humedales" perdidos no suponen medidas de adaptación (es decir, ninguna respuesta humana), mientras "Adaptación" supone protección salvo en zonas de baja densidad demográfica. Todos los costos han sido ajustados al valor del dólar estadounidense en 1990 (adaptado de Nicholls, 1995).

País	Población afectada		Capital –valor perdido		Tierras perdidas		Humedales perdidos	Adaptación/ protección	
	Miles de personas	% Total	Millones de dólares	% del PNB	km ²	% Total		Millones de dólares	% del PNB
Argentina	—	—	>5.000 ¹	>5	3.400	0,1	1,100	>1.800	>0,02
Belice	70	35	—	—	1.900	8,4	—	—	—
Guyana	600	80	4.000	1,115	2.400	1,1	500	200	0,26
Uruguay	13 ²	<1	1.700 ¹	26	96	0,1	23	>1.000	>0,12
Venezuela	56 ²	<1	330	1	5.700	0,6	5,600	>1.600	>0,03
Venezuela	—	—	153 ³	0,46	124	0,22	—	—	—

¹Estimaciones mínimas — en el capital valor perdido no se incluyen los puertos.

²Estimaciones mínimas — la cantidad refleja el número estimado de personas desplazadas.

³Incluidos tierras y edificios.

Nota: los dos casos venezolanos se basan en diferentes metodologías y se refieren a diferentes lugares.

Fuente: IPCC 1996, GT II, Tabla 9-3.

En América Central los impactos asociados al aumento del nivel del mar tienen sus efectos mayores sobre la infraestructura agrícola y los recursos naturales a lo largo de la línea costera de la región, causando efecto inmediato sobre las condiciones socioeconómicas de los países del Istmo. El aumento del nivel del mar exacerbaría los procesos de erosión costera y salinización de acuíferos, y aumentaría los riesgos de inundación y de impactos de tormentas severas a lo largo de las costas (Campos *et al* 1996).

7. Agricultura

América Latina tiene alrededor del 23% de la tierra potencialmente arable del mundo aunque, en contraste con otras regiones, mantiene un alto porcentaje de ecosistemas naturales (GEO PNUMA). La tierra agrícola total (alrededor de 134 millones de ha), excluyendo los pastizales, representa menos del 20% de la superficie de América Latina. Unos 306 millones de ha (72,7%) de las tierras secas agrícolas en América del Sur (esto es: tierras irrigadas, cultivos de secano y tierras de pastoreo) sufren deterioros moderados a extremos (PNUMA 1991) y un 47% de los suelos en tierras de pastoreo han perdido su fertilidad (LAC CDE 1992). Esta degradación de la tierra incluye erosión y degradación del suelo en áreas de colinas y montañas y desertificación por exceso de pastoreo y salinización y alcalinización de suelo irrigados, en tierras de pastizales tropicales. El área de tierra irrigada ha crecido sustancialmente, los datos para los períodos 1966-68 y 1986-88 muestran que ha crecido de 8.674.000 ha a 14.040.000 ha (PNUMA 1991). La Evaluación Global de Degradación de Suelos (GLASOD 1990) sugiere que, en América del Sur, aproximadamente el 14 por ciento del área de estas tierras está afectado por alguna forma de degradación del suelo inducida por el hombre. La distribución porcentual de este área, por tipo y por grado de degradación del suelo está resumida en la Tabla 6.

Los desplazamientos históricos en las configuraciones del uso de la tierra son un factor importante a considerar en el diseño de estrategias adaptativas frente al cambio climático, con objeto de mantener o aumentar la producción y, al mismo tiempo, prevenir la erosión de los suelos y otras consecuencias indeseables sobre el medio ambiente (Viglizzo 1996).

Estudios de la dinámica del clima y del uso de la tierra a lo largo del último siglo han sido realizados por Viglizzo *et al* (1997, en prensa), con el objeto de cuantificar el impacto del clima sobre el cambio en el uso de la tierra y para discutir estrategias adaptativas del uso de la tierra, para las pampas argentinas. Ellos muestran un alto y positivo grado de asociación entre la lluvia y el crecimiento del cultivo, en zonas húmedas. Sin embargo, tal relación declina en la transición de zonas húmedas a semiáridas. En estos entornos marginales, el cambio del uso de la tierra aparece altamente correlacionado con el rendimiento de los cultivos (que es una función combinada de clima y tecnología), y menos correlacionado con la configuración de la precipitación (Viglizzo *et al*, 1995).

En los últimos 40 años, la participación de la agricultura en el PIB de los países de América Latina ha sido secundaria (del 10 al 12%), con respecto a otras actividades humanas (Baethgen, 1996). Sin embargo

la agricultura es todavía un sector clave en la economía de la región pues ocupa una importante proporción de la población económicamente activa (30–40%). Además, la agricultura ha generado el mayor ingreso por exportación en países que carecen de producción de petróleo o minerales. Finalmente, en los países más pequeños y pobres de la región, la agricultura es la base de estilos de vida de subsistencia, el mayor usuario del potencial de trabajadores y el principal sector de producción y exportación (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 13.7; Baethgen 1996.)

Vulnerabilidad e impactos

Debido a que la producción agrícola de los países de latitudes bajas y de escasos ingresos será probablemente la más negativamente afectada por el cambio climático (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 13.8), muchas comunidades latinoamericanas serían vulnerables al calentamiento de la Tierra. Las variaciones climáticas que resultarían en estaciones lluviosas más cortas, y/o en frecuencia creciente de años sin lluvias, tendrían consecuencias extremadamente negativas para la región. Sin embargo, el impacto sobre los rendimientos también depende de otros factores, tales como las variedades obtenidas por selección y las condiciones ambientales específicas.

En México, cualquier desplazamiento hacia condiciones más cálidas y más secas podría dar origen a un desastre nutricional y económico, porque la agricultura está ya tensionada por precipitaciones escasas y variables. Más de un tercio de la población de México trabaja en agricultura, un sector cuya prosperidad es crítica para la economía cargada de deuda de ese Estado. Aunque sólo un quinto de la tierra de cultivo de México está irrigada, esta área cuenta por la mitad del valor de la producción agrícola del país, incluyendo muchos cultivos de exportación (Liverman y O'Brien 1991). La conclusión principal del trabajo de Liverman y O'Brien es que México probablemente será más cálido y seco. De acuerdo con cada uno de los modelos usados, es probable que la evaporación potencial aumentará, y, en la mayoría de los casos la disponibilidad de humedad disminuirá, aún donde los modelos proyectan un aumento en la precipitación. Los análisis de sensibilidad basados en las deficiencias calculadas de evaporación y humedad, indican que la disponibilidad de agua podría aumentar sólo si los resultados de los modelos llegaran a producir lluvias y humedades relativas mucho mayores o radiación solar y viento significativamente menor. Tales cambios son, claro está, seguramente posibles si la modelización

Tabla 6: Tipo y grado de degradación del suelo resultante de la actividad humana, en América del Sur.

Tipo	Grado (en porcentaje)			Total
	Leve	Moderado	Grave	
Erosión del agua	14	29	4	47
Disminución de nutrientes	12	17	5	34
Erosión del viento	9	6		15
Encharcamiento	3			3
Salinización	1			
Total	39	52	9	100

Fuente: GLASOD, 1990; PNUMA, 1992.

Recuadro 4. Evaluación de la vulnerabilidad de las actividades agrícolas al cambio climático, en Belice.

Con la coordinación del Proyecto Centroamericano de Cambios Climáticos (PCCC) y con el apoyo del Programa estadounidense de Estudios por País (USCSP), en América Central fueron desarrollados estudios de vulnerabilidad al impacto del cambio climático en el sector agrícola. La metodología adoptada consideró la adquisición y análisis de datos, el uso de modelos agrometeorológicos y la realización de estudios biofísicos, incluyendo simulaciones bajo condiciones climáticas de base y modificadas y la evaluación de resultados (t/ha, duración del cultivo, evapotranspiración). Los escenarios seleccionados incluyeron un rango de temperaturas entre + 1° y + 2°C y precipitaciones entre +20 mm y -20 mm, en intervalos de 10 mm.

Impacto del cambio climático en la producción de maíz, frijol *red kidney* y arroz, en Belice

El experimento de campo tuvo lugar en dos lugares, uno en un área de secano, para maíz y frijoles, y el otro en tierras secas, para arroz. Los datos básicos incluyeron información detallada de los suelos, temperaturas máximas y mínimas, horas de insolación y precipitación. El modelo computaba las otras variables requeridas. El modelo también incluyó información sobre administración (fecha, cantidad, tipo, aplicaciones de fertilizantes y, también, la profundidad y espaciamiento de las plantas y la fecha en que fueron plantadas).

Las conclusiones de esta evaluación pueden ser resumidas de la siguiente manera: con respecto a la operación total, los cambios simulados en el rendimiento de los cultivos están gobernados por dos factores: cambios en el clima (temperatura y precipitación) y enriquecimiento de CO₂. Las interacciones de esos factores sobre el crecimiento de la cosecha de referencia son a menudo complejos. Sin embargo, las disminuciones del rendimiento son causadas primariamente por el aumento de la temperatura, que reduce la duración de las etapas de crecimiento del cultivo. Configuraciones nuevas y fluctuantes del tiempo podrían tener un fuerte efecto negativo sobre las actividades económicas en agricultura. La mayoría de la población de Belice, que es altamente dependiente de las actividades de granja, podría muy bien ver sus vidas destruidas por reducciones en la precipitación y aumento de temperaturas debido al cambio climático. La agricultura continúa siendo una porción mayor de la economía de Belice. Por ello es importante planificar y evaluar estrategias para la adaptación al cambio climático.

de nubes y las condiciones sinópticas mejoraran, pero al presente parece que lo más probable es una disminución de la humedad.

Una serie de estudios desarrollados en todos los países del Istmo Centroamericano, dentro del Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático, con la cooperación del USCSP, estimaron la vulnerabilidad de los recursos agrícolas. Estos estudios se basaron en escenarios generados a través de un juego de MCG, que incluyeron a los siguientes dispositivos: CCC-J1, UKMO-He, GISS-G1, GFDL-A1 y GFDL K2. Ellos fueron enfocados sobre algunos cultivos específicos (maíz, arroz, sorgo y/o frijoles), aunque sorprendentemente no sobre cultivos de exportación, tales como bananas y café. Puesto que un sumario completo de los resultados de estos estudios resultaría tedioso, y porque ellos no son altamente confiables (como se ha indicado en el Resumen Ejecutivo de este Informe, los MCG mencionados, en general, no están bastante ajustados para este tipo de estudios puntuales), un caso de estudio es presentado en el Recuadro 4, para informar sobre la naturaleza de los resultados alcanzados en este primer ejercicio para satisfacer el requerimiento de la CMCC, referente a la presentación de informes nacionales.

Con respecto a la relación entre agricultura y recursos hídricos, los estudios arriba mencionados están limitados exclusivamente a los impactos conocidos de las deficiencias hídricas sobre las actividades agrícolas. Sin embargo, la información disponible sobre algunos cultivos generadores de ingresos, en países del Istmo Centroamericano, indican que, en las condiciones actuales del clima, la productividad de los cultivos de bananas está históricamente afectada por condiciones ambientales asociadas a tormentas tropicales, particularmente en áreas ya sometidas a condiciones de inundación. Esta condición preexistente indicaría que, a lo largo de la vertiente Centro

América-Caribe, estos cultivos podrían ser tensionados adicionalmente si el cambio del clima conduce a una frecuencia creciente de condiciones de tormenta y precipitaciones intensas (Campos 1996).

En estudios climáticos que involucran proyecciones de MCG y modelos de cultivo de trigo, maíz, cebada, soja, papas y uvas, en América Latina (Tabla 7), en 9 de los 12 estudios realizados, los rendimientos de los cultivos disminuyen frente al cambio climático, aun cuando se hayan tomado en cuenta los efectos directos del aumento de CO₂. La experiencia disponible con respecto al desarrollo y transmisión de pestes y enfermedades, permite inferir que el cambio climático desataría muchas de ellas y extendería su rango geográfico (Austin Bourke 1955; Pedgley 1980, Omar 1980).

Un área altamente vulnerable al cambio climático es el Noreste de Brasil, fuertemente influenciado por el fenómeno ENOA (ver sección 6.1.3). Allí son frecuentes los años sin lluvias, que están caracterizados por la ocurrencia de hambruna y migraciones en gran escala hacia las áreas metropolitanas (Magalhaes y Glantz 1992, IPCC 1996, SIE GT II, Sección 13.7; IPCC 1996, SIE GT III Sección 6.5.9). En el modelo agrícola global de Rosenzweig *et al* (1993), los impactos del cambio climático sobre los rendimientos están entre los más severos de todas las regiones. En condiciones de escenarios de 2 x CO₂, se proyecta una disminución de los rendimientos del 17 al 53%, según si los efectos del CO₂ son considerados o no. Se proyectan disminuciones similares en Uruguay y México (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 13.6.6; Conde *et al* 1996).

Las agroindustrias que dependen de producción primaria serán vulnerables al cambio climático (véase la Sección 6.10, Industria, energía y transporte). Las operaciones relacionadas con la ganadería de capital

intensivo, como la producción lechera, que dependen de la producción de pastizales serán probablemente afectadas negativamente (Parry *et al* 1988, Baker *et al* 1993; Klinedinst *et al* 1993). Sin embargo, los impactos podrían ser menores para sistemas de producción ganadera relativamente intensa (p.ej. producción de carne en confinamiento, lechería, producción avícola, producción porcina, etc.) (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 13.5).

El cambio climático afectará también a la distribución y el grado de infección de los insectos indirectamente, a través de los efectos del clima sobre huéspedes, predadores competidores e insectos patógenos. Hay alguna evidencia de que el riesgo de pérdida de cosechas aumentará debido a la expansión de los rangos de distribución de insectos hacia los polos. Las especies de insectos caracterizadas por altas tasas de reproducción son generalmente favorecidas (Southwood y Comins 1976). Las alteraciones de origen humano que afectan a la sobrevivencia de la planta huésped, por ejemplo la irrigación, también afectan a las poblaciones de insectos fitófagos.

La ocurrencia de pestes micóticas o bacteriales en plantas depende de la temperatura, lluvia, humedad, radiación y rocío. Las condiciones climáticas afectan la sobrevivencia, crecimiento y dispersión de patógenos así como la resistencia de los huéspedes. Friederich (1994) resume la relación observada entre las condiciones climáticas e impor-

tantes enfermedades de plantas. En América Latina, condiciones cálidas y húmedas llevan a brotes más tempranos y fuertes de la roya tardía de la papa (*Phytophthora infestans*), como ocurrió en Chile al comienzo de los 50 (Austin Bourke 1955; Löpmeir 1990; Parry *et al* 1990). Temperaturas más cálidas podrían probablemente desplazar la ocurrencia de estas enfermedades a regiones actualmente más frías (Treharne 1989).

Como resultado de estas tendencias, los agricultores con recursos financieros limitados y sistemas agrícolas con escasas oportunidades de adaptación tecnológica para limitar o revertir los impactos del cambio climático, pueden sufrir quebrantos significativos y pérdidas financieras resultantes de cambios relativamente pequeños en el rendimiento de los cultivos y la productividad (Parry *et al* 1990, Downing 1992). Es probable que se produzcan conflictos entre usos alternativos de áreas de tierras bajo condiciones climáticas cambiantes, p.ej. podría producirse competición por la misma parcela entre agricultura en expansión y otros usos de la tierra (conservación, forestación, relocalización de población, etc).

Las disparidades de los impactos en el área agrícola, entre países desarrollados y países en desarrollo pueden ser afectadas por los mercados internacionales, que pueden moderar o reforzar intercambios locales e internacionales (Reilly *et al* 1994, Rosenzweig y Parry 1994).

Tabla 7: Estimación del rendimiento de los cultivos a partir de diferentes MCG en las actuales condiciones de tecnología y gestión (véase IPCC 1996, GT II, Capítulo 13, para la información completa sobre las obras de referencia).

Fuente	Escenario	Alcance geográfico	Cultivo(s)	Impacto sobre el rendimiento (%)
Baethgen (1992, 1994)	GISS GFDL UKMO ¹	Uruguay	Cebada Trigo	-40 a -30 -30
Baethgen y Magrin (1994)	UKMO ¹	Argentina Uruguay	Trigo	-10 a -5
Siqueira <i>et al.</i> (1994) Siqueira (1992)	GISS GFDL UKMO ¹	Brasil	Trigo Maíz Soja	-50 a -15 -25 a -2 -10 a +40
Liverman <i>et al.</i> (1991, 1994)	GISS GFDL UKMO ¹	México	Maíz	-61 a -6
Downing (1992)	+3°C -25% precip.	Norte Chico, Chile	Trigo Maíz Papas Uvas	disminución aumento aumento disminución
Sala y Paruelo (1992, 1994)	GISS GFDL UKMO ¹	Argentina	Maíz	-36 a -17

¹En estos estudios también se consideró la vulnerabilidad de los recursos agrícolas frente a las variaciones de la temperatura, de +2°C y +4°C, y la precipitación, de -20% y +20%.

Países cuyas economías reposan fuertemente en la producción agrícola tendrían que hacer frente a fuertes desbalances entre costos de producción y precios internacionales. De acuerdo con Rosezweig y Parry (1994) los cambios modelados para países en latitudes bajas son ante todo negativos, aún cuando sean considerados los efectos directos de CO₂ en plantas, niveles moderados de adaptación en granjas, fundos o haciendas, así como las respuestas de producción y precios del sistema alimentario mundial. Las limitaciones económicas, los conflictos sociales (renuencia de los campesinos a abandonar prácticas tradicionales) y problemas ambientales (p.ej. salinización debido a irrigación creciente, no considerada en los modelos) estarán probablemente limitando severamente la capacidad de adaptación e impidiendo la expansión de las fronteras agrícolas. Los impactos económicos netos del cambio climático sobre cultivos son negativos para varios países latinoamericanos analizados por Reilly *et al* (1994), aún cuando se consideraran niveles modestos de adaptación. La única excepción sería Argentina porque, como importante exportador de granos, se beneficiaría por los precios mundiales altos, aún cuando sus rendimientos bajarán.

8. Salud humana

La salud ha sido definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como “un estado de bienestar físico, mental y social completo y no meramente como la ausencia de enfermedad o malestar”. Como es sabido, diferentes aspectos de este bienestar están relacionados con el tiempo y el clima pero dependen principalmente del bienestar de la comunidad. Debido a que América Latina tiene un entorno tropical y subtropical muy grande, sus habitantes están ya expuestos a un número de enfermedades infecciosas y pestes típicas de esas zonas. Como lo destaca el IPCC 1996, SIE GT II, Sección 18.1.3, las comunidades más vulnerables son aquellas que viven en la pobreza, con una alta subnutrición prevaleciente y con exposición crónica a agentes de enfermedades infecciosas. Como resultado, un creciente número de personas, que están viviendo bajo tales condiciones críticas en América Latina, resultaría afectada si, como se espera, el calentamiento de la Tierra agrava los procesos de transmisión de enfermedades y pestes. El *World Resources Institute* proveyó la información contenida en la Tabla 8, sobre el número estimado de personas desnutridas en América Latina lo que permite ilustrar la situación.

Los tipos de mayor impacto potencial a la salud han sido clasificados como impactos “directos” e “indirectos”, de acuerdo a si ellos ocurren predominantemente por efecto directo de los valores exacerbados de una o más variables climáticas (temperatura, precipitación, radiación solar, etc) sobre el organismo humano o están intermediados por cambios inducidos por el clima, en procesos biogeoquímicos complejos o por las influencias climáticas sobre otros riesgos ambientales de la salud.

8.1 Impactos directos del cambio climático

Los impactos directos del cambio climático dependen principalmente de la exposición a las olas de calor o de frío o a los fenómenos meteorológicos extremos. En el primero de los casos hay una alteración de enfermedades y muertes relacionadas con calor y frío. A pesar de que

Tabla 8: Número estimado de personas desnutridas en América Latina, 1969–1971, 1979–1981, y 1983–1985. En millones de personas

Período	Población (en millones)	Parte de la población (%)
1969–1971	51	18
1979–1981	52	15
1983–1985	55	14

Fuente: Consejo Mundial de la Alimentación NU (CMA). Decimotercera Reunión Ministerial, Beijing, China, 1987.

América Latina no fue incluida entre las cinco regiones identificadas por el IPCC-FAR (1990) (Capítulo 5, Sección 6) para el análisis de simulaciones regionales del cambio climático, Kattemberg *et al* (1996) llevaron a cabo evaluaciones tentativas generalizadas con respecto a los fenómenos extremos. Los estudios en los países templados y subtropicales habían mostrado aumentos en las tasas diarias de mortandad asociadas con temperaturas extremas en el aire libre. La mortalidad crecía mucho más bruscamente con temperaturas en ascenso que con temperaturas en descenso. La mortalidad más baja se da dentro de un rango de temperaturas y humedades intermedias confortables (entre 21° y 26° y por debajo del 60% de humedad relativa, en esos países).

En el Segundo Informe de Evaluación del IPCC no se incluyen referencias a estudios e investigaciones relativos a los impactos directos del calentamiento terrestre proyectado sobre las condiciones de salud en América Latina; sin embargo, la extrapolación de las investigaciones realizadas en ciudades de los Estados Unidos de América, China, Países Bajos y Cercano Oriente, indicarían que, también en esta Región, la morbilidad y la mortalidad podrían aumentar con el incremento esperado en el número de días con temperaturas diarias elevadas (es decir, la persistencia de días con temperaturas más altas que las temperaturas máxima y mínima normales) (Kalkstein 1993; Haines *et al* 1993, IPCC 1996, SIE GTII Sección 18.2.1). Los impactos serían empeorados por tasas de humedad elevadas, radiación solar intensa y vientos débiles. Todos estos factores afectan los mecanismos fisiológicos de la adaptación humana.

La altas temperaturas y los contaminantes del aire, especialmente las partículas, cuando actúan sinérgicamente han demostrado tener influencia sobre la mortalidad humana. Esta es la situación corriente en grandes ciudades como México DC y Santiago de Chile, exacerbando la formación de contaminantes secundarios (p.ej. ozono) (Escudero 1990; Katsouyami *et al* 1993; Canziani 1994).

El calentamiento global podría aumentar la cantidad y severidad de fenómenos meteorológicos extremos, tales como tormentas, inundaciones y sequías, y los efectos relacionados: derrumbes e incendios naturales. Tales eventos tienden a aumentar las tasas de mortandad y de patologías, directamente por medio de heridas, o indirectamente a través de enfermedades infecciosas así como por problemas sociales,

que derivan de conflictos interpersonales, efectos psicológicos adversos, otras tensiones, etc (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 18.2.2). Como se indica en la Sección 6.9, las villas miseria y barriadas (favelas), establecidas en colinas y laderas de cerros y los asentamientos humanos en áreas propensas a inundaciones, están sujetas a desastres naturales periódicos que afectan adversamente a la salud humana. Estos asentamientos periurbanos, sobrepoblados y con servicios muy precarios, también proveen áreas potenciales para la cría y desarrollo de vectores (ratas, ratones, cucarachas, moscas, etc) y organismos de enfermedades. Las comunidades rodeadas por estos cinturones de pobreza se hacen más vulnerables a brotes periódicos de enfermedades (OMS, Comisión de Salud y Ambiente, 1992).

La variabilidad climática también puede agravar las enfermedades que resultan de la contaminación del agua. Por ejemplo, aumentaron las infecciones por salmonella, después de las inundaciones en Bolivia, como resultado del episodio *El Niño* de 1983.

8.2 Impactos indirectos del cambio climático

Algunas enfermedades infecciosas son más comunes en las áreas tropicales y subtropicales que en las áreas templadas o frías. Por consiguiente, el calentamiento de la Tierra podría conducir a la extensión de su área de influencia o a aumentar la importancia de los brotes. Algunas de ellas son infecciones relacionadas con el agua y los alimentos, y cuando son introducidas en una región muestran la tendencia de extenderse por toda ella. Los agentes virales, bacteriales y protozoarios de la diarrea pueden sobrevivir en el agua durante largos períodos de tiempo, especialmente en aguas más cálidas y entonces aumentan su dispersión durante períodos de lluvias, incrementando su transmisibilidad en las personas. Un ejemplo es el cólera, introducido en Perú en 1993 que produjo un brote que se difundió en la mayor parte del subcontinente sudamericano, incluyendo lugares tan alejados como la ciudad de Buenos Aires (OPS–Oficina Panamericana de la Salud, 1994). Su relación con *El Niño* ha sido propuesta por Colwell (1996). Esta enfermedad y otras diarreas y disenterías están asociadas a la distribución y calidad del agua superficial y también a situaciones de inundación o carencia de agua. Estas condiciones alteran la dinámica poblacional de organismos, impiden la higiene personal y perjudican a los sistemas de alcantarillado locales. Los incrementos en la florecencia de algas costeras pueden amplificar la proliferación y transmisión del *Vibrio cholerae*.

La floración explosiva de algas puede ser asociada con la contaminación biotóxica de peces y moluscos (Epstein *et al* 1993). Con el calentamiento de los océanos, toxinas producidas por fitoplancton sensible a la temperatura, podrían causar contaminaciones en los frutos de mar más a menudo, dando como resultado un aumento de la frecuencia de envenenamientos. Entonces, los cambios inducidos por el clima en la producción de patógenos acuáticos y biotoxinas puede comprometer la seguridad de los alimentos del mar. Infecciones y enfermedades parasitarias son causas importantes y relevantes de morbilidad y mortalidad en América Latina y la causa principal de la muerte de niños (OPS 1994).

Otras enfermedades infecciosas no incluidas en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC han adquirido ahora relevancia y podrían

alcanzar niveles críticos de importancia futura, en América del Sur. Tal es el caso de algunos virus que han presentado brotes inesperados, como es el caso de algunos virus de arena (*Arena viridae*) en Argentina y Bolivia (OPS 1996) y virus de Hantann en el sur de Argentina, cuya relación con el cambio climático no está todavía bien entendida. Algunos hongos, como el *Paracoccidioides brasiliensis*, que tiene requerimientos de humedad alta, generalmente asociada con regímenes de lluvia de 500 a 2.000 mm por año y temperaturas medias entre 14° y 30° C, se encuentran en algunas áreas de América del Sur (p.ej. Brasil, Venezuela y norte de Argentina) (Restrepo *et al* 1972, donde esta micosis se está haciendo endémica. Ellos pueden extenderse fuera de esta región si el cambio climático provee las condiciones adecuadas para dar comienzo a la cadena epidemiológica. En relación con esta cuestión, el incremento del tráfico en autorutas, debido a la activación comercial que resulta del nuevo mercado común regional —MERCOSUR— se transformaría en uno de los problemas ambientales que puede requerir el desarrollo de barreras sanitarias apropiadas —tales como sistemas o procedimientos de desinfección en el transporte automotor, fluvial y aéreo de personas y mercaderías—, en las fronteras comunes.

Una categoría especial de enfermedades infecciosas es un grupo conocido como enfermedades transmitidas por vectores (*VBD–vector-borne diseases*, del inglés). Ellas pueden afectar a un gran número de personas en América Latina. Podrían expandir sus fronteras geográficas y altitudinales debido a las condiciones más favorables para virus y otros agentes, reservorios y vectores, como resultado del calentamiento de la Tierra. La lista de las más importantes VBD en América Latina está dada más abajo, con indicación de sus vectores principales.

- **Malaria:** los vectores son varias especies de mosquitos del género *Anopheles*. Su incidencia es afectada por la temperatura, agua en superficie y humedad (Carcavallo *et al* 1995).
- **Dengue:** los vectores son el *Aedes* y otras especies diferentes de mosquitos. Se está expandiendo en América Latina (Koopman *et al* 1991, Herrera-Basto *et al* 1992). Altas temperaturas, particularmente en invierno promueven la expansión de esta enfermedad (Halstead 1990).
- **Fiebre Amarilla:** los vectores son varias especies de mosquitos, siendo su epidemiología similar a la epidemiología urbana del dengue, pero también tiene ciclos de desarrollo silvestre (Martínez *et al* 1967).
- **Enfermedad de Chagas o Trypanosomiasis americana:** el vector es el chinche *Triatominae* o vinchuca del orden de las Hemipteras. Tiene cerca de 100 millones de personas en situación de riesgo y 18 millones de infectados en América Latina (OMS 1995; Carcavallo y Martínez 1972; Hack 1955).
- **Schistosomiasis:** los vectores son los caracoles de agua (Grosse 1993, Hunter *et al* 1993).
- **Onchocerciasis o ceguera de río:** los vectores son varias especies de *Simulidae* o mosca negra (OMS 1985).
- **Leshmaniasis:** los vectores son varias especies de *Phlebotominae* o mosca de arena (Bradley 1993).
- **Filiarias linfática:** vector varias especies de mosquitos (OPS 1994).

En esta Región hay también otros virus que afectan a los seres humanos. Uno de ellos es el que produce la encefalitis equina venezolana.

Ella es transmitida por varias especies de mosquitos y se ha informado sobre casos registrados en Colombia y Venezuela (OMS 1996). Su relación con el cambio climático no ha sido demostrada todavía; sin embargo, este podría afectar la distribución y dispersión así como algunos comportamientos y las configuraciones tanto de los vertebrados que son reservorios (mamíferos y pájaros) como de los vectores.

Ambos, agentes infectantes y vectores, son sensibles a los cambios ambientales, especialmente a aquellos condicionados por las temperaturas y la humedad. Los vectores son también sensibles al viento, la humedad de suelo, el agua superficial y cambios en la distribución de la vegetación y los bosques (Bradley 1993). Las temperaturas y la humedad tienen influencia en la dispersión geográfica y altitudinal de

los vectores (Curto de Casas *et al* 1994; Burgos *et al* 1994) y, también, en la dinámica de la población y su comportamiento. La precipitación es un factor importante para vectores con fases acuáticas, como los mosquitos y las moscas negras, porque los lugares de cría son aumentados y mantenidos por las lluvias. Los vientos pueden contribuir a la dispersión de algunos insectos voladores, como ha sido observado en mosquitos, moscas negras y de arena (Ando *et al* 1996).

Debiera tomarse nota que algunos años atrás las VBD eran muy críticas en muchas áreas de la región; sin embargo, durante los últimos años, algunas de ellas han sido casi completamente controladas o reducidas en su endemividad. La malaria prevalece en las áreas tropicales y subtropicales del continente americano, desde el sur de

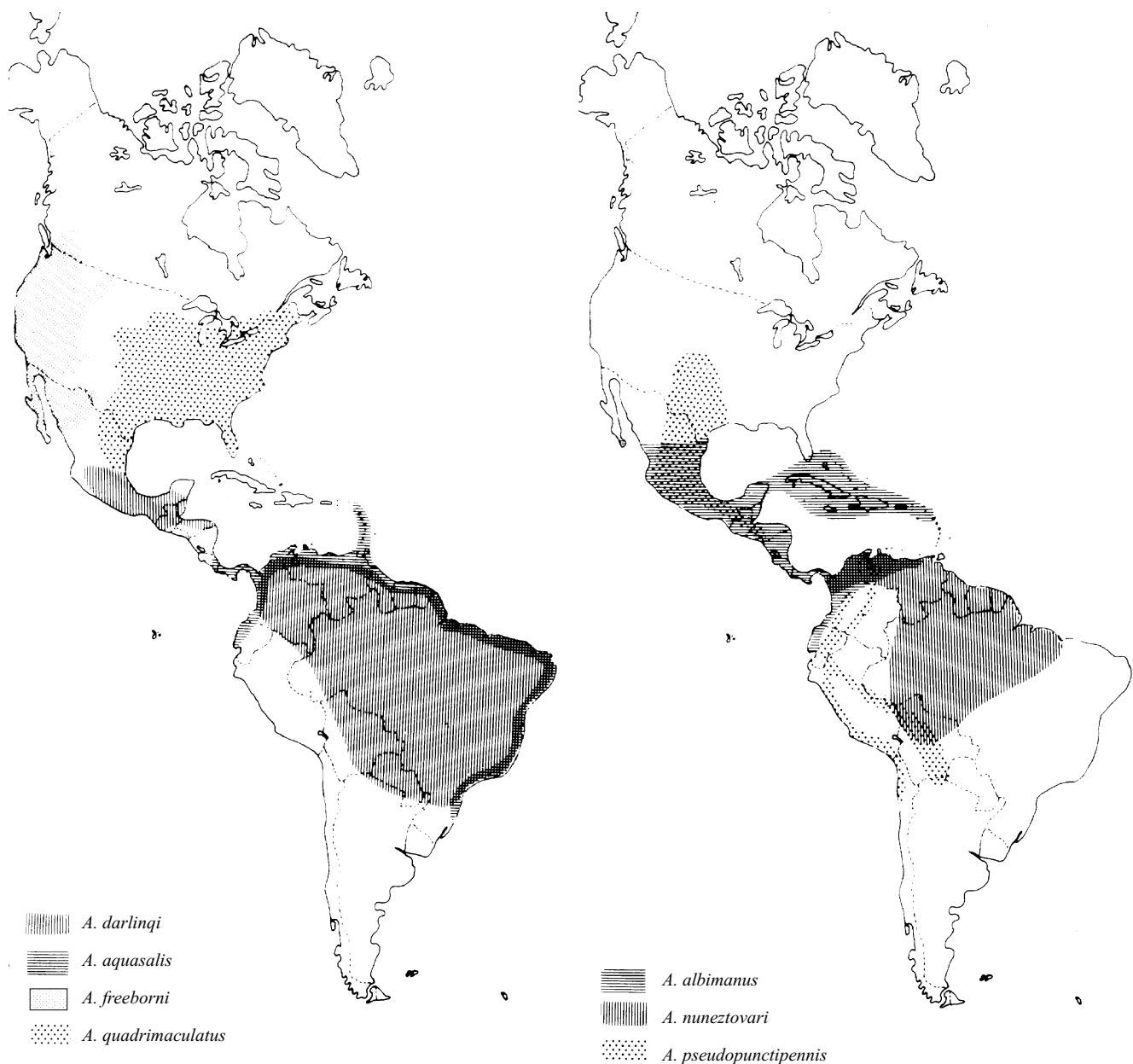


Figura 6: Distribución de los principales vectores de malaria en América Latina (OMS, 1996).

México al norte de Argentina. Varias especies de mosquitos del género *Anopheles* son vectores de *Plasmodium vivax* y *Plasmodium falciparum* agentes causales de enfermedades en temperatura inferiores a 14°–18° C, según la especie de *Plasmodium* (véase la Figura 6). El tipo normal de curva de epidemiología de la malaria, en el noreste de Argentina mostró siempre un pico de casos nuevos cada 1 a 4 años, particularmente durante los meses de marzo a mayo o junio, cuando el *Anopheles darlingi* estaba presente. Sin embargo, durante el período 1991-1993, hubo casos cada mes del año y ejemplares de *Anopheles darlingi* fueron capturados y/o notificados vistos durante todo el período. Más estudios son entonces necesarios para evaluar la influencia de los nuevos diques en el comportamiento de especies, vectores y epidemiología de la enfermedad así como la influencia del aumento de las temperaturas mínimas. Carcavallo *et al* (1995). Maertens *et al* (1995) han predicho que temperaturas más altas de varios grados centígrados en altitudes mayores, como las que podrían registrarse en las regiones andinas con el cambio climático proyectado, podrían también producir transmisiones epidémicas estacionales en áreas actualmente libres de paludismo.

En el pasado reciente, los esquemas de irrigación y los cambios en la agricultura en América Central, asociados a la resistencia creciente de vectores a los insecticidas, han dado origen a un incremento de casos nuevos de malaria. Pero los brotes más severos se han registrado en Brasil, particularmente en la cuenca del Amazonas, donde se han notificado más del 50% de los casos de malaria en las Américas, incluyendo 6.000 a 10.000 muertes por año, como consecuencia de nuevos asentamientos y actividades mineras desarrolladas en localidades insalubres de la selva del Amazonas (OMS 1993).

El dengue y la fiebre amarilla son dos enfermedades que tienen virus y epidemiología similares y son transmitidas por el mismo vector urbano, el mosquito *Anopheles aegypti*. Aunque esta especie es reconocida como el vector principal, otra (*Aedes albopictus*) ha invadido el continente americano, colonizando en Estados Unidos y Brasil. En América Latina el dengue es corrientemente más activo que la fiebre amarilla. Es un virus semejante al de la influenza y, ocasionalmente toma la forma de fiebre hemorrágica, y es letal alrededor del 15% de las veces. Los estudios realizados en México han mostrado que un aumento del 3° al 4°C en la temperatura media puede duplicar la tasa de transmisión (Koopman *et al*, 1991) y que su transmisión es común en áreas con temperaturas por encima de los 20°C (Halstead 1990). Se han encontrado casos de dengue en el Estado de Guerrero, a 1.700 m/snm, una elevación que nunca había sido alcanzada antes (Herrera Basto *et al* 1992). Sin embargo, esta altura ha sido ahora sobrepasada en otras regiones. Aparentemente el límite térmico del *Aedes aegypti* podría estar en una temperatura de mitad del invierno de 10°C (Shope 1991). La reinfección de la Ciudad de Buenos Aires con esta especie ha sido notificada recientemente (Junín *et al* 1995), después de 30 años de haber sido formalmente declarado erradicado. A este respecto, la temperatura es considerada como un predictor de los brotes de dengue. Martens *et al* (1997) han identificado áreas demasiado frías para la transmisión del virus, incluyendo aquellas con las temperaturas actuales de la Ciudad de México.

La enfermedad de Chagas o *tripanosomiasis* americana es una enfermedad parasitaria producida por el *Tripanosoma cruzi*. Esta infección

es una de los flagelos más importantes en la salud pública de América Latina. Afecta los sistemas nervioso y digestivo humanos y, especialmente, el corazón. Sus vectores están distribuidos desde el paralelo 42° norte al 46° sur con una dispersión altitudinal que va desde el nivel del mar hasta alturas de 4.000 m (Bejarano 1967). Sin embargo, el área endémica de la enfermedad es mucho más pequeña, estando confinada a las regiones tropicales y subtropicales, especialmente en las áreas golpeadas por la pobreza. El *Triatoma infestans*, el vector más importante del *Tripanosoma cruzi* es encontrado en Argentina, Bolivia, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay. La mayor parte de las poblaciones de este vector vive dentro o alrededor de hábitats humanos, particularmente en las viviendas rurales pobres, con paredes hechas de barro y techos fabricados con ramas de árboles, paja u hojas de palma. Las colonias también se desarrollan al aire libre, en lugares con inviernos fríos y veranos cálidos (Carcavallo y Martínez 1972). El cambio climático puede tener alguna influencia en la dinámica de la población de los vectores (Hack 1955, Burgos *et al* 1994), pero también en el número de episodios de alimento de sangre y, por consiguiente, en las posibilidades de contactos infecciosos indirectos (Catala 1991, Catala *et al* 1992).

La región está también afectada por algunas formas de raquitismo, que son transmitidas por garrapatas (*Acarina*) que tienen a mamíferos silvestres como reservorios y pueden tener una importancia creciente si las condiciones de cambio climático se desarrollan en el sentido de permitir la coexistencia de cada enlace de la cadena epidemiológica.

Otros efectos indirectos del cambio climático sobre la salud humana serían aquellos que ponen en riesgo la producción alimentaria (Rosenzweig *et al* 1993, Reilly *et al* 1994), particularmente en aquellos casos que puedan afectar a poblaciones que ya viven en condiciones marginales, con una capacidad muy baja para cambios adaptativos (Leemans 1992). Por ejemplo la variabilidad y el cambio climático podrían aumentar los efectos adversos de pestes y enfermedades de plantas y animales sobre la calidad y cantidad de la producción alimentaria. El Fenómeno ENOA ha tenido efectos similares sobre la pesca de anchoas y sardinas y la industria de harina de pescado asociada, ambos importantes para las dietas de seres humanos y del ganado.

9. Asentamientos humanos

En América Latina, la región con la mayor tasa de urbanización del mundo, un extenso espectro de asentamientos urbanos ha sido establecido a diferentes elevaciones (desde el nivel del mar hasta regiones montañosas que exceden los 3.000 m). Estos lugares poseen una amplia variedad de características geográficas y topográficas (Figura 1). Puesto que los fenómenos meteorológicos y el clima ya están afectando sus condiciones ambientales, puede esperarse que el cambio climático tenga una multitud de efectos directos e indirectos sobre los asentamientos humanos, aún cuando la migración urbana no sea un factor concurrente. Sin embargo, este no es el caso en algunos países de la región. En efecto, grandes grupos de personas migran internamente y regionalmente de áreas rurales propensas a las sequías (Ezcurra 1990) y/o de las comunidades golpeadas por la pobreza (Canziani 1996), hacia ciudades modernas y bien desarrolladas. Las

tasas de desempleo indican que esta tendencia continuará, particularmente porque en las ciudades y núcleos urbanos/industriales/comerciales existen mejores posibilidades de trabajo que fuera de ellas. Tales ciudades pueden transformarse en los núcleos de las megalópolis latinoamericanas, atrayendo a gentes de los países vecinos menos desarrollados así como del interior. Los desplazamientos de poblaciones probablemente producirán serias consecuencias socioeconómicas y culturales, así como efectos relacionados con la salud (véase también la sección 6.7). Más de un cinturón de pobreza, tales como aquellos observados en las áreas metropolitanas de algunas ciudades latinoamericanas, pueden establecerse alrededor de una sola ciudad.

Vulnerabilidad e impactos

Las ciudades latinoamericanas ya están sufriendo el impacto del aumento del nivel del mar, del tiempo adverso y de condiciones climáticas extremas (inundaciones, inundaciones súbitas, tormentas de viento, desprendimientos de terrenos, olas de frío y calor, etc). Sufren también por los efectos indirectos, a través de impactos en otros sectores, tales como suministro de agua, distribución de energía, transporte, agricultura, servicios sanitarios, etc. Los umbrales a partir de los cuales los impactos aumentan rápidamente son únicos para cada situación local y tienden a depender del grado de respuestas adaptativas (sistemas y procedimientos de vigilancia y alerta, procedimientos de re-enrutamiento de tráfico, sistemas de bienestar flexibles, etc (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 12.2.)).

Debe esperarse que el calentamiento global afecte aún más la disponibilidad de recursos hídricos y de biomasa (carbón de leña y producción de combustibles) ambos elementos importantes como fuentes de energía en muchos países de América Latina. El agua y la biomasa están ya bajo condiciones de tensión en muchas de esas áreas como resultado de la demanda creciente, que se verá incrementada debido a la tendencia de las migraciones urbanas. La creciente población urbana en la región ha generado también dificultades en el suministro de agua potable de calidad adecuada para los residentes urbanos. En la mayoría de las ciudades los servicios de agua por tubería y los sistemas de cloacas no son disponibles para todos. En el área metropolitana de Buenos Aires, un 55% de la población obtiene su agua para beber de fuentes subterráneas, algunas de las cuales tienen serios niveles de contaminación, derivados del enterramiento de residuos industriales, agroquímicos y particularmente debido a los sistemas sanitarios precarios, consistentes de pozos negros (pozos para excrementos y materia fecal) (De Filippi *et al* 1994; González 1990).

En las regiones de montaña, muchos cientos de miles de personas viven en asentamientos precarios ubicados en laderas inestables de colinas, especialmente vulnerables a los impactos climáticos. En las últimas décadas cientos de personas murieron o fueron seriamente heridas y miles perdieron sus hogares por derrumbamientos de terrenos en Ciudad de Guatemala, Medellín, Mendoza, Ciudad de México, Río de Janeiro, San Pablo y Santos (Aguilar y Sanches 1993, Comisión de Salud y Medio Ambiente de la OMS 1992) y en Caracas (Hardoy *et al* 1984). Las barriadas, favelas o villas miseria que rodean las grandes ciudades de la región, están instaladas a veces en los valles de drenaje de ríos y corrientes superficiales, cuya frecuencia de inundación ha aumentado ya como consecuencia de la variabilidad climática

(Canziani 1996) y podría ser exacerbada como resultado del calentamiento global. Inundaciones y desprendimientos de tierra tienen efectos adversos sobre las condiciones de bienestar y la salud de las comunidades más pobres.

Los efectos no climáticos pueden ser más importantes que el cambio climático. Las condiciones ambientales y socioeconómicas locales están cambiando rápidamente.

Las condiciones de vida de millones de latinoamericanos son ahora más bajas que en los comienzos de los 70. En las últimas décadas la pobreza se ha transformado en un fenómeno marcadamente urbano. Los inmigrantes tienden a terminar viviendo en asentamientos periurbanos informales con serios problemas de infraestructura, que van desde un entorno insalubre y falta de suministro de agua y servicios de cloacas al acceso difícil a la energía, transporte, comunicaciones y aún un hábitat decente. Algunos asentamientos precarios alrededor de las grandes ciudades latinoamericanas, especialmente las capitales, pueden tener muchos cientos de miles de personas con los efectos resultantes sobre la salud humana, según se ha descrito en el párrafo 7.

10. Industria, energía y transporte

El tiempo y el clima tienen un papel decisivo en muchos de los sistemas organizados por el hombre y ambos, variabilidad climática y cambio climático, podrían afectar a estas actividades con impactos beneficiosos y adversos. Estos incluyen impactos directos sobre la planificación, instalación y funcionamiento de actividades industriales, producción de energía y transporte y, también, sobre la economía de los sistemas correspondientes. El clima afecta los mercados de productos y servicios y los recursos naturales de los cuales depende la actividad económica (IPCC 1996, SIE GT II, Sección 11.5). Entre las actividades directamente sensibles al clima se incluye la construcción, la producción de combustibles fósiles — incluyendo la perforación fuera de las costas; las manufacturas que dependen del agua, la generación de energía hidroeléctrica, la calefacción y el aire acondicionado, el turismo y la recreación. La industria localizada en zonas costeras y en áreas propensas a inundaciones podría ser probablemente afectada por las variaciones climáticas. Otras actividades que dependen de recursos sensibles al clima incluyen a las agroindustrias (producción de alimentos y bebidas, actividades relacionadas con actividades forestales y textiles), pero también la producción de combustibles de biomasa y energía, como se ha mencionado en la sección 4 y aquellas industrias asociadas con la producción de otras energías renovables.

La agroindustria es de relativamente gran importancia en países latinoamericanos donde las actividades asociadas con la agricultura constituyen el grueso de la economía. Las agroindustrias que dependen de la producción y transporte de productos tales como granos, azúcar y caucho, son vulnerables a cambios en las configuraciones de precipitación y la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos. La globalización seguramente definirá mejor las actividades futuras en las que algunos países de América Latina podrían estar involucrados. Estrategias consistentes en inundar el mercado con

productos industrializados (dumping) llevadas a cabo por países más desarrollados y por las economías emergentes del Sudeste asiático sugerirían que los países latinoamericanos podrían reorientar su desarrollo hacia el área de las agroindustrias, para tomar ventaja de sus recursos naturales y asegurarse su lugar en los mercados internacionales. El inicio de mercados regionales permitiría la combinación de las capacidades de producción de la agricultura y la agroindustria dentro de esta región, asumiendo que los recursos naturales disponibles sean evaluados a la luz de los cambios proyectados del clima, a través de monitoreo e investigación. Esta vía podría conducir al desarrollo sostenible de la región y al mejoramiento de su capacidad de producción para satisfacer las demandas de una población mundial en crecimiento.

Un dominio importante dentro de estas agroindustrias es el ya mencionado desarrollo de fuentes de energías por medio de la explotación de la biomasa (sección 4). En Brasil el Programa Combustible-Alcohol, —uno de los mayores programas comerciales de transformación de biomasa a energía— ha permitido la sustitución de gasolina por etanol en vehículos de pasajeros y de transporte liviano en Brasil (Goldenberg *et al* 1992). Los avances tecnológicos incluyendo producción y procesamiento más eficiente de la caña de azúcar, permiten la disponibilidad y bajo costo del etanol. La transición al combustible etanol ha reducido la dependencia de Brasil al petróleo extranjero (disminuyendo así la relación importación-exportación); creando oportunidades de empleo significativas y mejorando grandemente la calidad del aire urbano. Además, en razón de que el etanol derivado de la caña de azúcar es una fuente renovable (la caña es replantada en el mismo momento en que se la cosecha), la combustión de etanol virtualmente no agrega dióxido de carbono a la atmósfera y así ayuda a reducir la amenaza de calentamiento global. Con respecto a la energía hidráulica y sus restricciones, ya se ha mencionado que su producción será influenciada por cambios en la precipitación. Si estos cambios serán beneficiosos o no depende mucho de la relación entre condiciones estacionales de la precipitación y la demanda de electricidad, como es el caso de Costa Rica y la región de Cuyo, en Argentina, cuya producción de energía está ya afectada por la variabilidad climática. Es notable que mientras la hidroelectricidad contribuyó en un 14,5% al total de energía eléctrica generada en el mundo, en 1986, América Latina ya satisfacía el 53% de sus demandas de electricidad desde fuentes hidroeléctricas (del resto, 34% fue suministrado por generación térmica y el 13% restante estuvo repartido entre generación nuclear y geotérmica). Del potencial mundial técnicamente explotable de energía hidroeléctrica, América Latina, excluyendo México, suma 3.500 TWh por año. La Región tiene una capacidad instalada de 86,69 GW, que en 1988 permitieron la generación de 367 TWh (Moreira y Poole 1992). Esto significa que fue utilizado alrededor del 20% de la hidroenergía potencialmente explotable. En estas circunstancias, la región estaría en condiciones de incrementar su producción de energía hídrica, para satisfacer las demandas crecientes, durante el próximo siglo, aún si el cambio climático resultara en algunas reducciones en la generación de energía. Esta declaración asume la operación de nuevos diques y estaciones de generación, que ya comenzaron a trabajar en el comienzo de los 90 y en las nuevas estaciones proyectadas, particularmente en América del Sur y en la instalación de redes de transmisión interconectadas entre los países de la región.

No obstante, como se ha mencionado en la Sección 5 son necesarios estudios de sensibilidad y monitoreo de los recursos hídricos para prevenir impactos adversos y serios del cambio climático. Sin embargo, la generación de energía hidráulica debería enfrentar otros factores que pueden tener más peso que los que resultarían del cambio climático. Estos son los impactos sociales y ambientales, que podrían volverse los impedimentos principales y las fuentes de incertidumbre que afectarían al desarrollo de la hidroenergía. Los reservorios de grandes dimensiones exacerban muchos problemas, particularmente en regiones tropicales. Los impactos del desarrollo de energía hidráulica pueden ser categorizados como directos, tales como aquellos que se producen durante la construcción de diques, llenado de reservorio y cambio del flujo del río, e indirectos como los que afectan la salud y el bienestar de la comunidad y los ecosistemas locales. Sin embargo, muchos de esos problemas pueden ser reducidos mediante un planeamiento mejorado, en coordinación con las comunidades nacionales y regionales y sus movimientos participativos sociales (tales como las ONG).

Con respecto a la vulnerabilidad al cambio climático, debiera tomarse nota de que, aunque los sectores de la energía, la industria y el transporte son de gran importancia económica, y son claramente sensibles al cambio climático, la capacidad de adaptación autónoma es relativamente alta, siempre y cuando el cambio climático tenga lugar gradualmente. Los tiempos de vida útil de la mayoría de las inversiones son relativamente cortos comparados con las escalas de tiempo proyectadas para el cambio climático (Campos *et al* 1995).

11. Análisis integrado de impactos potenciales y opciones de adaptación

Para cumplir con los compromisos que resultan de la CMCC, los miembros latinoamericanos de la Conferencia de las Partes han iniciado la preparación de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, con la asistencia del Programa de estudio por países, de Estados Unidos y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). Estos inventarios están normalmente asociados a la realización de estudios de vulnerabilidad orientados a definir los impactos potenciales del cambio climático sobre los sistemas naturales y sobre los sistemas antropógenos en los cuales reposan las economías y el bienestar de sus comunidades nacionales respectivas. La información resultante está diseñada para asistir a los gobiernos latinoamericanos a comprender mejor la urgencia de desarrollar más y mejor información sobre impactos y estrategias de adaptación, como una herramienta para minimizar los impactos negativos y tomar las mayores ventajas posibles bajo condiciones climáticas cambiantes y para alcanzar prácticas de desarrollo sostenible. Las evaluaciones de vulnerabilidad e impacto y opciones de adaptación debieran considerar la interacción y las retroalimentaciones entre sectores diferentes. Algunos de los productos de los estudios de países son informes de vulnerabilidad al cambio climático, en áreas seleccionadas, en países diferentes. Ejemplos de ello son el caso de estudio para Belice, indicado en el Recuadro 4 y otros mencionados en la bibliografía, tales como los estudios referentes a Venezuela (Perdomo *et al* 1996), Perú (Teves *et al* 1996) y la información incluida en el informe preliminar del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero en México (Gay-García *et al* 1996).

En el Recuadro 5 se resume otra forma interesante de encarar esta cuestión, que puede ser considerada como un estudio de análisis integrado con consecuencias para algunas opciones de adaptación.

Las proyecciones relativas al cambio climático bajo escenarios de $2 \times \text{CO}_2$ producirían pérdidas económicas del 0,9 al 3,1% del PIB para América Latina. Este gran aumento en las pérdidas, si se lo compara con el global correspondiente (1,1 a 1,8%) y con las proyecciones de pérdidas de la OCDE (1,3 a 1,9%), es debido al hecho de que la producción primaria da cuenta de una alta porción del PIB en América Latina (Frankhauser y Tol 1997), por lo tanto, una gran parte de su producto está directamente expuesto a influencias climáticas (IPCC 1996, SIE GT III, Sección 6.5.9). Sin embargo, debe tomarse nota de que muchas de las asunciones se apoyan en las mejores estimaciones y que se mantienen aún grandes incertidumbres.

Cabe subrayar, no obstante, que muchos de los impactos del cambio climático pueden no ser revelados en el mercado. Impactos distintos a los de los mercados, sobre biodiversidad, agricultura de subsistencia, usos tradicionales de la tierra, etc., pueden dejar de ser menos importantes que los impactos de mercado (IPCC 1996, SIE GT III, Tabla 6.1 y Sección 6.2.1). Además, el impacto del cambio climático sobre los ecosistemas latinoamericanos necesita ser considerado en paralelo con los impactos causados por manejos no sostenibles del uso de la tierra y con los efectos del crecimiento demográfico. Esto es debido a que, en muchos casos, es imposible separar los efectos de estos impactos, y se espera que los impactos del uso de la tierra y del crecimiento poblacional produzcan cambios más severos que los cambios del clima. La desertificación, por ejemplo, es un problema muy difundido en América Latina, siendo causado tanto por el abuso del uso de la tierra como por condiciones climáticas adversas. La desertificación inducida por el hombre, aún cuando prevalecieran condiciones más húmedas, podría conducir a un incremento de la vulnerabilidad de los suelos a la desertificación y producir una escalada de estos procesos (véase la Sección 6.4.3).

Debiera tomarse nota de que en la mayoría de los ecosistemas manejados y hechos por el hombre, la adaptación al cambio climático, en lo que concierne a América Latina, no es tanto una cuestión de conocimiento científico o posibilidad técnica, sino que más bien depende de factores socioeconómicos y culturales y de la decisión política. Es extremadamente difícil en esta etapa analizar la viabilidad de diferentes opciones, pues su relación costo/beneficio depende de condiciones ecológicas y sociales y de articulación con mercados externos. En virtualmente todos los casos las medidas políticas (créditos, subsidios, etc.), los programas educativos y la comunicación interactiva entre expertos, responsables de políticas, poseedores de bienes raíces, especialmente dentro de las comunidades locales, son útiles para implementar opciones de adaptación viables. La Tabla 9 es un resumen muy preliminar de las opciones de adaptación posibles para diferentes sectores en América Latina.

12. Vigilancia y necesidades de investigación

América Latina tiene la capacidad científica necesaria para el estudio del clima, la variabilidad climática y el cambio climático, tal como se

Recuadro 5. Análisis integrado y posibles opciones de adaptación: uso de la tierra y cambio climático

Considerando que, bajo condiciones climáticas cambiantes, el uso de la tierra es un factor determinante para la producción agrícola, así como para la preservación del medio ambiente, serían pues necesarias reglas efectivas sobre el uso de la tierra con objeto de reducir la vulnerabilidad de este sistema humano ante el cambio climático. A este respecto, Viglizzo y Roberto (1997) llevaron a cabo un análisis de beneficios y pérdidas entre productividad-estabilidad y sostenibilidad en sistemas agrícolas. Dicho estudio mostró que la productividad de pastos y granos, productos primarios, sobrepasaba nítidamente la producción de leche y carne, productos secundarios. No obstante, las actividades secundarias involucraban procesos menos afectados por las perturbaciones medioambientales, mientras que los procesos relativos a productos primarios ejercen una mayor carga extractiva de los nutrientes de suelos, siendo por lo tanto menos sostenibles a largo plazo. Este análisis sugiere que las diferentes combinaciones de actividades de cultivos y ganadería, en tierras agrícolas, pueden necesitar una reglamentación con objeto de prevenir efectos no deseados en regiones que presentan una vulnerabilidad diferente ante el cambio climático, como por ejemplo las pampas argentinas.

deduce de la relativamente abundante bibliografía de autores locales. Esto es importante porque las observaciones recientes han mostrado que el hemisferio norte se calienta menos que el hemisferio sur. La razón es que las masas terrestres densamente pobladas en el norte producen más contaminación atmosférica —en particular aerosoles sulfurosos y particulados— que disminuyen la capacidad calórica de la radiación solar sobre la Tierra. La situación es bastante diferente con respecto al hemisferio sur oceánico, donde la distribución y densidad de contaminantes es marcadamente menor, con el resultado que la absorción y reflexión de la radiación solar entrante no ocurren como en el norte, mientras que la liberación de fondo de dióxido de carbono, metano, óxido nítrico y CFC —responsables del aumento del efecto invernadero incrementado sobre el planeta— actúa como en el hemisferio norte. Hay también otras características destacadas que diferencian a ambos hemisferios.

Como ya fue mencionado en este Capítulo, las características geográficas de América Latina, consisten principalmente en un continente sólido sobre el polo Sur —la Antártida—, una muy extensa masa oceánica con su bien conocida capacidad térmica moderadora, un subcontinente —América del Sur— que se extiende hacia las latitudes más australes y la cadena montañosa vertebral —la Cordillera de los Andes— que va de Norte a Sur sobre el subcontinente todo, inmerso entre los dos océanos más grandes del mundo. Otra diferencia importante, que afecta a la atmósfera media sobre esta región, es el proceso estacional y regional del llamado “agujero de ozono antártico”. La remarcable pérdida de ozono estratosférico combinada con los cambios dinámicos en la atmósfera media, produce el doble impacto de una ventana a la radiación infrarroja que, globalmente, compensa alrededor del 25% del calentamiento producido por los GEI (gases de efecto invernadero), y una creciente radiación UVB que llega al suelo,

con efectos directos sobre los ecosistemas terrestres y marinos de la región.

Esto significa que hay lugar no sólo para el mejoramiento de los modelos matemáticos, a fin de que incluyan las peculiaridades hemisféricas, como está siendo hecho en Australasia, sino también para desarrollar modelos climáticos regionales apropiados los que *inter alia* deberían estar en capacidad de proveer escenarios climáticos apropiados para proyectar modelos hidrológicos relativos a las cuencas de la región.

Este análisis pone de relieve, una vez más, que la región sufre por causa de redes de observación insuficientemente densas y confiables y carece de aquella otra información básica — biológica, económica y social, necesaria para construir escenarios regionales completos y coherentes. Por último, y no es por ello menos importante, la necesidad de una coordinación apropiada con los países de Australasia así como con Estados Unidos y Canadá se está haciendo cada vez más crítica, debido a los factores comunes que afectan a la variabilidad climática (p.ej. el fenómeno ENOA) y al cambio climático, sobre estas regiones.

En resumen, América Latina requiere iniciativas específicas de investigación, extensas bases de datos ecológicos y socioeconómicos, técnicas apropiadas de validación de datos, captación de datos proxy particularmente con respecto al vecino continente antártico (cuyos datos regionales comenzaron a ser registrados sólo después del Año Geofísico Internacional de 1958) y formación adecuada de personal,

esencialmente en pos de las evaluaciones integradas y para desarrollar la opción apropiada de metodologías de adaptación. Es asimismo indispensable para la región una mayor investigación sobre el funcionamiento de ecosistemas, sistemas hidrográficos, interacciones entre uso de la tierra y enfoques tecnológicos de comunidades diferentes, para de esta manera llevar a cabo evaluaciones completas e integradas de los impactos potenciales del cambio climático, y para elaborar alternativas apropiadas de adaptación y mitigación. Por lo tanto, en esta dirección van las acciones combinadas con los países de regiones vecinas, tales como las que ya se efectúan en el marco de las actividades conjuntas con el USCSP, así como la organización de actividades dentro del Grupo de Valdivia, que asocian a países latinoamericanos del hemisferio sud templado con actividades de interés común en Australia, Nueva Zelandia y Sudáfrica. También se considera esencial la participación de organizaciones de base de la sociedad civil, así como las ONG, para alcanzar el desarrollo sostenible de la región, frente al cambio climático.

Reconocimientos

Se expresa reconocimiento por sus valiosos comentarios y su amable cooperación a: S. Basconcelo (Argentina), J. L. Buizer (Estados Unidos), R. Basher (Nueva Zelandia), V. Falczuk (Argentina), D. Gray (Banco Mundial), R. Nielson (Estados Unidos), N. Perez Harguideguy (Argentina), A. B. Pittock (Australia), R. Stret (Canadá), F. S. Vendramini (Argentina) y a todo el personal de la Unidad de Apoyo Técnico del GT II del IPCC.

Tabla 9: Sumario de las opciones de adaptación en respuesta al cambio climático en América Latina, basado principalmente en el Documento Técnico del IPCC sobre tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático (IPCC, 1996b).

Sector	Opción de adaptación	Otros beneficios	Dificultades a considerar
<i>Bosques</i>	Reducción de la presión social que induce a la conversión de las tierras	Conservación del suelo y de la diversidad biológica, beneficios para las cuencas	Conflictos socioeconómicos nacionales e internacionales
	Grandes plantaciones forestales en zonas muy degradadas; plantaciones en rotación de corta duración para aprovisionamiento local de combustible	Selección adecuada de sitios y especies para la conservación del suelo y en beneficio de las cuencas	El costo varía según los países (4–31 dólares EE.UU./tC)
	Migración asistida	Conservación de la diversidad biológica	Costo elevado, éxito incierto
	Métodos de cosecha de poco impacto	Conservación del suelo y de la diversidad biológica, beneficios para las cuencas	
<i>Tierras de pastoreo</i>	Preservación de una extensa escala espacial en unidades de gestión	Preservación de las formas tradicionales de organización de las comunidades rurales, del suelo y de conservación de la diversidad biológica	Posibles conflictos socioeconómicos
	Selección activa de especies vegetales y control de la densidad de carga ganadera	Aumento de la productividad, la diversidad biológica, la conservación del suelo	Problemas de tenencia de la tierra y de mercado, dificultades culturales
	Aumento de la zona dedicada al mejoramiento de pastizales con uso intensivo de capital	Alivio de la demanda impuesta sobre zonas mayores de tierras de pastoreo	Costos elevados
	Agrosilvicultura, particularmente de especies leguminosas	Aumento de la productividad, la diversidad biológica y la conservación del suelo	
<i>Montañas</i>	Conservación de los métodos tradicionales de cultivo y de los genotipos	Conservación de la diversidad biológica local y los recursos genéticos mundiales; promoción del conocimiento local	Problemas de mercado
	Adaptación de la infraestructura (presas, tuberías, protección contra la erosión, etc.)		Costos elevados
<i>Agricultura</i>	Expansión de la zona de tierras agrícolas		Competencia con otros usos, gran impacto ecológico en zonas forestales, que amenazan las formas de subsistencia
	Cambios en las modalidades de explotación agrícola (fechas de siembra, labranza, irrigación, abono, variedades de cultivos, especies)	Disminución de la erosión del suelo, aumento del rendimiento en algunos casos	Problemas de mercado, incluidas dificultades de comercialización al adoptar nuevas prácticas, e impactos ecológicos en caso de irrigación y fertilización
<i>Sistema de agua dulce</i>	Dispersión asistida de especies ecológica y/o económicamente importantes en emplazamientos aislados		Costos elevados
	Restauración de cauces fluviales en morfologías más naturales; ingeniería hidrológica en gran escala en llanuras inundables		Costos elevados, intereses contradictorios entre partes interesadas, impactos ecológicos y culturales

Tabla 9: continuación

Sector	Opción de adaptación	Otros beneficios	Dificultades a considerar
<i>Sistemas de agua dulce (cont.)</i>	Aumento de la vegetación ribereña para reducir los efectos negativos del calentamiento; disminución de la carga de nutrientes para reducir los procesos de eutrofización (exacerbados al parecer por el aumento de la temperatura del agua)		
<i>Energía hidro-eléctrica</i>	Construcción de nuevas centrales hidroeléctricas	Curva sostenida de la oferta y la demanda	Costos muy elevados, mayor necesidad de préstamos internacionales, impactos ecológicos y sociológicos potencialmente importantes
	Reducción del consumo; uso más racional; aumento del transporte de energía eléctrica	Costo más bajo de la energía	
	Aumentar la capacidad de embalse	Uso de aguas secundarias para otros propósitos (actividades de recreo)	
<i>Zonas costeras y pesquerías de mar¹</i>	Medidas de protección estructural (diques, malecones, rompeolas, escolleras, protectoras de playas) en zonas densamente pobladas		Costos muy elevados
	Volver a tratar		Sujeto al terreno aprovechable tierra adentro, conflicto sociocultural y probable impacto ecológico importante
	Proyecto y aplicación de políticas de gestión de los recursos pesqueros nacionales e internacionales que tengan en cuenta la fluctuación de la distribución de las especies, su accesibilidad y abundancia, y equilibren la conservación de las especies y las necesidades locales		Posibles intereses internos e internacionales
	Expansión de la piscicultura para incrementar y estabilizar los suministros de mariscos, para ayudar a estabilizar el empleo, y para aumentar cuidadosamente las existencias de recursos en estado natural		
<i>Población humana</i>	Introducción de tecnologías de protección (por ejemplo, edificios provistos de material aislante, aire acondicionado, defensas reforzadas contra el mar, sistemas de aviso en caso de desastre); actividades de educación para preparar a los grupos vulnerables		Costos elevados
	Gestión ecológica de los ecosistemas (p. ej. los recursos de agua dulce, los humedales, y las zonas agrícolas sensibles a la invasión por vectores)		Costos elevados, consecuencias que no se perciben bien para otros componentes de los ecosistemas
	Atención primaria de salud mejorada para las poblaciones vulnerables, y programas de vigilancia y control de la salud pública (sobre todo respecto de enfermedades infecciosas)		

Tabla 9: continuación

Sector	Opción de adaptación	Otros beneficios	Dificultades a considerar
Asentamientos humanos	Descentralización de la estructura básica para mitigar el éxodo hacia las ciudades		Costos elevados, intereses contradictorios, problemas culturales
	Diseño mejorado de la infraestructura urbana (edificios, zonas de recreo, sistemas de abastecimiento de agua, etc.)		Costos elevados
	Tratamiento perfeccionado de aguas residuales y de desechos industriales; multas a quienes más contaminan		
Industria	Diversificación de la producción agroindustrial		Problemas socioeconómicos, culturales y de comercialización
	Fuentes de energía alternativas	Reducción de la contaminación del aire en algunos casos	La relación costo-beneficio deberá evaluarse caso por caso

¹ La adaptación al impacto del cambio climático en alta mar se ve limitada por la naturaleza y la escala de dicho cambio.

Referencias

- Aceituno, P.**, 1987: *Aspectos tridimensionales del funcionamiento de la Oscilación del Sur en el sector sudamericano*. Anales del Segundo Congreso Interamericano de Meteorología, noviembre 30–diciembre 4, 1987, Centro Argentino de Meteorólogos, Buenos Aires, Argentina, pp. 5.1.1–5.1.6.
- Aguilar, A.G. and M.L. Sanchez**, 1993: Vulnerabilidad y riesgo en la ciudad de México. *Ciudades*, **17**, 31–39.
- Alcamo, J.** (ed.), 1994: *IMAGE 2: Integrated Model of Global Change*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 318 pp.
- Ando, M., R.U. Carcavallo, P.R. Epstein**, 1996: Climate Change and Human Health [McMichael, A.M., A. Haines, R. Sloof, and S. Kovats (eds.)]. WHO, Geneva, Switzerland, 297 pp.
- Aniya, M., R. Naruse, M. Shizukuishi, P. Skvarca, and G. Casassa**, 1992: Monitoring recent glacier variations in the southern Patagonia Icefield, utilizing remote sensing data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, **29(B7)**, 87–94.
- Armentano, T.V.**, 1990: Soils and ecology: tropical wetlands. In: *Wetlands: a Threatened Landscape* [Williams, M. (ed.)]. The Alden Press, Ltd., Oxford, United Kingdom, pp. 115–144.
- Austin-Bourke, P.M.**, 1955: *The Forecasting from Weather Data of Potato Blight and Other Plant Diseases*. WMO TN 42, Technical Report, WMO, Geneva, Switzerland.
- Baethgen, W.E.**, 1994: Impact of climate change on barley in Uruguay: yield changes and analysis of Nitrogen management systems. In: *Implications of Climate Change for International Agriculture*, [Rosenzweig, C and A. Iglesias (eds.)], U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, pp. 1–15.
- Baker, B.B., J.D. Hanson, R.M. Bourdon and J.B. Eckert**, 1993: The potential effects of climate change on ecosystems processes and cattle production on U.S. rangelands. *Climate Change*, **23**, pp. 27–47.
- Bakun, A.** 1993: The California Current, Benguela Current, and Southwestern Atlantic Shelf ecosystems: a comparative approach to identifying factors regulating biomass yields. In: *Large Marine Ecosystems: Stress, Mitigation and Sustainability* [Sherman, K., L.M. Alexander, and B.D. Gold (eds.)]. AAAS Press, Washington, DC, pp. 199–221.
- Batjes, N.H. and W.G. Sombroek**, 1997: Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. *Global Change Biology*, **3**, pp. 161–173.
- Bazzaz, F.A., and K.D.M. McConnaughay**, 1992: Plant interactions in elevated CO₂ environments. *Australian Journal of Botany*, **40**, pp. 547–563.
- Bejarano, J.F.R.**, 1967: Lucha contra las enfermedades transmisibles por artrópodos. Servicios específicos y servicios generales de salud. *Segundas Jorn. Entomop. Argentinas*, **3**, 471–507.
- Bierregaard, J.R., T.E. Lovejoy, V. Kapos, A.A. dos Santos, and R.W. Hutchings**, 1992: The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *Bioscience*, **42**, 859–865.
- Boer, G.J.**, 1993: Climate change and the regulation of the surface moisture and energy budgets. *Clim. Dyn.*, **8**, 225–239.
- Boer, G.J., N.A. McFarlane, and M. Lazare**, 1992: Greenhouse gas-induced climate change simulated with the CCC second-generation general circulation model. *J. Climate*, **5**, 1045–1077.
- Bortenschlager, S.**, 1993: Das höchst gelegene Moor der Ostalpen “Moor am Rofenberg” 2760 m Festschrift Zoller, Diss. Bot. **196**, pp. 329–334.
- Bradley, D.J.**, 1993: Human tropical diseases in a changing environment. In: *Environment Change and Human Health. CIBA Foundation Symposium*. CIBA Foundation, London, United Kingdom, pp. 146–162.
- Bravo, A., et al.**, 1988: The effects of climatic variations on agriculture in the Central Sierra of Ecuador. In: *The Impact of Climate Variations on Agriculture Impact, Vol 2. Assessment in Semi-arid Regions* [Parry, M.L., T.R. Carter, and N.T. Konijn (eds.)]. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 381–493.
- Brenes-Vargas, A., and V.F. Savorido Trejos**, 1994: Changes in General Circulation and their influence on precipitation trends in Central America. *Costa Rica Ambio*, 87–90.
- Brinkman, R. and W.G. Sombroek**, 1996: *The Effects of Global Change Conditions in Relations to Plant Growth and Food Production*. In: F. Bazzaz and W.G. Sombroek (eds), *Global Climatic Change and Agricultural Production: Direct and Indirect Effects of Changing Hydrological, Soil, and Plant Physiological Processes*. John Wiley, Chichester, UK.
- Brown, B.E. and J.C. Odgen**, 1993: Coral bleaching. *Scientific American*, **268**, 44–50.
- Bruijnzeel, L.A. and W.R.S. Critchley**, 1994: *Environmental Impacts of Logging Moist Tropical Forests*. IHP Humid Tropics Programme, Series 7, UNESCO.

- Budyko, M.I.** and **Y.U.A. Izrael** (eds.), 1987: Anthropogenic climate change. *Leningrad Hydrometeoizdat*, 378 pp. (en ruso)
- Burgos, J.J., S.I. Curto de Casas, R.U. Carcavallo, and I. Galindez Giron**, 1994: Global climate change influence in the distribution of some pathogenic complexes (malaria and Chagas' disease). *Entomol. Vect.* **1**, 69–78.
- Burgos, J.J., J. Fuenzalida, and C.B. Molion**, 1991: Climate change predictions for South America. *Climate Change*, **18**, 223–229.
- Campos, M., A. Sanchez, and D. Espinoza**, 1996: *Adaptation of Hydropower Generation in Costa Rica and Panama to Climate Change*. Central American Project on Climate Change, Springer-Verlag.
- Campos, M., C. Hermiosilla, J. Luna, M. Marin, J. Medrano, G. Medina, M. Vives, J. Diaz, A. Gutierrez, and M. Dieguez**, 1997: *Global Warming and the Impacts of Sea Level Rise for Central America: an Estimation of Vulnerability*. Workshop organized by U.S. EPA, Chinese Taipei, USCSP, Government of The Netherlands, and NOAA, February 24–28, 1997, Taipei, Taiwan.
- Campos, M.**, 1996: *Estimación de la Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos, Marinos-Costeros y Agrícolas en Centroamérica, ante un Potencial Cambio Climático*, USCSP/Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático (en prensa).
- Canziani, O.F.**, 1993: Cambios globales: posibles efectos socioeconómicos en la Argentina. En: *Elementos de Política Ambiental*. Honorable Cámara de Diputados de Buenos Aires, pp. 779–789.
- Canziani, O.F.**, 1994: *La Problemática Ambiental Urbana. Seminario sobre gestión municipal de residuos urbanos*. UNDP/IEIMA, La Plata, Argentina, pp. 11–49.
- Canziani, O.F.**, 1996: *Urbanization and Environmental Problem (with Emphasis in Mercosur Countries)*. Seminar on European Community, Mercosur and Environment, February 1996, Brussels, Belgium, Environmental European Bureau, Brussels, Belgium.
- Canziani, O.F., R.M. Quintela, J.A. Forte-Lay, and A. Troha**, 1987: *Estudio de grandes tormentas en la pampa deprimida, en la Provincia de Buenos Aires y su incidencia en el balance hidrológico*. Proceedings of the Symposium on Hydrology of Large Plains, 1983, Olavarría, Argentina, UNESCO, Buenos Aires, Argentina.
- Carcavallo, R.U., S.I. Curto de Casas, and J.J. Burgos**, 1995: Blood-feeding Diptera: epidemiological significance and relation to climate change. I: General aspects, genera *Anopheles* and *Aedes*. Experimental and field data. *Entomol. Vect.* **2**, 35–60.
- Carcavallo, R.U. and A. Martinez**, 1972: Life cycles of some species of *Triatoma* (Hemipt. Reduviidae). *Canadian Entomology*, **104**, 699–704.
- Cardich, A.**, 1974: Los yacimientos de la etapa agrícola de Lauricocha, Perú, y los límites superiores del cultivo. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, **8**, 27–48.
- Castañeda, M.E. and V. Barros**, 1996: *Sobre las causas de las tendencias de precipitación en el Cono Sur de América del Sur al este de los Andes*. Report 26-1996, Center for Ocean-Atmosphere Studies.
- Catala, S.S.**, 1991: The biting rate of *Triatoma infestans* in Argentina. *Med. Vet. Entomol.*, **5**, 325–333.
- Catala, S.S., D.E. Gorla, and M.A. Basombrio**, 1992: Vectorial transmission of *Trypanosoma cruzi* an experimental field study with susceptible and immunized hosts. *American J. Trop. Med. Hyg.*, **47**, 20–26.
- Caviedes, C.N.**, 1973: Secas and El Niño, two simultaneous climatic hazards in South America. *Proc. Assoc. Amer. Geogr.*, **5**, 44–49.
- Cerri, C.C., M. Bernoux, and B.J. Feigl**, 1995: *Deforestation and Use of Soil as Pasture: Climatic Impacts*. Interdisciplinary Research on the Conservation and Sustainable Use of the Amazonian Rainforest and its Information Requirements, Brasília, Brazil, November 20–22, 1995, [Lieberei, R., C. Reisdorff, and A.D. Machado, (eds.)] MCT-CNPQ, pp. 177–186.
- Cerri, C.C., M. Bernoux, B. Volkoff, and J.L. Moraes**, 1996: Dinámica do carbono nos solos da Amazonia. In: *O solo nos grandes domínios morfo-climáticos do Brasil e desenvolvimento sustentado* [Alvarez, V.H., L.E. Fontes, and M.P.F. Fontes (eds.)]. Visosa, pp. 61–69.
- Cerveny, R.S., B.R. Skeeter, and K.F. Dewey**, 1987: A preliminary investigation of a relationship between South American snow cover and the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 620–623.
- Chambers, J.R.**, 1991: Coastal degradation and fish population losses. In: *Stemming the Tides of Coastal Fish Habitat Loss* [Stroud, R.H. (ed.)]. Proceedings of the Marine Recreational Fisheries Symposium National Coalition for Marine Conservation, Savannah, GA, USA, pp. 45–51.
- Cole, J.E., G.T. Shen, and M. Moore**, 1992: Coral monitors of El Niño-Southern Oscillation dynamics aspects across equatorial Pacific. In: *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press, New York, NY, USA, and London, United Kingdom, pp. 349–375.
- Colwell, R.R.**, 1996: Global climate and infectious disease: the cholera paradigm. *Science*, **274**, 2025–2031.
- Conde, X., D. Liverman, M. Flores, and T.C. Ferrere**, 1996: *Vulnerabilidad del cultivo de maíz de temporal en México ante el Cambio Climático*. Taller de Vulnerabilidad, 1996, Montevideo, Uruguay.
- Costa, M.J., J.L. Costa, P.R. Almeida and C.A. Assis**, 1994: Do eel grass beds and salt marsh borders act as preferential nurseries and spawning grounds for fish? An example of the Mira estuary in Portugal. *Ecological Engineering*, **3**, pp. 187–195.
- Curto de Casas, S.I., R.U. Carcavallo, C.A. Mena Segura, and I. Galindez Giron**, 1994: Bioclimatic factors of *Triatominae* distribution. Useful techniques for studies on climate change. *Entomol. Vect.* **1**, 51–68.
- da Rocha, H.R.**, 1996: CO₂ flux over the Brazilian tropical rain forest and Cerrado vegetation. A review of recent measurements, and modeling data. In: *Greenhouse Gas Emissions Under Developing Countries Point of View* [Pinguelli, R.L. and M.A. dos Santos (eds.)]. COPPE, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil, pp. 68–75.
- De Filippi et al.**, 1994: Los residuos sólidos urbanos en ciudades pequeñas y medianas. Seminario de gestión municipal de los residuos urbanos. La Plata, Provincia de Buenos Aires, Instituto de Estudios e Investigaciones sobre el Medio Ambiente, IEIMA, Buenos Aires, pp. 51–62.
- Del Carril, A., M. Doyle, V. Barros, and M.N. Nuñez**, 1996: *Sobre el mínimo en la descarga de los ríos cuyanos, a principios de la década del 70*. USCSP Workshop on Vulnerability Studies in Latin America, febrero de 1996, Montevideo, Uruguay.
- DENR-ADB**, 1990: *Master Plan for Forestry Development*. Department of Environment and Natural Resources and the Asian Development Bank, Manila, Philippines, 523 pp.
- Díaz, S.**, 1995: Elevated CO₂ responsiveness, interactions at the community level and plant functional types. *J. Biogeogr.* **22**, 289–295.
- Di Pace, M.J. and S.A. Mazzuchelli**, 1993: Desarrollo sustentable en la Argentina. Implicaciones regionales. In: *Elementos de política ambiental* [Goin, F. and R. Goñi (eds.)]. Honorable Cámara de Diputados, Buenos Aires, pp. 869–890.
- Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler, and J. Wisniewski**, 1994: Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, **263**, 185–190.
- Doake, C.S.M. and D.G. Vaughan**, 1991: Rapid disintegration of the Wordie ice shelf in response to atmospheric warming. *Nature*, **35(6316)**, pp. 328–330.
- Doberitz, R.**, 1969: Cross spectrum and filter analysis of monthly rainfall and wind data in the Tropical Atlantic region. *Bonner Meteorol. Abhandl.*, **11**, 1–43.
- Downing, T.E.**, 1992: *Climate Change and Vulnerable places: Global Food Security and country studies in Zimbabwe, Kenya, Senegal and Chile*. Research Report 1, Environmental Change Unit, University of Oxford, United Kingdom, 54 pp.
- Easterling, W.E.**, 1990: Climate trends and prospects. In: *Natural Resources for the 21st Century* [Sampson, R.N. and D. Hair (eds.)]. Island Press, Washington, DC, USA, pp. 32–55.
- Epstein, P.R., T.E. Ford, and R.R. Colwell**, 1993: Marine ecosystems. *Lancet*, **342**, 1216–1219.
- Escudero, J.**, 1990: *Control Ambiental en Grandes Ciudades: Caso de Santiago de Chile*. Seminario latinoamericano sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto de Estudios e Investigaciones sobre el Medio Ambiente, octubre de 1990, Bariloche, Argentina, IEIMA, Buenos Aires, Argentina, pp. 229–236.
- Eskuche, U.**, 1992: Sinopsis cenosistemática preliminar de los pajonales mesofilos seminaturales del nordeste de la Argentina, incluyendo pajonales pampeanos y puntanos. *Phytocenologia*, **21**, 287–312.

- Ezcurra, E., 1990: The basin of Mexico. In: *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years* [Turner, B.L., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, New York, NY, USA, pp. 577–588.
- Fankhauser, S. and R.S. J. Tol, 1997: The Social Costs of Climate Change: The IPCC Second Assessment Report and Beyond. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **1**, pp. 385–403.
- FAO, 1982: *Conservation and Development of Tropical Forest Resources*. FAO Forest Paper 37, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, p. 122.
- FAO, 1992a, *Yearbook of Fishery Statistics. Catches and Landings 1990*, **70**, Department of Fisheries, UN, Rome, Italy.
- FAO, 1992b, *Review of the Status of World Fish Stocks*, Department of Fisheries, UN, Rome, Italy.
- FAO, 1993: *Forest Resource Assessment 1990: Tropical Countries*. FAO Forest Paper 112, Food and Agriculture Organization at the United Nations, Rome, Italy, pp. 59.
- Fisher, M.J., I.M. Rao, M.A. Ayerza, C.E. Lascano, J.I. Sanz, R.J. Thomas, and R.R. Vera, 1994: Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*, **266**, pp. 236–248.
- Forte-Lay, J.A., 1987: *Evolución de las Características Hidrometeorológicas de la Llanura Pampeana Argentina*. Seminario Internacional Hidrología de Grandes Llanuras. UNESCO Programa Hidrológico Internacional, Argentina. UNESCO, Buenos Aires, Argentina.
- Frère, M., J.O. Rijkas and J. Rea, 1978: *Agroclimatological Study of the Andean Zone*. Inter-institutional Project FAO/UNESCO and WMO, WMO TN 161, Geneva, Switzerland, 298 pp.
- Friederich, S., 1994: Wirkung veränderter Klimatischer factorem auf pflanzen-schaedlinge. In: *Klimaveraenderungen und Landwirtschaft, Part II Landbauforsch*, [Brunnert, H. and U. Dämmgen (eds.)] Vlnkrode, **148**, pp. 17–26.
- Fuenzalida, P.H., B. Rosenblüth, and R. Sanguinetti, 1993: *Temperature Variations in Chile and Austral South America During the Present Century and its Relation With Rainfall*. The Quaternary of Chile International Workshop, November 1–9, 1993, University of Chile.
- Gallopín, G., M. Winograd, and Y. Gomez, 1991: *Ambiente y desarrollo en América Latina y el Caribe: problemas, oportunidades y prioridades*. GASE, Bariloche, Argentina.
- Gash, J.H.C. and W.J. Shuttleworth, 1991: Tropical deforestation: albedo and the surface-energy balance. *Climatic Change*, **19**, 123–133.
- Gay-García, C., L.G. Ruiz Suárez, 1996: UNEP Preliminary *Inventory of GHG Emissions: Mexico*. (In press)
- GLASOD, 1990, *Global Assessment of Soil Degradation*, Project UNEP/ISRIC/Intnl Reference and Information Centre, Part 3: Natural Resources, UNEP 1992 Environmental Data Report, Nairobi, Kenya.
- Gligo, N., 1995: Situación y perspectivas ambientales en América Latina y el Caribe. *Revista de la CEPAL*, **55**, 107–122.
- Glynn, P.W. 1989: Coral mortality and disturbances to coral reefs in the tropical eastern Pacific. In: *Global Ecological Consequences of 1982–1983 ENSO* [Glynn, P.W., (ed.)]. Elsevier Science Publishers, New York, NY, USA, pp. 55–126.
- Glynn, P.W. and L.D. Cruz, 1990: Experimental evidence of high temperature stress causes of El Niño-coincident coral mortality. *Coral Reefs*, **8**, 181–191.
- Goldenberg, J., L.C. Monaco, and I.C. Macedo, 1993: *The Brazilian Fuel-Alcohol Program. Renewable Energy, Sources of Fuels and Electricity*, UNCED [De Johansson, T.B., H. Kelly, A.K.N. Reddy, and R.H. Williams (eds.)]. Island Press, Washington, DC, pp. 841–863.
- Gómez, I.A. and G.C. Gallopín, 1991: Estimación de la productividad primaria neta de ecosistemas terrestres del mundo en relación a factores ambientales. *Ecología Austral*, **1**, 24–40.
- González, N., 1990: *La Contaminación del agua. Política ambiental y gestión municipal*. Instituto de Estudios e Investigaciones sobre el Medio Ambiente, Buenos Aires, Argentina.
- Gorham, E., 1991: Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climate warming. *Ecol. Applic.*, **1**(2), 182–195.
- Greco, S., R.H. Moss, D. Viner, and R. Jenne (eds.), 1994: *Climate Scenarios and Socioeconomic Projections for IPCC WG II Assessment*. Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group II, IPCC-WMO and UNEP, Washington, DC, 67 pp.
- Grosse, S., 1993: *Schistosomiasis and Water Resources Development: A Reevaluation of an Important Environment-Health Linkage*. Working paper of the Environment and Natural Resources Policy and Training Project, EPAT/MUCIA, Technical Series No. 2., May 1993, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, USA, 32 pp.
- Hack, W.H., 1955: Estudios sobre biología del *Triatoma infestans* (Klug, 1834) (Hemiptera, Reduviidae). *An. Inst. Med. Reg.*, **4**, 125–134.
- Haines, A., P.R. Epstein, P.R., and A. McMichael, 1993: Global health watch: monitoring impacts of environment change. *Lancet*, **342**, 1464–1469.
- Halpin, P.N., P.M. Kelly, C.M. Secrett, and T.M. Smith, 1995a: *Climate Change and Central America Forest System*. Background paper of the Nicaragua Pilot Project.
- Halpin, P.N., P.M. Kelly, C.M. Secrett, and T.M. Smith, 1995b: *Climate Change and Central America Forest System*. Background paper of the Costa Rica Pilot Project.
- Halstead, S.B., 1990: Dengue. In: *Tropical and Geographical Medicine* [Warren, K. and A.A.F. Mahmoud (eds.)]. McGraw-Hill, New York, NY, USA, 2nd ed., pp. 675–685.
- Hansen, J., A. Lacis, D. Rind, G. Russell, P. Stone, I. Fung, R. Ruedy, and J. Lerner, 1984: Climate Sensitivity: Analysis of feedback mechanisms. In: *Climate Processes and Climate Sensitivity* [Hansen, J.E. and T. Takahashi (eds.)]. American Geophysical Union, Washington, DC, 130–163.
- Hardoy, J.E., D. Mitlin, and D. Satterthwaite, 1992: *Environmental Problems in Third World Cities*. Earthscan, London, United Kingdom, 302 pp.
- Hastenrath, S., 1976: Variations in the low altitude circulation and extreme climatic events in tropical America. *J. Atm. Sc.*, **33**, 202–215.
- Hastenrath, S. and A. Ames, 1995: Recession of Yanamarey Glacier in Cordillera Blanca, Peru, during the 20th century. *Journal of Glaciology*, **41**(137), 191–196.
- Haxeltine, A. and C.I. Prentice, 1996: BIOME3: An equilibrium terrestrial biosphere model based on ecophysiological constraints, resource availability and competition among plant functional types. *Global Biogeochemical Cycles*, **10**, pp. 693–710.
- Herrera-Basto, E., D.R. Prevots, M.L. Zarate, J.L. Silva, and J.S. Amor, 1992: First reported outbreak of classical dengue fever at 1,700 meters above sea level in Guerrero State, Mexico, June 1988. *American Journal of Tropical Medicine*, **46**(6), 649–653.
- Hoffman, J.J.A., W.M. Vargas, and S. Nuñez, 1996: Temperature, humidity and precipitation variations in Argentina and adjacent sub-Antarctic region during the present century. *Meteorologisches Zeitschrift*, (in press)
- Horel, J.D. and A.G. Cornejo-Garrido, 1986: Convection along the Coast of Northern Perú, during 1983: Spatial and Temporal variations of clouds and rainfall. *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 2091–2105.
- IPCC, 1990: *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment* [Houghton, H.T., G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 365 pp.
- IPCC, 1992: *Climate Change 1992: The Supplementary Report to The IPCC Scientific Assessment*. Prepared by IPCC Working Group I [Houghton, J.T., B.A. Callander, and S.K. Varney (eds.)] and WMO/UNEP. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 200 pp.
- IPCC, 1996: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.J., L.G. Meiro Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572 pp.
- Schimel, D., D. Alves, I. Enting, M. Heimann, F. Joos, D. Raynaud, T.M.L. Wigley, E. Sanhueza, X. Zhou, P. Jonas, R. Charlson, H. Rodhe, S. Sadasivan, K.P. Shine, Y. Fouquart, V. Ramaswamy, S. Solomon, J. Srinivasan, D. Albritton, R. Derwent, Y. Isaken, M. Lal, and D. Wuebbles, Chapter 2. *Radiation Forcing of Climate Change*, pp. 65–131.
 - Dickinson, R.E., V. Meleshko, D. Randall, E. Sarachik, P. Silva-Dias, and A. Slingo, Chapter 4. *Climate Processes*, pp. 193–227.
 - Kattenberg, A., F. Giorgi, H. Grassl, G.A. Mehl, J.F.B. Mitchell, R.J. Stouffer, T. Tokioka, A.J. Weaver, and T.M.L. Wigley, Chapter 6. *Climate Models — Projections of Future Climate*, pp. 289–357.

- IPCC**, 1996: *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T., M.C. Zinyowera, and R.H. Moss (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 880 pp.
- Kirschbaum, M.U.F. and A. Fischlin, Chapter 1. *Climate Change Impacts on Forests*, pp. 95–130.
 - Allen-Diaz, B., Chapter 2. *Rangelands in a Changing Climate: Impacts, Adaptations and Mitigation*, pp. 131–158.
 - Noble, I.R. and H. Gitay, Chapter 3. *Deserts in a Changing Climate: Impacts*, pp. 159–189.
 - Bullock, P. and H. Le Houérou, Chapter 4. *Land Degradation and Desertification*, pp. 170–189.
 - Beniston, M. and D.G. Fox, Chapter 5. *Impacts of Climate Change on Mountain Regions*, pp. 191–213.
 - Öquist, M.G. and B.H. Svensson, Chapter 6. *Non-Tidal Wetlands*, pp. 215–239.
 - Fitzharris, B.B., Chapter 7. *The Cryosphere: Changes and their Impacts*, pp. 240–265.
 - Ittekkot, V., Chapter 8. *Oceans*, pp. 266–288.
 - Bijlsma, L., Chapter 9. *Coastal Zones and Small Islands*, pp. 289–324.
 - Arnell, N., B. Bates, H. Lang, J.J. Magnuson, and P. Mulholland, Chapter 10. *Hydrology and Freshwater Ecology*, pp. 325–364.
 - Acosta-Moreno, R. and J. Skea, Chapter 11. *Industry, Energy, and Transportation: Impacts and Adaptation*, pp. 365–398.
 - Scott, M.J., Chapter 12. *Human Settlements in a Changing Climate: Impacts and Adaptation*, pp. 399–426.
 - Reilly, J., Chapter 13. *Agriculture in a Changing Climate: Impacts and Adaptation*, pp. 427–467.
 - Kaczmarek, Z., Chapter 14. *Water Resources Management*, pp. 469–486.
 - Solomon, A.M., Chapter 15. *Wood Production under Changing Climate and Land Use*, pp. 487–510.
 - Everett, J., Chapter 16. *Fisheries*, pp. 511–537.
 - McMichael, A., Chapter 18. *Human Population Health*, pp. 561–584.
 - Brown, S., Chapter 24. *Management of Forests for Mitigation of Greenhouse Gas Emissions*, pp. 773–797.
- IPCC**, 1996: *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Bruce, J.P., H. Lee, and E.F. Haites (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 448 pp.
- Pearce, D.W., W.R. Cline, A.N. Achanta, S. Fankhauser, R.K. Pachauri, R.S.J. Tol, and P. Vellinga, Chapter 6. *The Social Costs of Climate Change: Greenhouse Damage and Benefits of Control*, pp. 179–224.
- IPCC**, 1996b: *Technologies, Policies, and Measures for Mitigating Climate Change: IPCC Technical Paper I*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II [Watson, R.T., M.C. Zinyowera, and R.H. Moss (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 84 pp.
- Junin**, B., H. Grandinetti, J.M. Marconi, and R.U. Carcavallo, 1995: Vigilancia del *Aedes aegypti* en la ciudad de Buenos Aires (Argentina). *Entomol. Vect.*, **2**, 71–75.
- Kadota**, T., R. Naruse, P. Skvarca, and M. Aniya, 1992: Ice flow and surface lowering of Tyndall Glacier, southern Patagonia. *Bulletin of Glacier Research*, **10**, 63–68.
- Kalkstein**, A., 1993: Health and climate change: direct impacts in cities. *Lancet*, **342**, 1397–1399.
- Karl**, T.R., R.W. Knight, and N. Plummer, 1995: Trends in high frequency climate variability in the XX Century. *Nature*, **377**, 217–220.
- Katsouyanni**, K., A. Pantazopoulou, and G. Touloumi, 1993: Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch. Environm. Health*, **48**, 235–242.
- Klinedinst**, P.L., D.A. Wilhite, G.L. Hahn and K.G. Hubbard, 1993: The potential effects of climate change on summer season dairy cattle milk production and reproduction. *Climate Change*, **23**(1), pp. 21–36.
- Koopman**, J.S., D.R. Prevots, M.A.V. Marin, H.G. Dantes, M.L.Z. Aquino, I.M. Longini, and J.S. Amor, 1991: Determinants and predictors of dengue infection in Mexico. *American Journal of Epidemiology*, **133**, 1168–1178.
- Kousky**, V.E., M.T. Kagano, and I.A. Cavalcanti, 1984, A review of the Southern Oscillation: ocean-atmospheric circulation change and related rainfall anomalies. *Tellus*, **36A**, 490–504.
- Labraga**, J.C., 1997: The climate change in South America due to a doubling in the CO₂ concentration: intercomparison of general circulation model equilibrium experiments. *International Journal of Climatology*, **17**, 377–398.
- Labraga**, J.C. and M. Lopez, 1997: A comparison of the climate response to increased carbon dioxide simulated by general circulation models with mixed-layer and dynamic ocean representation in the region of South America. *International Journal of Climatology* (in press).
- LAC CDE**, 1992: *Our Own Agenda. Latin America and Caribbean Commission on Development and Environment*. UNDP and IDB, in collaboration with ECLAC and UNEP, Santiago, Chile.
- Lapenis**, A.G., N.S. Oskina, M.S. Barash, N.S. Blyum, and Y.V. Vasileva, 1990: The late quaternary changes in ocean biota productivity. *Okeanologiya/Oceanology*, **30**, 93–101. (in Russian)
- Lebre-La Rovère**, 1995: Mitigation measures for reduction of GHG emissions in Brazil. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela*, **10**(1–2).
- Leemans**, R., 1992: Modelling ecological and agricultural impacts of global change on a global scale. *Journal of Scientific and Industrial Research*, **51**, 709–724.
- Lindroth**, R.L., 1996: CO₂-mediated changes in tree chemistry and tree-lepidopteran interaction. In: *Carbon Dioxide and Terrestrial Ecosystems* [Koch, G.W. and H.A. Mooney (eds.)]. Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 105–120.
- Liverman**, D.M. and K.L. O'Brien, 1991: Global warming and climate change in Mexico. *Global Environmental Change*, **1**(4), 351–363.
- Löpmeier**, F.J., 1990: Klimaimpaktforschung aus agrarmeteorologischer sicht. *Bayer. Landw. Jahrb.*, **67**(1), 185–190.
- Mabberley**, D.J., 1992: *Tropical Rainforest Ecology*. Blackie and Son Ltd., Glasgow and London, United Kingdom, 2nd ed., 300 pp.
- Magalhães**, A.R. and M.H. Glantz (eds.), 1992: *Socioeconomic Impacts of Climate Variations and Policy Responses in Brazil*. UNEP, SEPLAN, Esquel Brasil Foundation, Brasília, Brazil.
- Malagnino**, E. and J. Strelin, 1992: Variations of Upsala glacier in Southern Patagonia, since the late Holocen to the present. In: *Glaciological Research in Patagonia (1996)* [Naruse, R. and M. Aniya (eds.)] pp. 61–85.
- Manabe**, S. and R.T. Wetherald, 1987: Large scale changes of soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. *J. Atmos. Sci.*, **44**, 1211–1235.
- Martens**, W.J.M., T.H. Jetten, and D.A. Focks, 1997: Sensitivity of malaria, aschistosomiasis and dengue to global warming. *Climate Change*, **35**, 145–156.
- Martens**, W.J.M., L.W. Niessen, J. Rotmans, T.H. Jetten, and A.J. McMichaels, 1995: Potential impact of global climate change on malaria risk. *Environm. Health Perspect.*, **103**, 458–464.
- Martínez**, A., R.U. Carcavallo, and A.F. Prosen, 1967: Los mosquitos, posibles transmisores amarillosos en Argentina. *Segundas Jorn. Entomoeop. Argentinas*, **1**, 7–26.
- Massera**, O.R., M.J. Ordoñez, and R. Dirzo, 1996: Carbon emissions from Mexican forests: current situation long-term scenarios. *Climate Change* (in press).
- Maul**, G.A. (ed.), 1993: *Climatic Change in the Intra-Americas Sea*. UNEP/IOC, E. Arnold, London, United Kingdom, 384 pp.
- McFarlane**, N.A., G.J. Boer, J.P. Blanchet, and M. Lazare, 1992: The Canadian Climate Centre second general circulation model and its equilibrium climate. *J. Climate*, **5**, 1013–1044.
- Medina**, E. and J. Silva, 1990: Savannas of the northern South America: a steady state regulated by water-fire interactions on a background of low nutrient availability. *Journal of Biogeography*, **17**, 403–413.

- Meisner, J.D., 1990: Effect of climatic warming on the southern margins of the native range of brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **47**, 1067–1070.
- Milliman, J.D., 1993: Coral reefs and their response to global climate change. In: *Climatic Change in the Intra-Americas Sea* [Maul, G.A. (ed.)]. UNEP/IOC, E. Arnold, London, United Kingdom, pp. 306–322.
- Minetti, J.L. and W.M. Vargas, 1995: *Trends and Jumps in South American Annual Precipitation South of Parallel 15° S*, (in press).
- Mitchell, J.F.B., C.A. Senior, and W.J. Ingram, 1989: CO₂ and climate: A missing feedback? *Nature*, **341**, 132–134.
- Mitchell, J.F.B. and D.A. Warrilow, 1987: Summer dryness in northern mid-latitude due to increased CO₂. *Nature*, **330**, 238–240.
- Molion, L.C.B., 1975: *A Climatology Study of the Energy and Moisture Fluxes of the Amazon Basin with Consideration of Deforestation Effects*. Diss., University of Wisconsin.
- Molion, L.C.B., 1996: Global climate impacts of Amazonia deforestation. In: *Greenhouse Gas Emissions Under Developing Countries Point of View* [Pinguelli, R.L. and M.A. dos Santos (eds.)]. COPPE, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil, pp. 78–89.
- Moreira, J.R. and A.D. Poole, 1992: *Hydropower and its constraints. Renewable Energy. Sources of Fuels and Electricity*, UNCED [De Johansson, T.B., H. Kelly, A.K.N. Reddy, and R.H. Williams (eds.)]. Island Press, Washington, DC, USA, pp. 73–120.
- Myers, N., 1992: Synergisms: joint effects of climate change and other forms of habitat destruction. In: *Global Warming and Biological Diversity* [Peters, R.L. and T.E. Lovejoy (eds.)]. Yale University Press, New Haven, CT, USA and London, United Kingdom, pp. 344–354.
- Neilson, R.P., 1995: A model for predicting continental-scale vegetation distribution and water balance. *Ecological Applications*, **5**, pp. 362–385.
- Ojima, D.S., W.J. Parton, D.S. Schimel, and C.E. Owensby, 1990: Simulated impacts of annual burning on prairie ecosystems. In: *Fire in North American Tallgrass Prairies* [Collins, S.L. and L.L. Wallace (eds.)]. University of Oklahoma Press, Norman, OK, USA, pp. 99–118.
- Omar, M.H., 1980: *Meteorological Factors Affecting the Epidemiology of the Cotton Leaf Worm and the Pink Bollworm*. WMO TN 532, WMO, Geneva, Switzerland.
- Ottichilo, W.K., J.H. Kinuthia, P.O. Ratego, and G. Nasubo, 1991: *Weathering the Storm: Climate Change and Investment in Kenya*. ACTS Press, Nairobi, Kenya.
- PAHO, 1976: *Report of the Director*. Washington, DC.
- PAHO, 1994: *Health Conditions in the Americas*, Vols 1 and 2. Washington, DC.
- PAHO, 1996: *Report of the Director*. Washington, DC.
- Parkinson, R.W., R.D. De Laum, and J.R. White, 1994: Holocene sea level rise and the fate of mangrove forests within the Wider Caribbean region. *Journal of Coastal Research*, **10**, 1077–1086.
- Parry, M.L., 1992: *The Potential Socio-Economic Effects of Climate Change in South-East Asia*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Parry, M., T.R. Carter, and N.T. Konijn (eds.), 1988: *The Impact of Climatic Variations on Agriculture. Vol. 2, Assessment in Semi-Arid Regions*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 764 pp.
- Parry, M.L., J.H. Porter and T.R. Carter, 1990: Agriculture: climate change and its implications. *Trends in Ecology and Evolution*, **5**, pp. 318–322.
- Paruelo, J.M. and O.E. Sala, 1992: El impacto de la desertificación sobre la capacidad de carga de las estepas patagónicas: sus consecuencias económicas. II Congreso Latinoamericano de Ecología, Caxambú, Mina Gerais, Brasil.
- Pauly, D., D.P. Much, J. Mendo, and J. Tsukayama, 1989: *The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions*. ICLARM Conference Proceedings 18. GTZ GmbH, Eschbom, FRG, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 438 pp.
- Pauly, D., M.L. Palomares, and F.C. Gayanilo, 1987: VPA estimates of the monthly population length composition, recruitment, mortality, biomass and related statistics of Peruvian anchoveta, 1953 to 1981. In: *ICLARM Studies and Reviews 15*, Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines.
- Pauly, D. and I. Tsukayama, 1987: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. In: *ICLARM Studies and Reviews 15*, Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines, 351 pp.
- Pedgley, D.E., 1980: *Weather and Airborne Organisms*. WMO TN 562, Geneva, Switzerland.
- Perdomo, M., 1996: Regional synthesis chapter for Latin America. In: *Greenhouse Gas Emission Inventories — Interim Results from the U.S. Country Studies Program* [Braatz, B.V., S. Jallow, S. Molnar, D. Murdiyarso, M. Perdomo, and J.F. Fitzgerald (eds.)].
- Perdomo, M., M.L. Olivo, Y. Bonduki, and L.J. Mata, 1996: Vulnerability and adaptation assessments for Venezuela. In: *Vulnerability and Adaptation to Climate Change* [Smith, J.B., S. Huq, L.J. Lenhart, L.J. Mata, I. Nemesova, and S. Toure (eds.)]. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp. 347–366.
- Perillo, G.M. and M.C. Piccolo, 1992: *Impact of SLR on the Argentinian Coastline*. Proceedings of the International Workshop on Coastal Zones, March 9–13, 1992, Isla Margarita, Venezuela.
- Pittock, A.B., 1980: Patterns of climatic variation in Argentina and Chile. Precipitation, 1931–1960. *Mon. Wea. Rev.*, **108**, 1347–1361.
- Porter, J.H., M.L. Parry and T.R. Carter, 1991: The potential effects of climate change on agricultural insect pests. *Agricultural/Forest Meteorology*, **57**, pp. 221–240.
- Rao, V.B., P. Satyamurty, and J.I.B. Brito, 1986: On the 1983 drought in Northeast Brazil. *J. Clim.*, **6**, 43–51.
- Rasmuson, E.M. and T.H. Carpenter, 1982: Variations in tropical sea surface temperature and surface windfields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 1163–1168.
- Reilly, J., N. Hohmann, and S. Kane, 1994: Climate change and agricultural trade: who benefits, who loses? *Global Environmental Change*, **4**(1), 24–36.
- Restrepo, M., A., Greer, D.F., and Moncada, L.H., 1972: *Relationship between the environment and the paracoccidioimycosis*. Proc. Symp. Paracoccidioimycosis, PAHO Publication 254, 84 pp.
- Riede, K., 1993: Monitoring biodiversity: analysis of Amazonian rainforest sounds. *Ambio*, **22**, 546–548.
- Rosenblüth, B.H., H. Fuenzalida-Ponce, and P. Aceituno, 1997: Recent temperature variations in southern South America. *Intl. J. of Climatology*, **17**, 1–19.
- Rosenzweig, C., M.L. Parry, G. Fischer, and K. Froberg, 1993: *Climate Change and World Food Supply*. Research Report No. 3, Environmental Change Unit, Oxford University, Oxford, United Kingdom, 28 pp.
- Rosenzweig, C. and M.L. Parry, 1994: Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, **367**, 133–138.
- Rubin, M.J., 1955: An analysis of pressure anomalies in the Southern Hemisphere. *Notos*, **4**, 11–16.
- Sala, O.E. and J.M. Paruelo, 1997: Ecosystem services in grasslands. In: G.C. Daily (de.), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, pp. 237–252. Island Press, Washington, DC.
- Salati, E. and C.A. Nobre, 1991: Possible climatic impacts of tropical deforestation. *Climate Change*, **19**, 177–196.
- Salati, E. and P.B. Vose, 1984: Amazon Basin: a system in equilibrium. *Science*, **225**, 129–138.
- Santibañez, F. and J. Uribe, 1994: *El Clima y la Desertificación en Chile*. En Taller en Nacional del Plan Nacional de Acción para Combatir la Desertificación, Universidad de Chile, Santiago, pp. 17–24.
- Schlesinger, M.E. and Z.C. Zhao, 1989: Seasonal climate changes induced by doubled CO₂ as simulated in the OSU atmospheric GCM/mixed layer ocean model. *J. Climate*, **2**, 459–495.
- Schubert, C., 1992: The glaciers of the Sierra Nevada de Merida (Venezuela): a photographic comparison of recent deglaciation. *Erkunde*, **46**, 59–64.
- Sharp, G.D. and D.R. McLain, 1993: Fisheries, El Niño-Southern Oscillation and upper ocean temperature records: an eastern Pacific example. *Oceanog.*, **5**(3), 163–168.
- Shen, G.T., 1993: Reconstruction of El Niño history from reef coral. *Bull. of Intl. France études andean*, Vol 112, pp. 125–158.

- Shope, R.E., 1991: Global climate change and infectious diseases. *Environm. Health Perspect.*, **96**, 171–174.
- Shukla, J., C. Nobre, and P. Sellers, 1990: Amazon deforestation and climate change. *Science* **247**, pp. 1322–1325.
- Siegenthaler, U. and J.L. Sarmiento, 1993: Atmospheric carbon dioxide and the ocean. *Nature*, **365**, 119–125.
- Skvarca, P., 1993: Fast recession of the northern Larsen Ice Shelf monitored by space images. *Annals of Glaciology*, **17**, 317–321.
- Skvarca, P., 1994: Changes and surface features of the Larsen Ice Shelf, Antarctica, derived from the Landsat and Kosmos mosaics. *Annals of Glaciology*, **20**, 6–12.
- Soriano, A. and C. Movia, 1986: Erosión y desertización en la Patagonia. *Interscencia* **11**, pp. 77–83.
- Stafford Smith, D.M. and G. Pickup, 1993: Out of Africa, looking in: understanding vegetation change. In: *Range Ecology at Disequilibrium* [Behnke, R., I. Scoones, and C. Keerven (eds.)]. Overseas Development Institute, London, United Kingdom, pp. 196–244.
- Starke, L. (ed.), 1994: *State of the World 1994A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*. W.W. Norton and Company, New York, NY, USA, and London, United Kingdom, 265 pp.
- Stone, T.A., P. Schlesinger, R.A. Houghton, and G.M. Woodwell, 1994: *A Map of Vegetation of South America Based on Satellite Imagery*. American Society for Photogrammetric Remote Sensing, Woods Hole Research Center, Woods Hole, MA, USA, pp. 541–551.
- Suriano, J.M., L.H. Perpozzi, and D.E. Martínez, 1992: El cambio global: tendencias climáticas en la Argentina y el mundo. *Ciencia Hoy*, **3**, 32–39.
- Tejada Miranda, F., 1996: *Evaluación de la vulnerabilidad de los bosques al cambio climático en Bolivia*. Programa Nacional sobre el Cambio Climático, Ministerio del Desarrollo Sostenible y del Medio Ambiente, La Paz, Bolivia.
- Telleria, A.V., 1986: Health consequences of floods in Bolivia in 1982. *Disasters*, **10**, 88–106.
- Teves, N., G. Laos, C. San Roman, S. Carrasco, and L. Clemente, 1996: Vulnerability and adaptation assessments for Venezuela. In: *Vulnerability and Adaptation to Climate Change* [Smith, J.B., S. Huq, S. Lenhart, L.J. Mata, I. Nemesova, and S. Toure (eds.)]. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp. 347–366.
- Torn, M.S. and J.S. Fried, 1992: Predicting the impacts of global warming on wildland fire. *Climatic Change*, **21**, 257–274.
- Treharne, K., 1989: The implications of the “greenhouse effect” for fertilizer and agrochemicals. In: *The Greenhouse Effect and UK Agriculture 19* [de Bennet, R.M. (ed.)]. Centre for Agricultural Strategy, University of Reading, United Kingdom, pp. 67–78.
- UNEP, 1992: *Environmental Data Report 1991–1992*, prepared by GEMS Monitoring and Assessment Research Centre, London, UK, in co-operation with World Resources Institute, Washington, DC and UK Department of the Environment, London. B. Blackwell Ltd, Oxford, UK, 408 pp.
- Vargas, W.M., 1987: El Clima y sus Impactos. Implicancias en las inundaciones del Noroeste en Buenos Aires. *Boletín Informativo Techint*, **250**, Buenos Aires, 12 pp.
- Vargas, W.M. and S. Bishoff, 1995: Statistical study of climatic jumps in the regional zonal circulation over South America. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **73**(5), 849–856.
- Vargas, W.M. and J.L. Minetti, 1996: Trends and jumps in South America annual precipitation south of the 15°S parallel. *Climate Change* (submitted).
- Velez, S.A., N. Nassif, J. Togo, and S. Wottips, 1990: *Energético socio-alimentario*. Seminario sobre Latino-América, Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto de Estudios e Investigaciones sobre el Medio Ambiente, octubre de 1990, Bariloche, Argentina, IEIMA, Buenos Aires, Argentina.
- Viglizzo, E.F. and Z.E. Roberto, 1997: On trade-offs in low input agroecosystems. *Agricultural Systems* (in press).
- Viglizzo, E.F., Z.E. Roberto, M.C. Filippin, A.J. Pordomingo, 1995: Climate variability and agroecological change in the Central Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **55**, pp. 7–16.
- Viglizzo, E.F., Z.E. Roberto, F. Lértora, Gay E. López, J. Bernardos, 1997: Climate and land-use change in field-crop ecosystems of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. (In press)
- Villers, L., 1995: *Vulnerabilidad de los ecosistemas forestales*. Country Study Mexico Report 6.
- Vitousek, P.M. and R.L. Sanford, Jr., 1986: Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **17**, 137–167.
- Walker, G.T., 1928: Cerá (Brazil) famines and the general air movement. *Beitr. Phys. d. Frein. Atmosph.*, **14**, 88–93.
- Westoby, M., B. Walker, and I. Noy-Meir, 1989: Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, **42**, 26–274.
- Wetherald, R.T. and S. Manabe, 1988: Cloud feedback processes in a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 1397–1415.
- WFC, 1987: *Proceedings of the Thirteenth Ministerial Session*. Beijing, China.
- Whetton, P.H., A.B. Pittock, J.C. Labraga, A.B. Mullan, and A. Joubert, 1996: Southern hemisphere climate comparing models with reality. In: *Climate Change, Developing Southern Hemisphere Perspectives* [Henderson-Sellers, A. and T. Giambelluca, (eds.)]. Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom, pp. 89–130.
- Whitmore, 1984: *Tropical Rain Forests in the Far East*. Clarendon Press, Oxford, United Kingdom, 2nd ed., 352 pp.
- WHO, 1985: *Ten Years of Onchocerciasis Control in West Africa: Review of Work of the OCP in the Volta River Basin Area from 1974 to 1984*. OCP/GVA/85.1B, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 113 pp.
- WHO Commission on Human Health and Environment, 1992: *Report of the Panel on Urbanization*. World Health Organization, Geneva, Switzerland, pp. 127.
- WHO, 1993: *A Global Strategy for Malaria Control*, Geneva, Switzerland.
- WHO, 1995: *The World Health Report 1995: Bridging the Gaps*. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 118 pp.
- WHO, 1996: *The World Health Report 1996: Fighting Disease Fostering Development*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Winograd, M., 1995: *Environmental Indicators for Latin America and the Caribbean: Toward Land Use Sustainability*. GASE, in collaboration with OAS, IICA/GTZ, and WRI.
- Wooster, W.S. and D.L. Fluharty (eds.), 1985: *El Niño North: Niño Effects in the Eastern Subarctic Pacific Ocean*. Washington Sea Grant Program, Seattle, WA, USA.
- WRI, 1990–1991: *Special Focus on Latin America*, Oxford University Press, New York, NY, pp. 33–64.
- WRI, 1992: *World Resources 1992–93: A Guide to the Global Environment*. Oxford University Press, New York, NY, USA, 385 pp.
- WRI, 1996: *World Resources 1996–97: A Guide to the Global Environment*. World Resources Institute/United Nations Environment Programme/United Nations Development Programme/The World Bank. Oxford University Press, New York, 342 pp.
- Yañez, E., 1991: Relationships between environmental changes and fluctuating major pelagic resources exploited in Chile (1950–1988). In: *Long-Term Variability of Pelagic Fish Populations and Their Environment* [Kawasaki, T., S. Tanaka, Y. Toba, and A. Taniguchi (eds.)]. Pergamon Press, Tokyo, Japan, pp. 301–309.
- Zuidema, G., G.J. van den Born, J. Alcamo, and G.J.J. Kreileman, 1994: Determining the potential distribution of vegetation, crops and agricultural productivity. *Water, Air, and Soil Pollution*, **76**(1/2), 163–198.

Lecturas complementarias

- Aceituno, P., 1988: On the functioning of the Southern Oscillation in the South America sector. Part I: Surface climate. *Mon. Wea. Rev.*, **116**, 505–524.
- Anderson, J.M., 1992: Responses of soils to climate change. *Advances in Ecological Research*, **22**, 163–210.
- Biggs, G.R., 1993: Comparison of coastal wind and pressure trends over the tropical Atlantic: 1946–1988. *Intl. J. Climatol.*, **13**, 411–421.
- Binet, D., 1988: Rôle possible d’une intensification des alizés sur le changement de repartition des sardines et sardinelles le long de la côte ouest africaine. *Aquat. Living Resources*, **1**, 115–132.
- Brinkman, R. and W.G. Sombroek, 1993: *The Effects of Global Change on Soil Conditions in Relation to Plant Growth and Food Production*. Expert

- Consultation Paper on Global Climate Change and Agricultural Production: Direct and Indirect Effects of Changing Hydrological, Soil and Plant Physiological Processes. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, December 1993, 12 pp.
- Busby, J.R.**, 1988: Potential implications of climate change on Australia's flora and fauna. In: *Greenhouse Planning for Climate Change* [Pearman, G.I. (ed.)]. CSIRO, Melbourne, Australia, pp. 387–398.
- Campbell, B.D.** and **R.M. Hay**, 1993: Will subtropical grasses continue to spread through New Zealand? In: *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*, pp. 1126–1128.
- Caviedes, C.N.**, 1984: El Niño 1982–1983. *Geographical Review*, **74**, 268–290.
- Cole, J.E.**, **R.G. Fairbanks**, and **G.T. Shea**, 1993: Recent variability in the Southern Oscillation. Isotopic results from Tarawa Atoll coral. *Science*, **260**, 1790–1793.
- D'Oliveira, A.S.** and **C.A. Nobre**, 1986: *Interactions Between Frontal Systems in South America and Tropical Convection over the Amazon*. Preprints of the Second International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, 1986, Wellington, New Zealand, AMS.
- Eakin, C.M.**, 1995: *Post-El Niño Panamanian reefs: Less Accretion, More Erosion and Damselfish Protection*. Proceedings of the Seventh Coral Reef Symposium, vol. 1, June 22–27, 1992, Guam, University of Guam Press, Manqilao, Guam, USA, pp. 387–396.
- Ehleringer, J.R.** and **C.B. Field** (eds.), 1993: *Scaling Physiological Processes: Leaf to Globe*. Academic Press, New York, NY, USA, 388 pp.
- Epstein, P.R.**, 1992: Cholera and the environment. *Lancet*, **339**, 1167–1168.
- Flenley, J.R.**, 1979: The late quaternary vegetational history of the equatorial mountains. *Progress in Physical Geography*, **3**, 488–509.
- Frasier, G.W.**, **J.R. Cox**, and **D.A. Woolhiser**, 1987: Wet-dry cycle effects on warm-season grass seedling establishment. *Journal of Range Management*, **40**, 2–6.
- Garms, R.**, **J.F. Walsh**, and **J.B. Davis**, 1979: Studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme in the Volta River Basin by *Sumulium damnosum* s.l. with emphasis on the Southwestern areas. *Tropical Medicine and Parasitology*, **30**, 345–362.
- Gilles, H.M.**, 1993: Epidemiology of malaria. In *Bruce-Chwatt's Essential Malariology* [Giles, H.M. and D.A. Warrell (eds.)]. Edward Arnold, London, United Kingdom, pp. 124–163.
- Henderson-Sellers, A.** and **A. Hansen**, 1995: *Atlas of Results from Greenhouse Model Simulations*. Model Evaluation Consortium for Climate Assessment, Climate Impacts Centre, Macquarie University, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Henderson-Sellers, A.** and **K. McGuffie**, 1994: Land surface characterisation in greenhouse climate simulations. *International Journal of Climatology*, **14**, 1065–1094.
- Horel, J.D.** and **J.M. Wallace**, 1981: Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 813–823.
- Mar del Peru (IMARPE)**, Callao, Peru; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines, pp. 142–178.
- Martinelli, L.A.**, **A.V. Krusche**, and **R.L. Victoria**, 1996: Changes in carbon stock associated to land-use/cover changes and emissions of CO₂. In: *Greenhouse Gas Emissions Under Developing Countries Point of View* [Pinguelli, R.L. and M.A. dos Santos (eds.)]. COPPE, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil, pp. 90–101.
- Masera, O.R.**, 1995: Mitigation options in forest sector with reference to Mexico. Latin America GHG emissions and mitigation options. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela*, **10**(1–2).
- Mata, L.J.**, 1996: A study of climate change impacts on the forests of Venezuela. In: *Adapting to Climate Change: Assessment and issues* [Smith, J., N. Bhatti, G. Menzhulin, R. Benioff, M. Budyko, M. Campos, B. Jallow, and F. Rijsberman (eds.)]. Springer-Verlag.
- Medina, E.**, 1982: Physiological ecology of neotropical savanna plants. In: *Ecology of Tropical Savannas* [Hyntley, B.J. and B.H. Walker (eds.)]. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 308–335.
- Mills, D.M.**, 1995: A climatic water budget approach to blackfly population dynamics. *Publications in Climatology*, **48**, 1–84.
- Myers, N.**, 1993: Questions of mass extinction. *Biodiversity and Conservation*, **2**, 2–17.
- Parker, C.** and **J.D. Fryer**, 1975: Weed control problems causing major reductions in world food supplies. *FAO Plant Protection Bulletin*, **23**, 83–95.
- Peters, R.L.**, 1992: Conservation of biological diversity in the face of climate change. In: *Global Warming and Biological Diversity* [Peters, R.L. and T.E. Lovejoy (eds.)]. Yale University Press, New Haven, CT, USA, and London, United Kingdom, pp. 59–71.
- Rauh, W.**, 1985: The Peruvian-Chilean deserts. In: *Ecosystems of the World: Hot Deserts and Arid Shrublands*, vol. 12A [Evenari, M., I. Noy Meir, and D. Goodall (eds.)]. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands, pp. 239–267.
- Reibsame, W.E.**, 1990: Anthropogenic climate change and a new paradigm of natural resource planning. *Professional Geographer*, **42**(1), 1–12.
- Reilly, J.** and **N. Hohmann**, 1993: Climate change and agriculture: the role of international trade. *American Economic Association Papers and Proceedings*, **83**, 306–312.
- Reynolds, R.E.** 1987: Breeding duck population, production and habitat surveys, 1979–1985. *Trans. N. Am. Wildl. Nat. Resour. Conf.*, **52**, 186–205.
- Reynolds, J.F.** and **P.W. Leadley**, 1992: Modelling the response of arctic plants to changing climate. In: *Arctic Ecosystems in a Changing Climate, an Ecophysiological Perspective* [Chapin III, F.S., R.L. Jefferies, J.F. Reynolds, G.R. Shaver, and J. Svoboda (eds.)]. Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 413–438.
- Riebsame, W.E.**, 1989: *Assessing the Social Implications of Climate Fluctuations*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Riebsame, W.E.**, 1990: The United States Great Plains. In: *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years* [Turner, B.L.].
- Riebsame, W.E. et al.**, 1995: Complex river basins. In: *As Climate Changes: International Impacts and Implications* [Strzepek, K.M. and J.B. Smith (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 57–91.
- Riebsame, W.E.**, **W.B. Meyer**, and **B.L. Turner II**, 1994: Modeling land use and cover as part of global environmental change. *Climatic Change*, **28**, 45–64.
- Sharkey, T.D.**, 1985: Photosynthesis in intact leaves of C3 plants: physics, physiology and rate limitations. *Botanical Review*, **51**, 53–105.
- Smayda, T.J.**, 1990: Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: evidence for a global epidemic. In: *Toxic Marine Phytoplankton* [Graneli, E. et al. (eds.)]. Elsevier Science Publishers, New York, NY, USA, pp. 29–40.
- Smith, T.M.** and **H.H. Shugart**, 1993: The transient response of terrestrial carbon storage to a perturbed climate. *Nature*, **361**, 523–526.
- Solley, W.B.**, **C.F. Merk**, and **R.P. Pierce**, 1988: *Estimated Use of Water in the United States in 1985*. Circular 1004, U.S. Geological Survey, Washington, DC.
- Solomon, A.M.**, 1992a: A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, **19**, 117–134.
- Solomon, A.M.**, 1992b: The nature and distribution of past, present and future boreal forests. In: *A Systems Analysis of the Global Boreal Forest* [Shugart, H.H., G.B. Bonan, and R. Leemans (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 291–307.
- Tol, R.S.J.**, 1994: The damage costs of climate change: A note on tangibles and intangibles applied to DICE. *Energy Policy*, **22**, 436–438.
- Troade, J.-P.**, 1989: Elements pour une autre stratégie. In: *L'homme et les ressources halieutiques, essai sur l'usage d'une ressource commune renouvelable* [Troade, J.-P. (sous la dir.)]. IFREMER, Paris, France, pp. 747–795.
- UNEP**, 1997: *Global Environmental Outlook*. United Nations Environmental Programme, WRI, USA, Distributed by Oxford University Press and UNEP, 265 pp.
- UNESCO**, 1978: *Tropical Forest Ecosystems: A State-of-Knowledge Report*. UNESCO, UNEP, and FAO, Paris, France, 683 pp.
- Van der Hammen, T.**, 1974: The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography*, **1**, 3–26.

- Walsh, J.F., J.B. Davis, and R. Garms, 1981:** Further studies on the reinvasion of the Onchocerciasis Control Programme by *Simulium damnosum* s.l. *Tropical Medicine and Parasitology*, **32(4)**, 269–273.
- Warren, C.R., 1994:** Against the grain; a report on the Pio XI glacier Patagonia. *Geographical Magazine*, **66(9)**, 28–30.
- WHO, 1992:** *Our Planet, Our Health*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO, 1996:** *Climate Change and Human Health*. Fide,[McMichael, A.J., A. Haines, R. Siloff and S. Kovats (eds.)] WHO/EHG/96.7. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 297 pp.