



## Evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y del potencial de adaptación en América Latina

Trabajo desarrollado a partir del Capítulo 13, América Latina, de la contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).





© PREDECAN



© PREDECAN



© PDRS / GTZ



© Heinz Plenge

El texto de esta publicación no constituye un documento oficial del IPCC y no ha sido aprobado ni aceptado por el Panel.

Las referencias citadas en esta publicación pueden consultarse en: Magrin, G., C. Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Giménez, A.R. Moreno, G.J. Nagy, C. Nobre and A. Villamizar, 2007: Latin America. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615. Disponible en [www.ipcc-wg2.org](http://www.ipcc-wg2.org) (Chapter 13: Latin America)



Panel Intergubernamental  
sobre Cambio Climático  
(IPCC).



Colaboraron en la preparación de esta versión en español: Dra. Graciela O. Magrin y Dr. Osvaldo Canziani.  
Diseño y diagramación: Fabiola Pérez-Albela P.  
Impresión: Pull Creativo S.R.L.

1ra. edición, 1ra. impresión

Lima, Perú

Octubre 2007



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

## Indice

Presentación	2
Resumen Ejecutivo	4
1 Síntesis de conocimientos evaluados en el tercer informe del IPCC (TAR) (IPCC, 2001)	6
2 Sensibilidad y vulnerabilidad actual	8
2.1 Características de América Latina	8
2.2 Sensibilidad y vulnerabilidad a la variabilidad climática y los eventos extremos	8
2.3 Otras causas de estrés que incrementan la vulnerabilidad	13
2.4 Tendencias observadas	16
2.4.1 Tendencias climáticas	16
2.4.2 Tendencias ambientales	18
2.4.3 Tendencia en los factores socioeconómicos	21
2.5 Medidas actuales de adaptación	22
2.5.1 Ecosistemas naturales	25
2.5.2 Agricultura	26
2.5.3 Recursos hídricos	26
2.5.4 Costas	28
2.5.5 Salud humana	28
3 Supuestos sobre las tendencias futuras	30
3.1 Clima	30
3.1.1 Escenarios de cambio climático	30
3.1.2 Cambios en la ocurrencia de eventos extremos	31
3.2 Cambios en el uso del suelo	32
3.3 Desarrollo	33
3.3.1 Demografía y poblaciones	33
3.3.2 Escenarios económicos	34
4 Impactos y vulnerabilidades futuras	36
4.1 Ecosistemas naturales	36
4.2 Agricultura	37
4.3 Recursos hídricos	40
4.4 Costas	42
4.5 Salud humana	46
5 Adaptación: prácticas, opciones y limitantes	48
5.1 Prácticas y opciones	48
5.1.1 Ecosistemas naturales	48
5.1.2 Agricultura y forestación	49
5.1.3 Recursos hídricos	51
5.1.4 Costas	52
5.1.5 Salud humana	52
5.2 Limitaciones para la adaptación	54
6 Estudios de caso	56
6.1 Amazonía: un sistema crítico del planeta	56
6.2 Capacidad adaptativa de las comunidades precolombinas de montaña en Sudamérica	58
7 Conclusiones e implicancias para el desarrollo sostenible	60
8 Incertidumbres clave y prioridades de investigación	62

## Presentación

El conocimiento y la información oportuna, realizada con el monitoreo continuo de las variables ambientales, son elementos imprescindibles para la toma de decisiones orientadas al logro del desarrollo sostenible. Por ello, toda información sobre la vulnerabilidad, los impactos y la adaptación al cambio climático constituye un aporte positivo en la tarea en la que se encuentran involucrados los países de América Latina y el Caribe. Consecuentemente, la difusión de las conclusiones para la Región de América Latina, del Grupo de Trabajo II, del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) es un aporte relevante para el logro de las trayectorias de desarrollo apropiadas para la Región, tal es el objetivo de la presente publicación.

La Cooperación Alemana al Desarrollo a través del Equipo Regional de Competencias «Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático» para América Latina y El Caribe, apoya esta iniciativa motivada en promover la incorporación de la gestión del riesgo y adaptación al cambio climático como una estrategia transversal en los procesos de desarrollo sostenible que se planifican e implementan a nivel local, nacional y regional; una consecuencia de esta preocupación es resaltar a la **reducción de la vulnerabilidad como un objetivo explícito de los procesos de desarrollo sostenible** que se manifiestan en estrategia, políticas, planes, programas y proyectos.

La Cooperación Alemana al Desarrollo a través del Equipo Regional de Competencias «Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático» para América Latina y El Caribe, apoya esta iniciativa orientada a la promoción de estrategias que permitan la consideración de los impactos adversos y los beneficios potenciales del calentamiento terrestre en los procesos de desarrollo sostenible. La adopción de los conceptos de multidisciplinaria y transversalidad, en el tratamiento de las cuestiones sectoriales y en la consideración de las cuestiones regionales y sub-regionales, que plantea el Grupo de Trabajo II del IPCC, permitirán definir mejor las trayectorias posibles para el desarrollo sostenible, en toda planificación, a nivel local, nacional y regional. El conocimiento del cambio del Sistema Climático Global y sus implicaciones regionales proveen las herramientas necesarias para lograr la **reducción de la vulnerabilidad como un objetivo explícito de los procesos de desarrollo sostenible**. Este conocimiento reforzará, sin dudas, la estrategia, y las políticas, que se aplicarán en planes, programas y proyectos futuros, en la Región.

Algunas ventajas de la inclusión transversal de temáticas como gestión del riesgo y adaptación al cambio climático en las decisiones para el logro del desarrollo sostenible son:

- a) **Analizar las políticas de desarrollo conjuntamente con los efectos adversos o beneficiosos del cambio climático**, es decir no pensar sólo en las consecuencias o impactos de los escenarios de riesgo de desastres, riesgo ambiental o los escenarios de cambio climático, que afecten a la comunidad, a los ecosistemas o a la población en general, sino pensar en las causas que están generando esas condiciones de vulnerabilidad y tomar decisiones de actuar sobre ellas. Analizar el riesgo significa evaluar la probabilidad de futuras pérdidas y daños. Se trata de un análisis prospectivo que permite mejorar los vínculos con los tomadores de decisiones, definiendo mejor las expectativas de éxito, en la planificación del desarrollo. Debido, evidentemente, a que ellos permanentemente están analizando escenarios a futuro.
- b) **Riesgo y cambio climático es interdisciplinario**, debe articular diferentes disciplinas del desarrollo hacia un objetivo común la reducción de vulnerabilidad, y así fomentar estructuras de gobernanza que permitan una articulación inter-sectorial, fortalecimiento de redes interinstitucionales, diseñar y observar indicadores de resultados compartidos, mejorar la gestión de la información para toma de decisiones, actualizar los instrumentos de planificación existentes incorporando la temática del riesgo y cambio climático, etc.



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

b) ***El riesgo ambiental, social y económico, y el cambio climático están estrechamente ligados***, su consideración integrada ayuda a articular diferentes disciplinas del desarrollo hacia el objetivo común, que es la reducción de vulnerabilidad. En este contexto, algunas de las consecuencias del trabajo interdisciplinario se manifiestan en articulación sectorial, fortalecimiento de redes interinstitucionales, diseño y observación de indicadores de resultados compartidos, mejora de la gestión de la información para la toma de decisiones, actualización de las políticas y medidas de planificación existentes que permitan la incorporación del análisis del riesgo ante los impactos del cambio climático, etc.

c) ***Reconocer que las decisiones cotidianas del desarrollo reducen o aumentan la vulnerabilidad***, existen prácticas actuales en América Latina que están aumentando o reduciendo vulnerabilidad, la propuesta es reconocer de manera objetiva y asumir la responsabilidad desde la diversidad de actores nuestra contribución al aumento o reducción de la vulnerabilidad.

d) ***Reducir vulnerabilidad para lograr cohesión social, conservar la biodiversidad, mantener los servicios que brindan los ecosistemas y luchar contra la pobreza***, generalmente los grupos sociales excluidos y en condiciones de pobreza o pobreza extrema son los más afectados con los impactos que se generarían en los futuros escenarios de riesgo y en los escenarios de cambio climático, trabajar en la incorporación transversal de esta temática significa que en las estrategias de lucha contra la pobreza y reducir la exclusión social se analice la reducción de vulnerabilidad frente a los riesgos de desastres y escenarios de cambio climático, permitiendo priorizar acciones como: evitar la construcción de viviendas en zonas de alto peligro y sin respetar procesos de ordenamiento territorial, promover procesos de reconversión productiva que favorezca la mejora de condiciones de vida de la población con énfasis en zonas de extrema pobreza, etc. Asimismo, se hace necesario priorizar actividades de conservación de la biodiversidad y del manejo sostenible de los recursos naturales, por su rol importante tanto para la adaptación al cambio climático, su mitigación, y como buena práctica de la gestión del riesgo.

Una acción que también deseamos motivar con esta publicación es que las universidades e investigadores puedan articularse en una estrategia permanente de gestión del conocimiento que permita un acercamiento entre la ciencia y la práctica de los procesos cotidianos de desarrollo sostenible.

Reconocer que el cambio climático es una realidad y las medidas de adaptación que podemos trabajar desde América Latina, un reto permanente es no solo enunciarlas sino implementarlas y monitorear sus resultados e impactos. Esperamos que esta publicación permita a los pobladores de América Latina mantenerse informados de una temática tan compleja, pero a la vez con mucho poder de convocatoria para los habitantes del mundo y así poder decidir actuar de manera conciente para mejorar el bienestar de todos.

**Oswaldo Canziani**  
Investigador  
IPCC 2007

**Graciela Magrin**  
Investigadora  
IPCC 2007

**Alberto Aquino**  
Coordinador  
Equipo Regional de Competencias  
«Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático»  
GTZ

## Resumen Ejecutivo

### **Durante los últimos años la variabilidad climática y la ocurrencia de eventos extremos han estado afectando severamente a Latinoamérica (confiabilidad alta).**

Se han reportado eventos extremos inusuales tales como lluvias intensas en Venezuela (1999, 2005), inundaciones en la región Pampeana de Argentina (2000-2002, sequía en el Amazonas (2005), tormentas de granizo en Bolivia (2002) y en el área del Gran Buenos Aires en Argentina (2006), el excepcional Huracán Catarina en el Atlántico Sur (2004) y la temporada récord de huracanes en 2005 en la Cuenca del Caribe [2.2]. Históricamente la variabilidad climática y los extremos han tenido impactos negativos sobre la población, incrementando la mortalidad y morbilidad en las áreas afectadas. Los desarrollos recientes en las técnicas de pronóstico meteorológico podrían mejorar la calidad de la información necesaria contribuyendo al bienestar y seguridad de la población. Sin embargo, la falta de equipamiento moderno de observación, la necesidad urgente de información de alta atmósfera, la baja densidad de estaciones meteorológicas, la poca credibilidad de sus reportes y la falta de monitoreo de las variables climáticas contribuyen a debilitar la calidad de los pronósticos, con efectos adversos sobre el público, disminuyendo la valorización de los servicios meteorológicos y la confianza en los registros climáticos. Estas limitaciones también afectan a los servicios de observación hidrometeorológica, con un impacto negativo en la calidad de las alertas tempranas y servicios de alerta (confiabilidad media). [2.5]

### **Durante las últimas décadas se han observado cambios importantes de la precipitación e incrementos de la temperatura (confiabilidad alta).**

Los aumentos de la lluvia en el sudeste de Brasil, Paraguay, Uruguay, la región Pampeana Argentina y algunas partes de Bolivia han tenido impactos en el uso de la tierra y los rendimientos de los cultivos, y han incrementado la frecuencia e intensidad de las inundaciones. Por otro lado, se ha observado una tendencia declinante de la precipitación en Chile, sudoeste de Argentina, sur de Perú y oeste de América Central. Se observaron aumentos de aproximadamente 1°C en Mesoamérica y Sudamérica, y de 0.5°C en Brasil. Como consecuencia de los aumentos de temperatura,

se está acelerando la tendencia al retroceso de los glaciares reportada en el TAR (tercer informe del IPCC) (confiabilidad muy alta). Este factor es crítico en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador, donde la disponibilidad de agua para el consumo o la generación hidroeléctrica ya está comprometida [2.4.1]. Se espera que en el futuro aumenten esos problemas con el suministro, volviéndose crónicos si no se planifican e implementan las medidas de adaptación adecuadas. En las próximas décadas es muy probable que desaparezcan los glaciares intertropicales de los Andes, afectando la disponibilidad de agua y la generación hidroeléctrica (confiabilidad alta). [2.4.1]

### **Los cambios de uso de la tierra intensificaron el uso de los recursos naturales y exacerbaron muchos de los procesos de degradación de los suelos (confiabilidad alta).**

Alrededor de las tres cuartas partes de las tierras de secano están moderada o severamente afectadas por procesos de degradación. Los efectos combinados de la acción humana y el cambio climático han provocado una continua disminución de la cubierta natural de los suelos a tasas muy elevadas (confiabilidad alta). En particular la tasa de deforestación de las selvas tropicales ha incrementado durante los últimos 5 años. Existe evidencia de que los aerosoles provenientes de la quema de biomasa pueden cambiar la temperatura regional y la precipitación en la parte sur del Amazonas (confiabilidad media). La quema de biomasa también afecta la calidad regional del aire, con implicancias para la salud humana. Actuando en forma sinérgica, los cambios en el uso de la tierra y climáticos incrementarán en forma sustancial el riesgo de incendios (confiabilidad alta). [2.3,2.4.2]

### **El calentamiento medio proyectado para Latinoamérica para fin de siglo varía, de acuerdo a los diferentes modelos climáticos, de 1 a 4°C para el escenario de emisión SRES B2 y de 2 a 6°C para el escenario A2 (confiabilidad media).**

La mayoría de las proyecciones de los modelos de circulación general (MCG) indican anomalías de precipitaciones relativamente grandes (positivas y negativas) para las zonas tropicales de América Latina y menores para Sudamérica extra tropical. Además, es



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

probable que en el futuro aumente la frecuencia de ocurrencia de eventos climáticos extremos; sobre todo la frecuencia e intensidad de los huracanes en la cuenca del Caribe. [3.1.1,3.1.2]

**Bajo el cambio climático futuro existe el riesgo de extinción de especies significativas en muchas áreas de Latinoamérica tropical (confiabilidad alta).**

Parte de las selvas tropicales del este de la Amazonía y el sur de Méjico serían reemplazadas por sabanas, y la vegetación semiárida en partes del nordeste de Brasil y en la mayor parte del centro y norte de Méjico sería reemplazada por vegetación árida debido al efecto sinérgico de los cambios en el uso de la tierra y en el clima (confiabilidad alta) [4.2]. Siete de los 25 sitios más críticos del mundo, que poseen elevada concentración de especies endémicas, están en Latinoamérica y están sobrellevando una pérdida de hábitat. Las reservas biológicas y los corredores ecológicos han sido implementados o planificados para mantener la biodiversidad en ecosistemas naturales, y pueden servir como medidas de adaptación para ayudar a proteger los ecosistemas ante el cambio climático. [2.5.1]

**Es probable que para 2020 el incremento neto del número de personas que experimentan tensiones con respecto a la disponibilidad de agua, debido al cambio climático, se ubique entre los 7 y 77 millones (confiabilidad media).**

Mientras que, para mediados del siglo, la reducción potencial en la disponibilidad de agua y el aumento de la demanda por parte de una población regional creciente, podría elevar esas cifras a 60 y 150 millones [4.3].

**Las reducciones generalizadas de los rendimientos de arroz para 2020 así como los incrementos de rendimiento de soja son posibles si se consideran los efectos del CO<sub>2</sub> (confiabilidad media).**

Para otros cultivos (trigo, maíz), la respuesta al cambio climático proyectada es más errática, dependiendo del escenario elegido. Bajo el escenario A2, si no se consideran los efectos del CO<sub>2</sub>, el número adicional de gente con riesgo de hambre es probable que alcance 5, 26 y 85 millones en 2020, 2050 y 2080,

respectivamente (confiabilidad media). Por otro lado, se espera que la productividad del ganado para carne y leche disminuya en respuesta a las temperaturas crecientes [4.2]

**Es muy probable que los aumentos esperados en el nivel medio del mar (ANMM), la variabilidad climática y los extremos afecten las áreas costeras (confiabilidad alta).**

En el sudeste de Sudamérica la tasa de ANMM incrementó de 1 a 2-3 mm/año durante los últimos 10-20 años [2.4.1]. En el futuro, se observarían impactos adversos sobre: (i) áreas costeras bajas (p. ej., en El Salvador, Guyana y la costa de la provincia de Buenos Aires en Argentina); (ii) edificios y turismo (p. ej., en Méjico y Uruguay); (iii) morfología costera (p. ej., en Perú); (iv) manglares (p. ej., en Brasil, Ecuador, Colombia y Venezuela); (v) disponibilidad de agua potable en la costa del Pacífico de Costa Rica, Ecuador y el estuario del Río de la Plata. En particular, es muy probable que el aumento del nivel del mar afecte los arrecifes de coral Mesoamericanos (p. ej., en Méjico, Belice y Panamá) y la ubicación de los cardúmenes en el sudeste del Pacífico (p. ej., en Perú y Chile) [4.4].

**Los planes futuros de desarrollo sostenible deberían incluir estrategias de adaptación para mejorar la integración del cambio climático en las políticas de desarrollo (confiabilidad alta).**

Algunos países han hecho esfuerzos para adaptarse, en particular a través de la conservación de ecosistemas clave, sistemas de alerta temprana, manejo del riesgo en agricultura, estrategias para el manejo de inundaciones, sequías y costas, y sistemas de monitoreo de enfermedades. Sin embargo, la efectividad de esos esfuerzos se ve contrarrestada por la falta de información básica, observaciones y sistemas de monitoreo; falta de desarrollo de capacidades y marcos políticos, institucionales y tecnológicos apropiados; bajos ingresos; y asentamientos en áreas vulnerables, entre otros [2]. Si no se mejoran esas áreas, los objetivos de desarrollo sostenible de los países latinoamericanos se verán comprometidos seriamente, afectando adversamente entre otras cosas, su habilidad para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio [5].

## 1 Síntesis de conocimientos evaluados en el tercer informe del IPCC (TAR) (IPCC, 2001)

### Los principales hallazgos del Third Assessment Report (TAR) (IPCC, 2001) fueron los siguientes:

- En la mayor parte de Latinoamérica no existe una tendencia de largo plazo clara en la temperatura media de superficie. No obstante, en algunas áreas de la región existe un calentamiento aparente (Amazonía, noroeste de Sudamérica) y en unos pocos casos tendencia al enfriamiento (Chile).
- Las tendencias de la precipitación sugieren un incremento en la precipitación en algunas regiones de latitudes medias, una disminución en algunas regiones centrales de Latinoamérica y para otras no hay una tendencia clara. Por ejemplo, las tendencias positivas observadas en el noreste de Argentina, sur de Brasil y noroeste de Méjico contrastan con las tendencias negativas observadas en algunas partes de América Central (p. ej., Nicaragua). Los registros sugieren una tendencia positiva durante los últimos 200 años en las regiones más elevadas del noroeste argentino. En Amazonía, la variabilidad interdecadal observada en los registros hidrológicos (tanto de lluvia como de caudales) es más significativa que cualquier tendencia observada.
- El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es el modo dominante de variabilidad climática en Latinoamérica y es el fenómeno natural de mayor impacto socioeconómico.
- Los glaciares de Latinoamérica han retrocedido drásticamente en las décadas pasadas, y muchos de ellos desaparecieron completamente. Las subregiones más afectadas son los Andes peruanos, el sur de Chile y Argentina hasta la latitud de 25° S. La deglaciación puede haber contribuido a las tendencias negativas observadas en los caudales de la región.
- En Latinoamérica muchas enfermedades están relacionadas con la temperie y el clima a través del brote de vectores que se desarrollan en ambientes cálidos y húmedos, incluyendo la malaria y el dengue. El cambio climático podría influenciar la frecuencia de brotes de esas enfermedades al alterarse la variabilidad asociada con el principal fenómeno de control, es decir, El Niño (probable).
- La agricultura es una actividad económica muy importante en América Latina, representando alrededor del 10% del producto bruto interno (PBI) de la región. Estudios realizados en Argentina, Brasil, Chile, Méjico y Uruguay, basados en Modelos de Circulación General (MCG) y modelos de cultivos, proyectan disminuciones del rendimiento de numerosos cultivos (p. ej., maíz, trigo, cebada, vid) aún considerando los efectos de fertilización del CO<sub>2</sub> y la implementación de medidas de adaptación moderadas al nivel de productor.
- Las evaluaciones de los impactos potenciales del cambio climático sobre los ecosistemas naturales indican que los bosques neotropicales estacionalmente secos de Mesoamérica podrían ser amenazados severamente. El calentamiento global podría expandir las áreas aptas para selvas tropicales hacia el sur de Sudamérica, pero el uso actual del suelo hace que sea poco probable que esas nuevas áreas sean ocupadas por selvas tropicales. Por otro lado, grandes extensiones de la selva amazónica podrían ser reemplazadas por sabanas tropicales como consecuencia del cambio de uso de la tierra y del cambio climático.
- El aumento del nivel del mar afectará los ecosistemas de manglares, dañando las actividades de pesca de la región. Las inundaciones y erosión costeras resultantes del aumento del nivel del mar, en combinación con los anegamientos ribereños y de zonas bajas afectarían la disponibilidad y calidad del agua. La



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

intrusión de agua marina exacerbaría los problemas socioeconómicos y de salud en esas áreas.

- La capacidad adaptativa de los sistemas humanos de América Latina es baja, en particular ante

eventos climáticos extremos, y la vulnerabilidad es alta. Las medidas de adaptación tienen el potencial para reducir las pérdidas relacionadas con el clima en agricultura y forestales pero una menor habilidad para hacerlo con la diversidad biológica.



## 2 Sensibilidad y vulnerabilidad actual

### 2.1 Características de América Latina

América Latina es una región muy heterogénea en términos de clima, ecosistemas, distribución de población y costumbres culturales. Gran parte del territorio se ubica en los trópicos con climas dominados por zonas de convergencia, tales como la Zona de Convergencia Intertropical, y la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (Satyamurty et al., 1998). En las zonas tropicales y subtropicales la circulación de verano está dominada por el sistema del Monzón de América del Norte que afecta México y partes de Centro América; mientras que el sistema del Monzón de América del Sur afecta al subcontinente al este de los Andes.

Estos climas monzónicos están estrechamente interconectados con interacciones océano-atmósfera en los océanos tropicales y subtropicales. La humedad desde los Océanos cálidos, que contribuye a las lluvias del continente, es transportada por las corrientes del chorro al este y oeste de los Andes en América del Sur, y las corrientes de chorro de baja altitud que se registran en el oriente de América del Sur (Marengo et al., 2004), en el oeste de los Andes (Poveda y Mesa, 2000), y en América del Norte, al este de las Rocallosas, en Baja California y sobre los mares interiores de las Américas.

La mayor parte de la lluvia se concentra en las zonas de convergencia, a barlovento de los obstáculos orográficos, provocando contrastes en su distribución espacial y temporal. Por ello son secas a sotavento, como las regiones subtropicales áridas del norte de México, la Patagonia, el desierto más seco del mundo en el norte de Chile y la región semiárida tropical del noreste de Brasil situada cerca del Amazonas, y una de las áreas más húmedas del mundo en el oeste de Colombia.

Una zona ecogeográfica extraordinaria es la del Altiplano Sudamericano, ubicada en los trópicos y presentando un paisaje de páramo (ecosistema andino

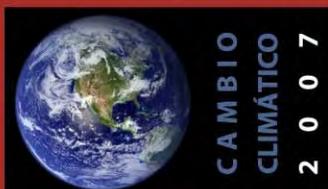
neotropical, alrededor de 3.500m sobre el nivel del mar, con valles profundos (yungas) que abrigan una biodiversidad importante, con gran riqueza de especies del orden vegetal y animal) (ver el estudio de caso en el apartado 6.2).

### 2.2. Sensibilidad y vulnerabilidad a la variabilidad climática y los eventos extremos

Durante las últimas tres décadas América Latina se vio sometida a impactos climáticos severos derivados, entre otros, de la mayor frecuencia de eventos El Niño (Trenberth y Stepaniak, 2001). En ese período ocurrieron dos mega El Niño extremadamente intensos (1982/83 y 1997/98) y otros eventos severos (EPA, 2001; Vincent et al., 2005; Haylock et al., 2006) que resaltaron contundentemente la vulnerabilidad de los sistemas humanos ante desastres asociados a fenómenos naturales (inundaciones, sequías, deslizamientos de tierra).

Desde el último informe del IPCC (TAR, 2001) ocurrieron numerosos eventos extremos inusuales, tales como las lluvias intensas en Venezuela (2005, 1999), las inundaciones de la región Pampeana de Argentina (2000 y 2002), la sequía en el Amazonas (2005), las tormentas de granizo muy destructivas y sin precedentes en La Paz (2002) y Buenos Aires (2006), el insólito huracán Catarina en el Atlántico Sur (2004), y la temporada record de huracanes en el Caribe (2005) (en la Tabla 1 se presentan algunos ejemplos).

La ocurrencia de desastres relacionados al clima se viene incrementando desde la década del noventa. Entre 1970-1999 y 2000-2005 los eventos extremos aumentaron 2.4 veces. Entre 2000 y 2005 sólo el 19% de los eventos extremos que fueron económicamente cuantificados representaron pérdidas de 20 billones de dólares



**Tabla 1:** Algunos eventos extremos y sus impactos (período 2004-2006)

Evento/Fecha	País/Impactos
Huracán Beta, Nov. 2005	Nicaragua: 4 muertos; 9.940 heridos. Se afectaron 506 casas, 250 ha de cultivos, 240 km <sup>2</sup> de bosques y 2.000 pescadores artesanales (SINAPRED, 2006).
Huracán Wilma, Oct. 2005	Méjico: varios deslizamientos de tierra, principalmente en la Península de Yucatán. Pérdidas de US\$ 1.881 millones. 95% de la infraestructura turística seriamente dañada.
Huracán Stan, Oct. 2005	Guatemala, Méjico, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica: pérdidas de US\$ 3.000 millones, más de 1,500 muertos. Guatemala fue el país más afectado, con 80% de las muertes y más de 60% de daños en infraestructura (Fundación DESC, 2005).
Ciclón Extra Tropical, Ago. 2005	Ciclón extra tropical en el sur de Uruguay (vientos de hasta 187 Km./h, y olas e tormenta), 100,000 personas afectadas, más de 100 heridos y 10 muertos, 20,000 hogares sin electricidad, teléfono y/o agua (NOAA, 2005; Bidegain et al., 2006).
Huracán Emily, Jul. 2005	Méjico - Cozumel y Quintana Roo, pérdidas de US\$ 837 millones ( US\$ 100 millones en turismo); dunas y arrecifes de coral afectados; pérdidas de 1.506 nidos de tortugas; olas de tormenta de 1-4 m (CENAPRED-CEPAL, 2005).
Lluvias intensas, Sep. 2005	Colombia, 70 muertos, 86 heridos, 6 desaparecidos y 140.000 inundados (NOAA, 2005).
Lluvias intensas, Feb. 2005	Venezuela, lluvias intensas (principalmente en la costa central y en los Andes), inundaciones severas y grandes desmoronamientos. Pérdidas de US\$ 52 millones; 63 muertos y 175,000 heridos (UCV, 2005; DNPC, 2005/06).
Huracán Catarina, Mar. 2004	Brasil, el primer huracán observado en el Atlántico Sur (Pezza y Simmonds, 2005); destruyó más de 3,000 casas en el sur de Brasil (Cunha et al., 2004); y provocó inundaciones severas en el este del Amazonas, afectando decenas de miles de personas ( <a href="http://www.cptec.inpe.br/">http://www.cptec.inpe.br/</a> ).
Sequías 2004-2006	Argentina (Chaco-2004) pérdidas estimadas en US\$ 360 millones (incluyendo 120 000 cabezas de ganado y 10.000 evacuados) (SRA, 2005). También en Bolivia y Paraguay 2004/05. Brasil-Amazonas sequía severa que afectó el centro y sudoeste de Amazonía, probablemente asociado con temperaturas de superficie del mar elevadas en el Atlántico Norte tropical ( <a href="http://www.cptec.inpe.br/">http://www.cptec.inpe.br/</a> ). Brasil - Río Grande del Sur reducciones de 65% y 56% en la producción de soja y maíz respectivamente ( <a href="http://www.ibge.gov.br/home/">http://www.ibge.gov.br/home/</a> ).



Otras causas, además de las climáticas, que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de los sistemas humanos son la presión demográfica, el crecimiento urbano sin planificación, la pobreza y la migración rural, la baja inversión en infraestructura y servicios, y los problemas de coordinación intersectoriales. Las comunidades más pobres están entre las más vulnerables a los eventos extremos (UNEP, 2003a), en parte por: estar ubicadas en el paso de huracanes (alrededor de 8.4 millones de personas en América Central, FAO, 2004a), en tierras inestables, en asentamientos precarios, y en zonas bajas y propensas a inundaciones (BID, 2000; UNEP, 2003a).

### Ecosistemas naturales

Las selvas tropicales de América Latina, particularmente la Amazónica, están acrecentando su sensibilidad a la ocurrencia de incendios debido a la mayor frecuencia de sequías, relacionadas al ENOS, y al cambio en el uso de la tierra (deforestación, remoción selectiva, fragmentación) (ver el estudio de caso en el apartado 6.1; Fearnside, 2001; Nepstad et al., 2002; Cochrane, 2003). Durante el evento La Niña del 2001, alrededor de un tercio de la selva Amazónica se vio amenazada por incendios (Nepstad et al., 2004). Este evento, es capaz de generar incendios de gran escala debido al extenso período sin lluvias que se registra en la Amazonía, exponiendo a los ecosistemas selváticos, aun a las selvas vírgenes y densas, al riesgo de incendios en el subsuelo que no resultan masivamente destructivos (Jipp et al., 1998; Nepstad et al., 2002, 2004).

Los manglares ubicados en las costas bajas, son particularmente vulnerables al ascenso del nivel del mar, al aumento de temperatura, y a la frecuencia e intensidad de los huracanes (especialmente los de Méjico, América central y el Caribe) (Cahoon and Hensel, 2002; Schaeffer-Novelli et al., 2002). (Kovacs, 2000; Meagan et al., 2003). Además, las inundaciones aceleran el cambio en el área de manglares y su interfase terrestre (Conde, 2001; Medina et al., 2001; Villamizar, 2004).

Varias poblaciones de ranas y sapos, en los bosques neblinosos, se ven afectadas después de los años con lluvias escasas (Pounds et al., 1999; Ron et al., 2003; Burrowes et al., 2004). En América Central y América del Sur se encontraron relaciones entre las temperaturas elevadas y la extinción de ranas a causa de enfermedades en la piel (*Batrachochytrium dendrobatidis*) (Dey, 2006).

### Agricultura

El impacto de la variabilidad climática relacionada al ENOS sobre el sector agropecuario ha sido ampliamente documentado en el TAR (IPCC, 2001). Los nuevos hallazgos incluyen:

- rendimientos elevados/bajos de trigo durante El Niño/La Niña en Sonora, Méjico (Salinas-Zavala y Lluch-Cota, 2003);
- acortamiento de los ciclos de crecimiento de algodón y mango en las costas norte del Perú durante El Niño debido al aumento de las temperaturas (Torres et al., 2001);
- mayor incidencia de enfermedades como 'cancrosis' en cítricos en Argentina (Canteros et al., 2004), *Fusarium* en trigo en Brasil y Argentina (Moschini et al., 1999; Del Ponte et al., 2005); y diversas enfermedades fúngicas en maíz, papa, trigo y porotos en Perú (Torres et al., 2001) durante los años El Niño debido al aumento de temperatura y humedad.

Otras fuentes de variabilidad climática, como las anomalías de la temperatura de superficie del Atlántico (SST), se relacionaron significativamente con las anomalías del rendimiento de cultivos anuales en la región Pampeana Argentina (Travasso et al., 2003a, 2003b).

En el centro de Argentina, las olas de calor provocan reducciones en la producción de leche de la raza Holando Argentina, y los animales son incapaces de recuperarse totalmente después de esos eventos (Valtorta et al., 2004).



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



### Recursos hídricos

En términos generales, América Latina es reconocida como una región bien dotada de recursos hídricos. Sin embargo, la distribución espacial y temporal es irregular afectando la disponibilidad y calidad del agua en varias de sus subregiones.

Las lluvias escasas y las temperaturas elevadas conducen a deficiencias hídricas y problemas con la calidad del agua. Las sequías relacionadas con La Niña provocan severas restricciones para el suministro de agua y para el riego en el centro-oeste de Argentina y el centro de Chile (25° a 40° LS) (NC-Chile, 1999; Maza et al., 2001). Las sequías relacionadas a El Niño afectan los caudales de los ríos en las cuencas andinas de Colombia (particularmente la del río Cauca), provocando reducciones del 30% del caudal medio, y de hasta el 80% en algunos tributarios (Carvajal et al., 1998); por el contrario los años La Niña favorecen las inundaciones extremas (Waylen y Poveda, 2002).

La Cuenca del río Magdalena también es muy vulnerable (con reducciones de hasta el 55% en los caudales medios, IDEAM, 2004). En esta región de Colombia, la humedad del suelo y el vigor de la vegetación se ven severamente reducidos o aumentados según el año sea El Niño o La Niña respectivamente (Poveda et al., 2001a). El 70% del territorio de América Latina es muy vulnerable a los episodios de inundación (UNEP, 2003c).

En la mayoría de los países de América Latina la energía hidráulica es la principal fuente de electricidad, y es muy vulnerable a las anomalías persistentes y de gran escala de las precipitaciones asociadas a los eventos El Niño o La Niña. Como ejemplo se puede citar Colombia (Poveda et al., 2003), Venezuela (IDEAM, 2004), Perú (UNMSM, 2004), Chile (NC-Chile, 1999), Brasil, Uruguay y Argentina (Kane, 2002). En Brasil durante el año 2001 se produjo una gran crisis en la generación y el suministro de energía, debido al aumento de la demanda y la intensa sequía, que generó una reducción del 1,5% del PBI (Kane, 2002).

### Zonas costeras

Las costas bajas de América Latina (como por ejemplo partes de Argentina, Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guyana, Méjico, Panamá, El Salvador, Uruguay y Venezuela), y las grandes ciudades (como Buenos Aires, Río de Janeiro y Recife) son uno de los sectores más vulnerables a la variabilidad climática y los eventos hidrometeorológicos extremos tales como lluvias intensas, tormentas de viento y huracanes (Tablas 1 y 2).

El aumento del nivel del mar (dentro del rango de 10 a 20 mm/siglo) aún no representa un riesgo serio, sin embargo la aceleración de las tasas de aumento registradas en las últimas décadas (hasta 2 ó 3 mm/año) insinúa un aumento de vulnerabilidad de las costas bajas, que ya están expuestas al aumento de olas de tormenta (Grasses et al., 2000; Kokot, 2004; Kokot et al., 2004; Miller, 2004; Barros, 2005; Nagy et al., 2005; UCC, 2005).

Algunas áreas costeras, como la ciudad de Buenos Aires, ya se ven afectadas por el efecto combinado de precipitaciones intensas, vientos del mar hacia la tierra y aumentos del nivel del mar (ejemplo *sudestadas* en el estuario del río de La Plata) (EPA, 2001; Bischoff, 2005).

### Salud humana

Durante los años El Niño (condiciones de sequía) hay riesgo de epidemia de malaria en las regiones costeras de Colombia y Venezuela, y en Guyana (Poveda et al., 2001b; Kovats et al., 2003; Gagnon et al., 2002). Por el contrario, las inundaciones favorecen las epidemias en las zonas costeras secas del norte de Perú (Gagnon et al., 2002).

Las variaciones anuales del dengue/dengue hemorrágico en Honduras y Nicaragua se relaciona con la influencia de las variables climáticas (p. ej. temperatura, humedad, radiación solar y lluvia) sobre la densidad de las poblaciones del vector transmisor (Patz et al., 2005). En zonas costeras del Golfo de Méjico,

los aumentos de la temperatura del mar, temperatura mínima y lluvia conducen al aumento de los ciclos de transmisión del dengue (Hurtado-Díaz et al., 2006).

En Argentina, Bolivia, Chile, Paraguay, Panamá y Brasil, después de períodos de sequías prolongadas se producen brotes del síndrome de hantavirus pulmonar (Williams et al., 1997; Espinoza et al., 1998; Pini et al., 1998; CDC, 2000). Muy probablemente, debido a que las lluvias intensas e inundaciones que ocurren luego de los períodos de sequías aumentan la disponibilidad de alimentos para los roedores peri-domésticos (ver Capítulo 8, Sección 8.2.8, disponible en [www.ipcc-wg2.org](http://www.ipcc-wg2.org)).

En las zonas semiáridas del noreste de Brasil, las sequías prolongadas indujeron a la migración de los agricultores de subsistencia hacia las zonas urbanas, registrándose una reemergencia de la leishmaniasis visceral (Confalonieri, 2003). En el estado de Bahía en Brasil, se reportó un aumento significativo de leishmaniasis visceral después de los eventos de El Niño de 1989 y 1995 (Franke et al., 2002). En Venezuela los aumentos de leishmaniasis cutánea se asociaron con la condiciones climáticas en los eventos débiles de La Niña (Cabaniel et al., 2005).

Las inundaciones en Brasil, especialmente en la áreas densamente pobladas y con sistemas de drenaje inadecuados, producen brotes de leptospirosis (Ko et al., 1999; Kupek et al., 2000) (ver Capítulo 8, Sección 8.2.8, disponible en [www.ipcc-wg2.org](http://www.ipcc-wg2.org)). En Perú, el aumento de la temperatura del verano durante los años El Niño se asoció con la aparición de enfermedades dermatológicas (Bravo y Bravo, 2001). La hipertermia sin causas infecciosas también se relacionó con las olas de calor (Miranda et al., 2003). Además, la temperatura de superficie del mar se asoció con la incidencia de la enfermedad de Carrión (*Bartonella bacilliformis*) (Huarcaya et al., 2004).

En Buenos Aires alrededor del 10% de las muertes de verano se asocian con el estrés térmico causado por el



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

efecto de las islas (de calor) térmicas (de Garín and Bejarán, 2003).

En San Pablo (Brasil), se informó que cada grado de aumento de la temperatura por encima de 20° C produce un incremento del 2.6% en todas las causas de morbilidad de los ancianos. Inversamente, cada grado de reducción de la temperatura por debajo de 20° C conduce a un aumento de 5.5% de la morbilidad (ver Capítulo 8, Sección 8.2.8, disponible en [www.ipcc-wg2.org](http://www.ipcc-wg2.org)).

### 2.3 Otras causas de estrés que incrementan la vulnerabilidad

#### Presión demográfica

En América Latina, la migración hacia las áreas urbanas excede la capacidad de absorción, y trae aparejada desempleo, hacinamiento y difusión de enfermedades infecciosas, incluyendo el Sida/HIV. Estos eventos suceden por la falta de infraestructuras adecuadas y planeamiento urbano, entre otros (UNEP, 2003b).

Nuestra región es la más urbanizada del mundo en desarrollo (75% de la población). Los países más urbanizados son Argentina, Brasil, Chile, Uruguay y Venezuela, mientras que Guatemala y Honduras son los de menor urbanización (UNCHS, 2001).

Como consecuencia del fenómeno de urbanización, la población enfrenta riesgos tradicionales (como enfermedades infecciosas y transmisibles) y riesgos modernos (como enfermedades crónicas y degenerativas), que se suman a los riesgos relacionados con inundaciones y deslizamientos de tierra, entre otros. Los riesgos modernos son el resultado de la urbanización y la industrialización (entre las poblaciones rurales y pobres los riesgos tradicionales son más importantes). Existe un grave problema de pobreza urbana en áreas donde prevalece la desnutrición, la baja calidad del agua, la falta de servicios sanitarios y de educación. Cabe destacar, que



en América Latina, la frontera entre lo urbano y lo rural es cada vez más borrosa especialmente en los alrededores de las grandes ciudades.

El problema de las migraciones hacia las áreas urbanas se debe fundamentalmente a la reducción de las tasas de empleo y la consecuente degradación de la situación social. A partir de la década del noventa, la pobreza afecta al 48.3% de la población y la pobreza extrema o indigencia al 22.5%.

Aunque la tendencia a la migración interna y entre países de la Región continúa, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPALC), informa que los gobiernos de sus países están interesados en alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), en particular, el objetivo de reducir la pobreza y la indigencia (en este caso, reduciendo a la mitad el número de personas que viven con menos de un dólar por día en el año 2015). A este respecto, las tendencias que se observaron en el año 2006, mostrarían que la satisfacción de este objetivo, en el año 2015, se limitaría al 38.5% y 14.7% de los índices, respectivamente. (La Nación, 2006).

### **Sobreexplotación de recursos naturales**

La sobreexplotación es una gran amenaza para 34 de los 51 sistemas locales de producción de América Latina. Al respecto, se destaca la disminución en la pesca artesanal en aguas costeras (UNEP, 2003b; FAO, 2006), debido a la destrucción de hábitats como manglares, estuarios y humedales costeros en América Central y Méjico (Cocos en Costa Rica, las islas Tortuguero-Miskitos en Nicaragua y el Golf de Méjico) (Mahon, 2002; NOAA/OAR, 2004).

El aumento de la presión ambiental sobre los ecosistemas naturales surgen de:

- la urbanización (sin planificación ni marco legal en la mayoría de los países),
- el gran desarrollo de la acuicultura,

- la expansión del ecoturismo y las industrias del petróleo,
- la captura de especies ecológicamente importantes,
- la introducción de especies exóticas,
- las fuentes terrestres de contaminación costera y marina,
- la reducción de las barreras de corales, y
- el manejo inadecuado de los recursos hídricos (Young, 2001; Viddi y Ribeiro, 2004)

La vertiginosa expansión de la industria del turismo es responsable de la mayoría de las transformaciones en las áreas costeras naturales al permitir la construcción de hoteles, instalaciones marítimas, campos de golf, etc. (WWF, 2004).

La sobreexplotación de acuíferos y el manejo inadecuado de los sistemas de riego, están causando severos problemas ambientales como la salinización del suelo y el agua en Argentina (donde más de 500.000 hectáreas de acuíferos presentan elevados niveles de salinidad y nitratos (IRDB, 2000)), y problemas sanitarios en varias ciudades como Méjico DF, San José de Costa Rica, y Trelew, Río Cuarto y La Plata en Argentina.

En la ciudad de Belice, un sistema de estanques (con manglares y áreas de humedales de manglares, convertido en área de drenaje) cumplió el rol de sistema natural de tratamiento de efluentes urbanos (básicamente para las aguas servidas de la ciudad). Recientemente, el dragado para una expansión masiva del puerto desembocó en la destrucción de manglares y en la pérdida de los servicios ecosistémicos que suministraban (WWF, 2004).

### **Contaminación**

La contaminación de recursos naturales, por ejemplo la contaminación del agua con arsénico, afecta cerca



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2 0 0 7

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



de 2 millones de personas en Argentina, 450.000 en Chile, 400.000 en Méjico, 250.000 en Perú y 20.000 en Bolivia (Canziani, 2003; Pearce, 2003; Clark and King, 2004). La contaminación con fluoruros también está muy expandida en nuestra región.

En la cuenca del río Pungayo (Ecuador) los sedimentos suspendidos y la contaminación con metal son significativamente mayores durante los eventos del ENOS (Tarras-Wahlberg y Lane, 2003). En la cuenca alta del río Pilcomayo (sudeste de Bolivia) la contaminación con metales pesados provenientes de las actividades mineras en Potosí, afecta la pesca y migración del sábalo (*Prochilodus lineatus*), que es una fuente importante de ingresos para la región (Smolders et al., 2002). En el año 2003 las inundaciones del río Salado (norte de Argentina) provocaron la diseminación de 60.000 toneladas de residuos sólidos sobre la ciudad de Santa Fe, que resultaron en la aparición de 135 casos de hepatitis, 116 de leptospirosis, y 5.000 de enfermedades pulmonares (Bordón, 2003).

La polución del aire debido a la quema de combustible fósiles afecta varias ciudades de América Latina; en Méjico DF, Santiago de Chile y San Pablo la fuente principal de contaminación es el transporte. En Lima, Quito y La Paz, la generación de energía termoeléctrica es la segunda fuente de contaminación (PAHO, 2005).

El clima y la geografía también juegan un rol fundamental en este aspecto, como por ejemplo las inversiones térmicas en Méjico DF, Lima y Santiago de Chile. En Méjico DF el ozono en superficie se asoció con el aumento de admisiones hospitalarias de niños debido a infecciones respiratorias y asma (Romieu et al., 1996).

En un trabajo reciente (Cardoso de Mendonça et al., 2004) se estimó que los costos derivados del efecto de los incendios en el Amazonas sobre la salud humana (debido a la exposición a partículas de biomasa) aumentaron de 3.4 millones de dólares en 1996 a 10.7 millones de dólares en 1999.

## 2.4 Tendencias observadas

### 2.4.1 Tendencias climáticas

Durante las últimas décadas del siglo XX se observaron incrementos significativos de las lluvias en el sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, centro-norte y este de Argentina, noroeste de Perú, y Ecuador. Inversamente, las lluvias disminuyeron en el centro-sur de Chile, centro-sur oeste de Argentina, y sur de Perú (Figura 1, Tabla 2). Además, se incrementó la tasa de aumento del nivel del mar, que en el Sudeste de Sudamérica llegó a valores de 2-3 mm por año en los últimos 10-20 años (Tabla 2).

Recientemente, se publicaron varios estudios para América del Sur (Vincent et al., 2005; Alexander et al., 2006; Haylock et al., 2006; Marengo and Camargo, 2007), América Central y el norte de Sudamérica (Poveda et al., 2001a; Aguilar et al., 2005; Alexander et al., 2006) que coinciden en sus resultados y reportan patrones de cambios en los eventos extremos que concuerdan

con un calentamiento generalizado. Tales como tendencias positivas en la ocurrencia de noches cálidas y negativas en la ocurrencia de noches frías, y tendencias positivas en la ocurrencia de lluvias intensas seguidas por días secos.

Un estudio reciente (Groisman et al., 2005) identificó tendencias lineales positivas en la frecuencia de precipitaciones muy intensas sobre el noreste de Brasil y el centro de Méjico. Sin embargo, la falta de datos diarios de lluvia y temperatura para períodos largos en gran parte de la región tropical de América del Sur no permite conclusiones evidentes de la tendencia en eventos extremos en regiones como la Amazonía. En el Capítulo 3, Sección 3.8 del reporte del grupo de trabajo I (disponible en: [www.ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.htm](http://www.ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.htm)) (Trenberth et al., 2007) se discuten aspectos relacionados con la variabilidad de eventos extremos y los ciclones tropicales; y en el Capítulo 11, Sección 11.6 del mismo reporte (Christensen et al., 2007) se reconoce que, en esta Región, hay pocos estudios sobre eventos extremos de precipitaciones (inundaciones y sequía) y temperaturas (olas de calor).



**Figura 1:** Tendencias en la precipitación media anual en (a) América del Sur (1960-2000). Los incrementos se presentan con el signo más, y las reducciones con un círculo. Los valores en negrita indican tendencias significativas a  $P < 0.05$  (fuente: Haylock et al., 2006). (b) América Central y norte de América del Sur (1961-2003). Los triángulos rojos indican tendencias positivas y los azules tendencias negativas. Los símbolos de mayor tamaño corresponden a las tendencias significativas (fuente: Aguilar et al., 2005).



**Tabla 2:** Tendencias climáticas actuales

<b>Precipitación (cambio en % si no se indica otra unidad)</b>	<b>Período</b>	<b>Cambio</b>
Amazonía - norte/sur (Marengo, 2004)	1949-1999	-11 a -17/-23 a +18
Amazonas Boliviano (Ronchail et al., 2005)	desde 1970	+15
Argentina - centro y noreste(Penalba and Vargas, 2004)	1900-2000	+1 DS a +2 DS
Uruguay (Bidegain et al., 2005)	1961-2002	+ 20
Chile - centro (Camilloni, 2005a)	Últimos 50 años	- 50
Colombia (Pabón, 2003a)	1961-1990	-4 a +6
<b>Temperatura media (° C/10 años)</b>		
Amazonía (Marengo, 2003)	1901-2001	+0.08
Uruguay, Montevideo (Bidegain et al., 2005)	1900-2000	+0.08
Ecuador (NC-Ecuador, 2000)	1930-1990	+0.08 a +0.27
Colombia (Pabón, 2003a)	1961-1990	+0.1 a +0.2
<b>Temperatura máxima (° C/10 años)</b>		
Brasil - sur (Marengo y Camargo, 2007)	1960-2000	+0.39 a +0.62
Argentina - centro(Rusticucci y Barrucand, 2004)	1959-1998	-0.2 a -0.8 (DEF)
Argentina - Patagonia (Rusticucci y Barrucand, 2004)	1959-1998	+0.2 a +0.4 (DEF)
<b>Temperatura mínima (° C/10 años)</b>		
Brasil – sur (Marengo y Camargo, 2007)	1960-2000	+0.51 a +0.82
Brasil - Campinas y Sete Lagoas(Pinto et al., 2002)	1890-2000	+0.2
Brasil - Pelotas (Pinto et al., 2002)	1890-2000	+0.08
Argentina(Rusticucci and Barrucand, 2004)	1959-1998	+0.2 a +0.8 (DEF/JJA)
<b>Aumento del nivel del mar (mm/año)</b>		
Guyana (NC-Guyana, 2002)	Último siglo	+1.0 a +2.4
Uruguay, Montevideo (Nagy et al., 2005)	Últimos 100/30/15 años	+1.0 / +2.5 / 4.0
Argentina, Buenos Aires (Barros, 2003)	Últimos ~100 años	+1.7
Brasil - varios puertos (Mesquita, 2000)	1960-2000	+4.0
Panamá - Costa del Caribe (NC-Panamá, 2000)	1909-1984	+1.3
Colombia (Pabón, 2003b)	1961-1990	+1 a +3

DS= Desvío estándar, DEF=Diciembre/Enero/Febrero, JJA=Junio/Julio/Agosto.

Estos cambios del clima están afectando varios sectores. Algunos impactos observados como consecuencia de las lluvias intensas son:

- 10% de incremento en la frecuencia de inundaciones debido al aumento de la descarga anual del río Amazonas en Obidos (Callède et al., 2004)
- Aumentos de hasta el 50% del caudal de los ríos Uruguay, Paraná y Paraguay (Bidegain et al., 2005; Camilloni, 2005b)
- Inundaciones en la cuenca del río Mamoré en la Amazonía boliviana (Ronchail et al., 2005)
- Aumentos en la mortalidad y morbilidad debido a inundaciones, desmoronamientos y tormentas en Bolivia (NC-Bolivia, 2000)

Además, en los últimos años se intensificó la tendencia al derretimiento de los glaciares reportada en el informe anterior del IPCC (TAR, 2001), llegando a situaciones críticas en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador (Tabla 3). De acuerdo al resultado de estudios recientes, la mayoría de los glaciares desde Colombia hasta Chile y Argentina (hasta 25 de latitud sur) están reduciendo drásticamente su volumen a tasas cada vez más aceleradas (Mark and Seltzer, 2003; Leiva, 2006). La causa principal del derretimiento de los glaciares de los andes tropicales durante la segunda mitad del siglo XX fue el cambio de temperatura y humedad (Vuille et al., 2003); y es muy probable que estos glaciares desaparezcan en los próximos 15 años, afectando seriamente la disponibilidad de agua y la generación de energía (Ramírez et al., 2001).

Por otro lado, también se reportaron efectos positivos del cambio del clima, como el incremento de los rendimientos de cultivos anuales en la región Pampeana de Argentina (38% en soja, 18% en maíz, 13% en trigo y 12% en girasol) (Magrin et al., 2005); y el aumento de la productividad de pasturas (7%) en Argentina y Uruguay (Gimenez, 2006).

## 2.4.2 Tendencias ambientales

### Deforestación y cambio de uso del suelo

En América Latina, entre 1990 y 2000 se perdieron 46.7 millones de hectáreas de selvas y bosques (total en 1990: 1.100 Mha), de las cuales 17.2 Mha correspondían a la Amazonía (41.5 Mha deforestadas en 1990 y 58.7 Mha deforestadas en 2000) (Kaimowitz et al., 2004). Las causas principales de deforestación fueron la expansión de las fronteras agrícolas y ganaderas, la financiación de grandes proyectos para la construcción de represas generadoras de energía, la expansión de cultivos ilegales, y la construcción de caminos y otras vías de enlace para la comercialización de productos (FAO, 2001a; Laurance et al., 2001; Geist and Lambin, 2002; Asner et al., 2005; FAO, 2005; Colombia Trade News, 2006).



**Figura 2:** Superficie deforestada en América Latina (Mha) entre 1990 y 2000. Las cifras indican la tasa anual de deforestación (%) en cada país. Elaborado en base a datos de FAO (2001a).

La cobertura natural se sigue reduciendo a tasa muy elevadas. En particular, la tasa de deforestación de las selvas tropicales incrementó notablemente durante los últimos 5 años. Por ejemplo, en la Amazonía Brasileira la deforestación anual aumentó un 32% entre 1996-2000 (1.68Mha) y 2001-2005 (2.23Mha), aunque se redujo de 2.61Mha a 1.89Mha entre 2004 y 2005 (INPE-



**Tabla 3:** Tendencias del retroceso de los glaciares

Glaciares/Período	Cambios/Impactos
Perú <sup>a,b</sup> Últimos 35 años	22% de reducción en el área total de glaciares; reducción de 12% del agua dulce en la zona costera (donde vive el 60% de la población del país). Se estima una pérdida de alrededor de 7,000 m <sup>3</sup> .
Perú <sup>c</sup> Últimos 30 años	Reducción de hasta 80% de la superficie de glaciares menores; pérdida de 188 m <sup>3</sup> en las reservas hídricas durante los últimos 50 años.
Colombia <sup>d</sup> 1990-2000	82% reducción de los glaciares, mostrando una pérdida de hielo lineal de 10-15 m/año; si sigue la tendencia actual del clima, los glaciares de Colombia desaparecerán completamente dentro de los próximos 100 años.
Ecuador <sup>e</sup> 1956-1998	Disminución gradual de la longitud de los glaciares, reducción del suministro de agua para riego, de agua potable para la ciudad de Quito y para la generación hidroeléctrica para las ciudades de La Paz y Lima.
Bolivia <sup>f</sup> Desde mediados de los 90	El glaciar Chacaltaya perdió la mitad de su superficie y dos tercios de su volumen, pudiendo desaparecer para 2010. Pérdida total del turismo y esquí.
Bolivia <sup>f</sup> Desde 1991	El glaciar Zongo ha perdido 9.4% de su superficie y podría desaparecer para 2045-2050, problemas serios para la agricultura, sostenibilidad de bofedales <sup>1</sup> e impactos socioeconómicos en poblaciones rurales.
Bolivia <sup>f</sup> Desde 1940	El glaciar Charquini ha perdido 47.4% de su superficie.

<sup>a</sup> Vásquez,2004; <sup>b</sup> Mark and Seltzer,2003; <sup>c</sup> NC-Perú,2001; <sup>d</sup> NC-Colombia,2001; <sup>e</sup> NC-Ecuador,2000; <sup>f</sup> Francou et al.,2003.



MMA, 2005a, b, c). En esta región, se deforestaron alrededor de 60Mha para la construcción de caminos y nuevos asentamientos humanos (Alves, 2002; Laurance et al., 2005).

Los aerosoles provenientes de la quema de biomasa podrían cambiar los patrones de temperatura y precipitación en el sur de la Amazonía (Andreae et al., 2004) y en los países vecinos, incluyendo la región Pampeana de Argentina hasta la altura de Bahía Blanca (Trosnikov and Nobre, 1998; Mielnicki et al., 2005), con consecuencias, entre otros, sobre la salud humana (aumento del riesgo de mortalidad, reducción de los días de actividad y síndromes respiratorios agudos; WHO/UNEP/WMO, 2000; Betkowski, 2006).

La repentina difusión del cultivo de soja exacerbó la deforestación en Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay (Fearnside, 2001; Maarten Dros, 2004). Ese cambio crítico en el uso del suelo realzará los procesos de acidificación y desertificación en varias zonas con deficiencia hídrica de América del Sur. La predominancia de los grandes intereses económicos está afectando no sólo el paisaje, sino también modificando el ciclo del agua y el clima de la región, donde cerca de tres cuartas partes de las tierras áridas se ven severamente afectadas por procesos de degradación y sequías (Malheiros, 2004). En esta región se ubican el 16% de las 1.900Mha con suelos degradados que existen a nivel mundial (UNEP, 2000). En las zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas de Brasil hay 100 Mha enfrentando procesos de desertificación (Malheiros, 2004).

### **Biodiversidad**

Los cambios en el uso de la tierra conducen a la fragmentación de los ecosistemas naturales y a la pérdida de biodiversidad. El cambio climático incrementará la tasa actual de extinción de especies citadas en la Lista Roja de Especies en Peligro (IUCN, 2001).

La mayor parte de las eco-regiones amenazadas se ubican en los valles y planicies andinos del norte y centro, en los Andes tropicales, en las áreas de bosques neblinosos (por ejemplo América Central), en las estepas de América del Sur, en los Cerrados y otras selvas secas del sur de la cuenca del Amazonas (Dinerstein et al., 1995; UNEP, 2003a) (ver Figura 5).

Entre las especies con alto riesgo de extinción pueden citarse la rana dorada de Costa Rica (*Bufo periglenes*) y la rana arlequín (*Atelopus* spp.) (Shatwell, 2006). Además, por lo menos cuatro especies de batracios de Brasil (ranas y sapos) redujeron su población a causa de alteraciones en sus hábitats (Eterovick et al., 2005), y dos especies de *Atelopus* desaparecieron luego de la deforestación (La Marca y Reinthaler, 2005).

Los principales factores de transformación que amenazan la biodiversidad en América del Sur son la deforestación y la degradación de las selvas a causa de los incendios (naturales y provocados), la remoción selectiva, la caza, el efecto de borde y la fragmentación (Fearnside, 2001; Peres and Lake, 2003; Asner et al., 2005).

### **Corales y manglares**

Dos estudios de caso realizados para Panamá y el Caribe de Belice demostraron, en términos de contrastes interoceánicos, las similitudes y diferencias en la respuesta de los arrecifes de corales a cambios ambientales complejos (Gardner et al., 2003; Buddemeier et al., 2004). Núcleos extraídos de los arrecifes de Belice demuestran que esa comunidad de corales fue dominada, de manera continua por la especie *A. cervicornis*, que fue exterminada por el blanqueo de los corales y reemplazada (a partir de 1986) por otra especie (Aronson and Precht, 2002).

El polvo y la arena de desierto que se transporta desde África hacia América (Shinn et al., 2000) y los sedimentos de las plumas de inundación derivadas de grandes tormentas, pueden transportar materiales



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

desde América Central hacia los arrecifes (procesos considerados como una causa remota de fuentes potenciales de patógenos, nutrientes y contaminantes).

Las actividades humanas son otra causa de la difusión de patógenos que exterminaron los erizos de la especie *Diadema Caribeña*. Habida cuenta que, la enfermedad comenzó en Panamá, se ha sugerido una relación potencial con el tráfico marítimo del canal (Andréfouët et al., 2002).

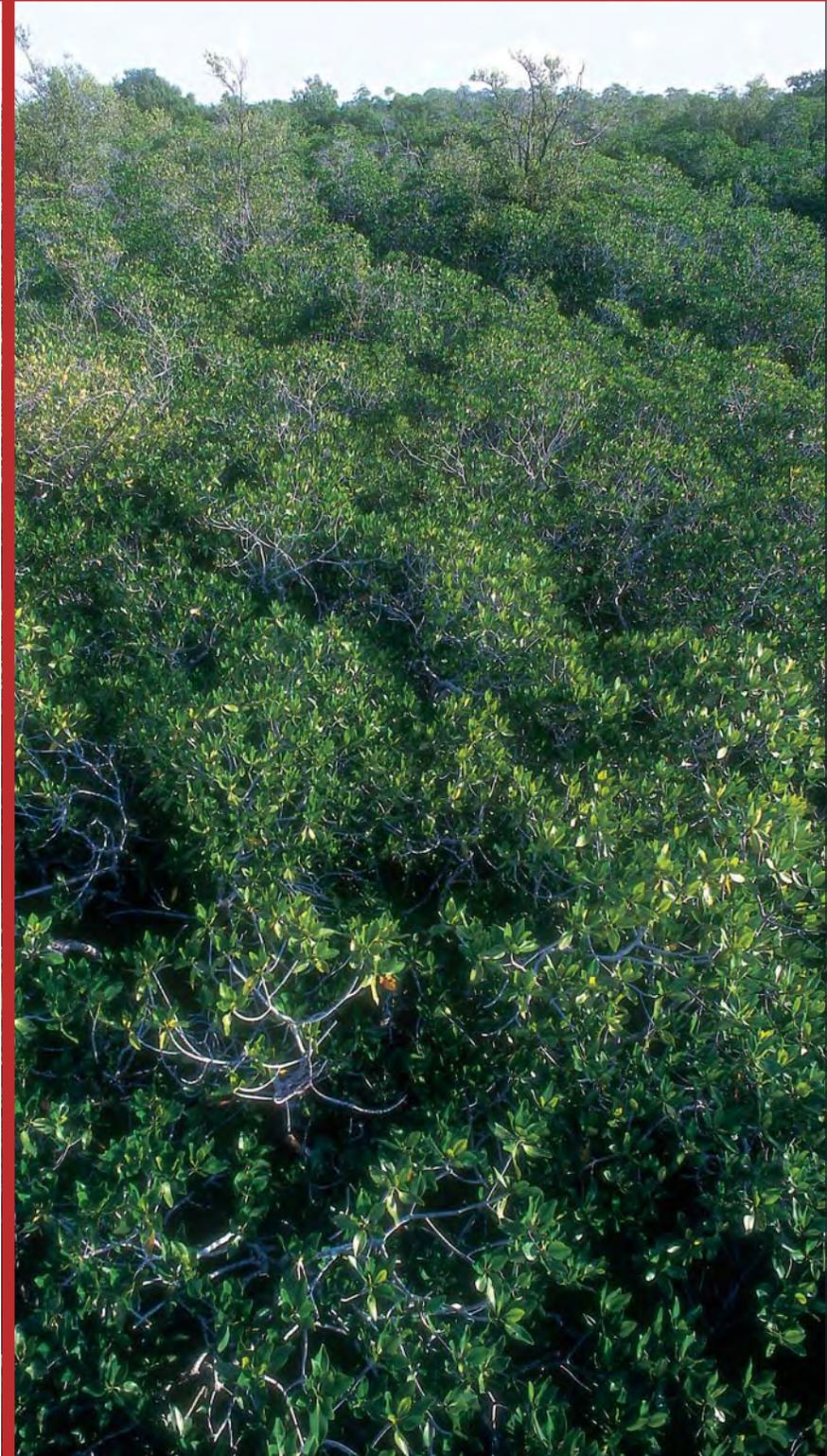
A nivel mundial, alrededor del 20% de las selvas de manglares desaparecieron desde el año 1980 (FAO, 2006) afectando, como ya fue mencionado, la actividad pesquera. En los arrecifes de Mesoamérica, la presencia de ciertas especies de peces es 25 veces mayor en los sitios donde hay manglares que donde fueron destruidos (WWF, 2004).

#### 2.4.3 Tendencia en los factores socioeconómicos

Entre 1950 y 1970 América Latina se vio beneficiada con un producto bruto interno (PBI) del orden del 5% (Esaith, 2003). Esa remarcable tasa de crecimiento permitió el desarrollo de industrias nacionales, la urbanización, y la creación o ampliación de servicios públicos de educación y salud.

La estrategia para el desarrollo económico se basó en el modelo de sustitución de importación, que consiste en imponer barreras para las importaciones y promover el desarrollo de industrias nacionales para satisfacer las necesidades internas. Sin embargo, ese modelo desembocó en una industria débil e incapaz de competir en los mercados internacionales y tuvo consecuencias nefastas para otros sectores (agricultura en particular) que habían aportado al desarrollo industrial.

En la década de los ochenta, la región enfrentó importantes crisis por deuda externa que forzaron a los países a tratar de implementar medidas



macroeconómicas rigurosas (relacionadas con las finanzas públicas) para liberar la economía. En ese entonces, el control de la inflación y el déficit público se transformaron en el objetivo principal de la mayoría de los gobiernos. Esa década se caracterizó por el deterioro de las condiciones económicas y sociales, el desempleo, y la extensión de la economía informal y la pobreza. En casi todos los países, la desregulación económica se tradujo en una sustancial heterogeneidad y volatilidad del crecimiento a largo plazo, y un modesto (o inclusive negativo) crecimiento económico (Solimano and Soto, 2005).

Ese desvío del paradigma económico produjo resultados contradictorios. Por un lado, las economías más liberales lograron mayor crecimiento económico que las menos liberales y lograron mejores niveles de democracia. Pero por otro lado, aumentó la volatilidad desembocando en crisis recurrentes, pobreza y aumento de desigualdad. Los gobiernos fallaron en el intento de crear redes sólidas para mejorar las condiciones sociales (Huber and Solt, 2004).

En América Latina el sector más rico de la población (10%) recibe entre el 40 y el 47% de los ingresos nacionales, mientras que el sector más pobre (20%) sólo recibe entre el 2 y el 4%. Esta distribución del ingreso sólo es comparable con la de algunos países de África y la ex Unión Soviética (Ferroni, 2005). La falta de equidad en educación, servicios de salud, justicia y acceso al crédito pueden restringir el desarrollo económico, reducir las inversiones y contribuir a la persistencia de la pobreza. Un estudio realizado por la CEPAL (2002) concluye, que en los países más pobres de la región, la probabilidad de alcanzar el 7% de crecimiento del PBI, necesario para el crecimiento requerido, es prácticamente nulo en el mediano plazo. Aún los países más ricos de América Latina encontrarán dificultades para lograr el 4.1% de crecimiento del PBI. Las predicciones para el 2015 indican que el PBI de la región puede crecer entre 2.1 y 3.8%, valor que es significativamente menor al 5.7% requerido para reducir la pobreza.

La combinación de bajo crecimiento económico y elevados niveles de desigualdad podrían tornar, a gran parte de la población, muy vulnerable a estresantes económicos y naturales, que no necesariamente deberían ser de gran envergadura para causar daños sociales significativos (UNDP-GEF, 2003).

Los efectos del cambio climático sobre las economías nacionales y de la asistencia oficial para el desarrollo no se consideraron en la mayor parte de los estudios de vulnerabilidad efectuados en la región. Se ha estimado que un incremento de 2°C en la temperatura representaría una pérdida del 1.3% del PBI del sector productivo de América Latina (Mendelsohn et al., 2000). Sin embargo, esta cifra sería sustancialmente mayor si se incluye en el cálculo el impacto del cambio climático y de los eventos extremos sobre los sectores no productivos (Stern, 2007).

Los escenarios socioeconómicos para América Latina indican que en el futuro la región no podrá sostener el crecimiento económico necesario para su desarrollo si no se efectúan cambios estructurales en las políticas económicas, que promuevan la inversión, el empleo y la productividad; a menos que ocurra una inesperada combinación de impactos externos positivos (Escaith, 2003).

## 2.5 Medidas actuales de adaptación

Pronósticos del tiempo y de la variabilidad climática

El gran evento de El Niño ocurrido en 1982 promovió un esfuerzo internacional (el programa TOGA) destinado a comprender y predecir ese fenómeno océano-atmosférico. Como resultado, surgieron pronósticos climáticos estacionales de mayor confiabilidad para varias partes del mundo, especialmente América Latina. Esos pronósticos se tornaron aun más confiables con la inclusión de las observaciones de TOGA del Pacífico tropical superior



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



desde mediados de los noventa, aunque aún no son capaces de predecir correctamente el establecimiento de algunos eventos El Niño y La Niña (Kerr, 2003). Actualmente, estos sistemas de pronóstico se basan en el uso de modelos acoplados del océano y la atmósfera y pueden predecir con una anticipación de 3 meses a más de 1 año.

Esta herramienta dio origen a un gran número de aplicaciones en varios sectores: comenzando a fines de la década del 80 para el sector pesquero en el Pacífico del este y los cultivos en Perú (Lagos, 2001), la agricultura de subsistencia en el noreste de Brasil (Orlove et al., 1999), la prevención de incendios en la zona tropical de América del Sur (Nepstad et al., 2004; <http://www.cptec.inpe.br/>), la predicción de caudales para generación de energía en el río Uruguay (Tucci et al., 2003; Collischonn et al., 2005), la pesca en el oeste del Atlántico Sur (Severov et al., 2004), las epidemias de dengue en Brasil (IRI, 2002), el control de malaria (Ruiz et al., 2006) y la generación hidroeléctrica en Colombia (Poveda et al., 2003).

La agricultura es un sector clave para el uso potencial de pronósticos climáticos ya que permiten planificar estrategias de producción apropiadas de acuerdo a la fase pronosticada. Estos pronósticos se usaron en el noreste de Brasil desde comienzos de los 90s para adecuar las técnicas de manejo de recursos y cultivos a las condiciones climáticas esperadas. Por ejemplo, en 1992 dado el pronósticos de condiciones secas para Ceará, se recomendó sembrar cultivos resistentes a sequía. Esta medida, redujo en un 67% las pérdidas registradas en 1987 cuando las condiciones climáticas fueron muy similares, pero no se disponía de pronósticos para planificar la siembra. Sin embargo, esta herramienta no está aún adoptada debido a errores en las predicciones que crearon desconfianza relacionada a la ventaja de su uso (Orlove et al., 1999). Recientemente (Conde and Eakin, 2003), el pronóstico climático basado en el ENOS fue utilizado con éxito en Tlaxcala (Méjico) para cambiar la siembra de maíz por avena durante un evento El Niño. Esa experiencia exitosa se basó en una estrecha interacción entre los científicos y los tomadores de decisiones (Conde y Lonsdale, 2005).

En los últimos años varios estudios han cuantificado el valor económico del pronóstico climático basada en ENOS, para ajustar las técnicas de manejo o cambiar de cultivo de acuerdo a la fase pronosticada. Los beneficios de ajustar las técnicas de manejo (cambios de fecha de siembra y/o cultivares, fertilización, riego suplementario, etc.) dependen del cultivo y el sitio siendo en promedio de:

- 10% en papa y cereales de invierno en Chile (Meza et al., 2003);
- 6% en maíz y 5% en soja en Argentina (Magrin y Travasso, 2001);
- más del 20% en maíz en Santa Julia-Méjico (Jones, 2001); y
- 30% en las zonas de agricultura comercial de Méjico (Adams et al., 2003).

El ajuste en la combinación de cultivos que el productor siembra de acuerdo al pronóstico brindaría beneficios medios del 9% en Argentina, con grandes variaciones según el sitio, la aversión al riesgo del productor, los precios y el cultivo antecesor (Messina, 1999).

En el sector de salud humana, el uso de pronósticos climáticos es relativamente nuevo (ver Sección 2.5.5). El soporte institucional para los sistemas de alerta posibilitaría intervenciones tempranas (y ambientalmente sanas), por parte del sector de salud pública. Por ejemplo, el Ministerio de Salud de Colombia desarrolló un plan de contingencia para controlar las epidemias asociadas al evento de El Niño 1997/98 (Poveda et al., 1999).

En algunos países de América Latina el perfeccionamiento de las técnicas de pronóstico del tiempo proporcionarán mejor información para los servicios de alerta y alarma hidrometeorológicos. La instalación de estaciones modernas de radares meteorológicos (con capacidad Doppler) mejorarían notablemente la confiabilidad de las alertas, pero las

redes son aún muy dispersas (WMO, 2007). Además, la deficiencia de observaciones de superficie reduce la confiabilidad de las perspectivas y los pronósticos. A pesar de ello, la alteración de las condiciones meteorológicas y climáticas derivadas de los eventos extremos condujo a acciones de planificación e implementación para mejorar las observaciones, las telecomunicaciones, y los sistemas de procesamiento de datos de la Vigilancia Meteorológica Mundial (WWW). Además, la participación de los países Latinoamericanos en el Sistema Internacional de Asistencia de Desastres de las Naciones Unidas (UN-IDSR) podría conducir a la implementación de nuevos y más desarrollados servicios de monitoreo y alerta.

Algunos ejemplos de redes destinadas a predecir el clima estacional y los eventos extremos son:

- El Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y el Caribe (CRID)
- El Centro Internacional de Investigaciones del Fenómeno El Niño (CIIFEN)
- La Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS)
- El Comité Andino para la Prevención de Accidentes y Respuestas (CAPRADE)

Existen otras redes establecidas para responder y prevenir impactos tales como:

- El Sistema de Decisión de Multi-inversores, desarrollado en Perú (Warner, 2006)
- El Plan Nacional de Desarrollo y el Atlas de Riesgos, implementado en Méjico (Quaas y Guevara, 2006)
- El Programa de Comunicación para Poblaciones Indígenas, basado en mensajes en idiomas locales (Alcántara-Ayala, 2004)



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

### 2.5.1 Ecosistemas naturales

La conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas son estrategias importantes para la adaptación al cambio climático debido a la protección de las poblaciones genéticamente diversas y los ecosistemas ricos en especies (World Bank, 2002a; CBD, 2003).

Los corredores ecológicos son vías de conexión entre áreas protegidas y fueron planeados para mantener y proteger la biodiversidad en los ecosistemas naturales. Algunos de ellos, como el Corredor Biológico de Mesoamérica, han sido implementados y sirven como medida de adaptación a la variabilidad y el cambio climático. Algunos proyectos destacados son los corredores naturales en las selvas Atlántica y Amazónica (de Lima y Gascon, 1999; CBD, 2003) y el corredor Villcabamba–Amboró entre Perú y Bolivia (Cruz Choque, 2003).

Los esfuerzos de conservación también deberían orientarse hacia la implementación de corredores protegidos que contengan manglares, lecho de hierbas marinas y arrecifes de corales para fomentar la abundancia de peces en los arrecifes, beneficiar a las comunidades de pesca locales, y contribuir a la disponibilidad de alimentos en forma sostenible (WWF, 2004).

Otras prácticas positivas en la región son las destinadas a mantener y restaurar los ecosistemas nativos y proteger y realzar los servicios ambientales que prestan, como por ejemplo el secuestro de carbono en el Proyecto de Acción de Mercadeo de Noel Kempff en Bolivia (Brown et al., 2000).

Una opción novedosa para promover la conservación de las selvas y bosques consiste en compensar a los dueños de la tierra por los servicios ambientales que esos ecosistemas brindan a la sociedad (UNEP, 2003a).



Frecuentemente, la compensación es financiada mediante un costo suplementario a los usuarios del agua que fue originada en la selva. Estos esquemas se están implementando en varios países y han sido probados en Costa Rica (Campos y Calvo, 2000). En Brasil, existe un programa oficial de crédito ambiental ('ProAmbiente'), que paga los servicios ambientales prestados por los pequeños productores que conservan las selvas y bosques (MMA, 2004). Otra iniciativa, también implementada en Brasil, es el impuesto agregado al valor ecológico, un instrumento fiscal que retribuye a las municipalidades que protegen la naturaleza y generan servicios ambientales, adoptada inicialmente por los estados de Paraná y Mina Gerais, y que recientemente se está implementando en algunas partes de la Amazonía (May et al., 2004).

### 2.5.2 Agricultura

Algunas medidas de adaptación como: cambios en el uso de la tierra, manejos sustentables, seguros agrícolas, riego suplementario, genotipos adaptados a condiciones de estrés, y cambios en las técnicas culturales de los cultivos, son frecuentemente utilizadas en el sector agropecuario para enfrentar la variabilidad climática interanual.

La diversificación económica, que es desde tiempos remotos una gran estrategia para manejar los riesgos climáticos y de mercado, se está incrementando en los últimos años. Si bien, esta medida no es una estrategia directa de adaptación a los cambios climáticos, reduce la dependencia de los agricultores a los ingresos del sector y aumenta la flexibilidad para manejar los cambios ambientales (Eakin, 2005).

En Méjico los agricultores pobres (ubicados en el área fronteriza con Estados Unidos) fueron capaces de continuar su actividad, a pesar de la crisis provocada por la falta de agua derivada de sequías prolongadas y

sobreexplotación de los acuíferos, mediante cambios en las tecnologías de riego, la diversificación de cultivos, y la orientación de los mercados (Vásquez-León et al., 2003).

El manejo sustentable de los suelos (basado en prácticas familiares como barreras de contención, uso de abonos verdes, rotación de cultivos e incorporación de rastrojos) permitió a los pequeños productores de Nicaragua disminuir los impactos del huracán Mitch (Holt-Giménez, 2002).

En Méjico, ciertos productores pequeños están probando medidas de adaptación a los cambios del clima consistentes en la implementación de sistemas más eficientes de riego (riego por goteo), y uso de abonos verdes y otros fertilizantes orgánicos (como compost) (Conde et al., 2006). Según un trabajo reciente (Wehbe et al., 2006) los ajustes en las fechas de siembra y la elección del cultivo, la construcción de diques en la tierra para almacenar agua, y la conversión de agricultura a ganadería son algunas de las medidas más populares de adaptación en González (Méjico). En cambio en Córdoba (Argentina) las medidas más frecuentes incluyen el uso de seguros agrícolas, aplicación de riego suplementario, ajuste en las fechas de siembra, distribución espacial del riesgo mediante la ubicación de parcelas en distintas zonas geográficas, cambio de cultivos y mantenimiento de stock ganadero.

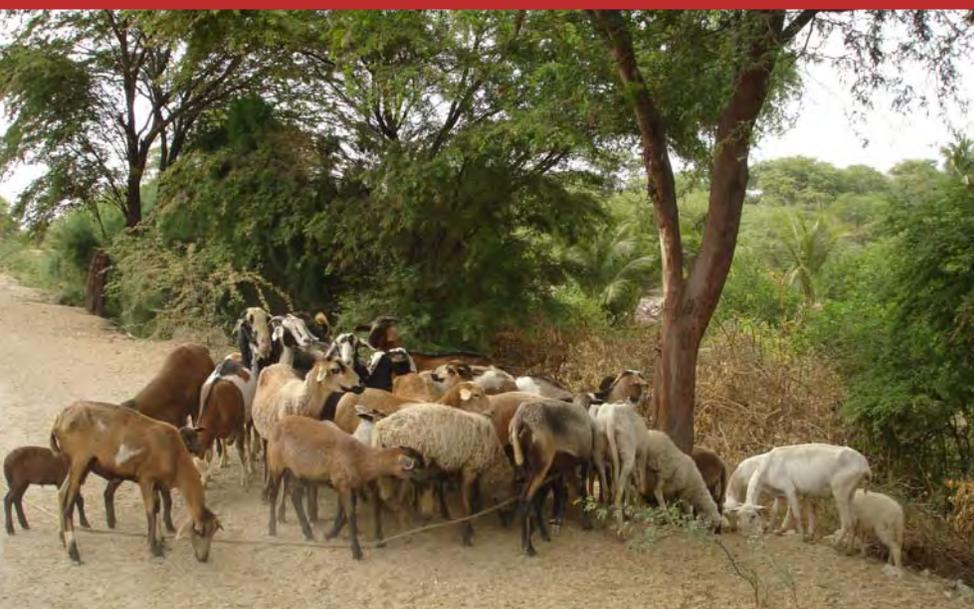
### 2.5.3 Recursos hídricos

En los países de América Latina, la carencia de estrategias de adaptación para enfrentar eventos extremos y riesgos de inundaciones y sequías se debe principalmente al reducido producto bruto interno, el incremento de población asentada en áreas vulnerables (propensas a inundaciones, desmoronamientos o sequías) y la falta de políticas, y estructuras institucionales y tecnológicas adecuadas (Solanes and Jouravlev, 2006).



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



Sin embargo, algunos países y ciudades se han organizado por sí mismos para prevenir los desastres (Fay et al., 2003). Muchos habitantes pobres se animaron a irse de zonas propensas a inundaciones para reestablecerse en áreas más seguras, y reconstruyeron sus viviendas con la asistencia del IRDB (Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo) y los créditos del IDFB (Banco Internacional de Financiamiento para el Desarrollo), como ejemplo puede citarse la reubicación de asentamientos en la cuenca del río Paraná en Argentina después de las inundaciones de 1992 (IRDB, 2000).

En ciertos casos, hay cambios en las condiciones ambientales que imposibilitan continuar con las fuentes tradicionales de ingresos y conducen a la introducción de nuevas actividades. Como ejemplo puede citarse lo ocurrido en zonas de la región Pampeana de Argentina, donde situaciones de inundación prolongadas condujeron al desarrollo de la acuicultura basada en especies difundidas en la región como el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) (La Nación, 2002).

Otro ejemplo, en este caso relacionado con la capacidad de adaptación a la escasez de agua, consiste en los programas organizados por las comunidades muy pobres para mejorar los sistemas de suministro hídrico. La organización Business Partners for Development Water and Sanitation Clusters trabajó en 4 planes focales: Cartagena (Colombia); La Paz y El Alto (Bolivia); y algunos distritos desfavorecidos del Gran Buenos Aires (Argentina) (The Water Page, 2001; Water 21, 2002).

La cosecha y almacenamiento del agua de lluvia son instrumentos importantes para el desarrollo sostenible en las zonas semiáridas de los trópicos. Existe un proyecto colectivo desarrollado en Brasil (por la ONG Network ASA Project, denominado P1MC- Project) para que la sociedad civil instale un millón de cisternas en forma descentralizada. El plan pretende abastecer de agua potable a un millón de hogares rurales ubicados en las zonas de sequías permanentes de la región semiárida tropical de Brasil (BSATs). Durante la primera etapa del plan se construyeron 12.400 cisternas (ASA y el Ministerio de Ambiente de Brasil); y se planeó la

construcción de otras 21.000 para finales del año 2004 (Gnadlinger, 2003). En las zonas áridas de Santiago del Estero en Argentina, los programas nacionales de agua potable instalaron 10 sistemas de captura y almacenamiento de agua de lluvia entre los años 2000 y 2002 (Basán Nickisch, 2002).

#### 2.5.4 Costas

Varios países de América Latina desarrollaron medidas de adaptación planificada y autónoma para enfrentar el impacto de la variabilidad climática sobre el sector costero.

La gran mayoría (Argentina, Colombia, Costa Rica, Uruguay y Venezuela) centraron su adaptación en el manejo integrado de costas (Hoggarth, et al., 2001; UNEP, 2003b, Natenzon et al., 2005a, b; Nagy et al., 2006b).

El proyecto: Plan Caribeño para adaptación al Cambio Climático, promueve acciones para evaluar la vulnerabilidad (especialmente la relacionada con el ascenso del nivel del mar), y planes para la adaptación y el desarrollo de capacidades adecuadas (CATHALAC, 2003).

A partir del año 2000 algunos países mejoraron sus marcos legales en lo concerniente con la restricción de la contaminación del aire y la integración de normas marino-costeras (como por ejemplo el plan de manejo integrado de costas de Venezuela del 2002)

Debido a la fuerte presión ejercida por los asentamientos humanos y la actividad económica en el modelado del manejo integrado de costas, algunos países como Venezuela (MARN, 2005) y Colombia (INVEMAR, 2005), han incorporado un diseño de políticas muy completo.

En Belice y Guyana, la implementación de la planificación del uso de la tierra y la zonificación

fortalece las normas de infraestructura, el plan de manejo de zonas costeras, el ajuste de los códigos de edificación y las estrategias de mitigación de desastres (incluyendo el mapeo de inundaciones y otros peligros) los cuales junto a las consideraciones del cambio climático se utilizan en el manejo día a día de todos los sectores (CDERA, 2003; UNDP-GEF, 2003).

#### 2.5.5 Salud humana

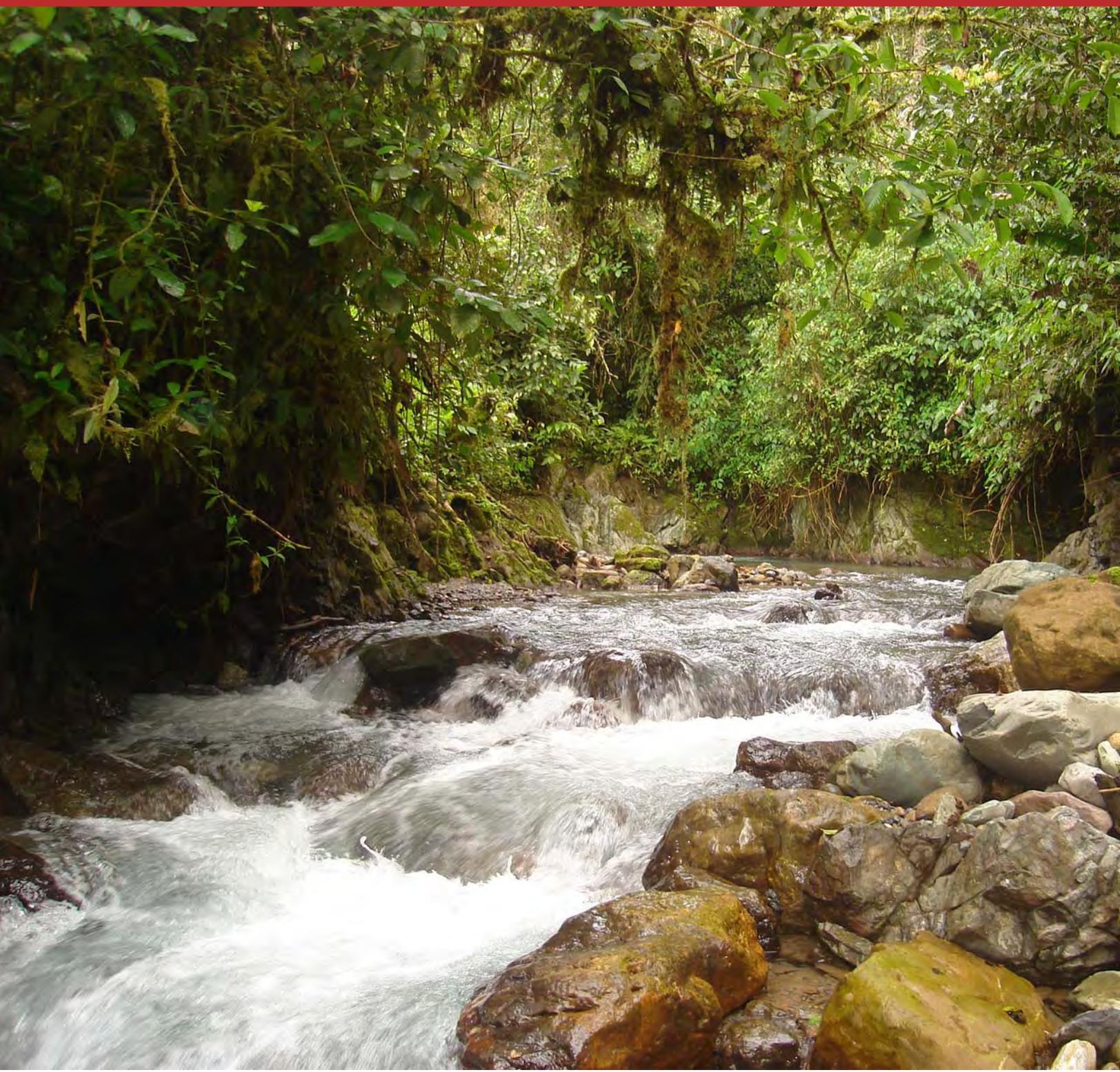
En Latinoamérica, las medidas de adaptación en el sector de la salud se pueden considerar como iniciativas aisladas. Un proyecto sobre adaptación a la variabilidad y cambio del clima llevado a cabo en Colombia tiene en cuenta la formulación de medidas para reducir la vulnerabilidad de la salud humana y manejar los impactos. El proyecto incluye el desarrollo de un plan piloto nacional para los ecosistemas de alta montaña, las islas y los problemas de salud humana relacionados con la expansión de los vectores de la malaria y el dengue (Arjona, 2005). El proyecto incluye el desarrollo de un sistema integrado de monitoreo y control del dengue y malaria con el objetivo de reducir en un 30% la tasa de infección de ambas enfermedades (Mantilla, 2005).

En varios países se han identificado medidas aisladas. Por ejemplo en Bolivia, las medidas incluyen el control de vectores y la supervisión médica. También se promueve la participación comunitaria y la educación para la salud, investigaciones entomológicas, el refuerzo de servicios sanitarios y el desarrollo de centros de investigación en enfermedades tropicales. Los programas gubernamentales deberían focalizarse en las áreas de alto riesgo para malaria y leishmaniasis bajo condiciones de cambio climático (Aparicio, 2000).



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2 0 0 7

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



## 3 Supuestos sobre las tendencias futuras

### 3.1 Clima

#### 3.1.1 Escenarios de cambio climático

Si bien los escenarios de cambio climático se pueden generar por varios métodos (IPCC, 2001), los resultados difundidos en este informe (AR4) están esencialmente basados en las estimaciones de los modelos de circulación global (MCG) basados en el informe de escenarios de emisiones del IPCC (SRES: Nakicenovic and Swart, 2000).

Las proyecciones de cambios en temperatura y precipitación para el siglo XXI (derivadas de las estimaciones de varios MCG) pueden encontrarse en el Centro de Distribución de Datos del IPCC (IPCC DDC, 2003; <http://www.ipccdata.org/>) con una resolución de 300Km y para dos escenarios contrastantes de emisiones de gases de efecto invernadero (A2 y B2). Además, en el Capítulo 11 del Grupo de trabajo I (disponible en: [www.ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.htm](http://www.ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.htm)) del cuarto informe del IPCC (Christensen et al., 2007), se presentan estimaciones regionales para varias zonas del mundo.

En la Tabla 4 se presentan los rangos de cambio en temperatura y precipitación proyectados para 2020, 2040 y 2080, provenientes de las estimaciones de varios MCG y cuatro de los principales escenarios de emisiones.

Para el año 2020, el aumento de temperaturas podría variar entre 0.4° C y 1.8° C, y para el 2080 entre 1.0° C y 7.5° C. Se estima que el calentamiento será más severo en la zona tropical de América del Sur (indicado como Amazonía en la Tabla 13.4). El tema de la precipitación es más complicado, dado que las proyecciones regionales presentan mayor grado de incertidumbre. En la zona central y tropical de América del Sur, las predicciones para el 2080 varían entre reducciones del 20% al 40% y aumentos del 5% al 10%. La incertidumbre es aún mayor para el sur de América del Sur, tanto en invierno como en verano, aunque la magnitud del cambio es menor que en las zonas tropicales.

El análisis de los escenarios indica que las diferencias en predicciones de temperatura y lluvia son mayores entre MCG que entre escenarios de emisiones para un mismo MCG. A consecuencia, y como es lógico esperar, la mayor fuente de incertidumbre en los escenarios regionales está asociada a las diferencias en las predicciones de los MCG. El análisis es mucho más complicado con la lluvia ya que los MCG presentan patrones de cambio diferentes, que inclusive pueden ser opuestos.

En síntesis, los MCG actuales no son capaces de proyectar cambios confiables en los ciclos hidrológicos a escalas regionales. Siendo particularmente elevada la incertidumbre en la proyección de precipitaciones (p. ej., Boulanger et al., 2006a, b, escenarios climáticos para América del Sur usando 10 MCG), lo que resulta una limitante para el uso de las proyecciones de los MCG como guía en la fijación de políticas de adaptación o mitigación.

Los escenarios derivados de los MCG son comúnmente llevados a menores escalas por medio de enfoques estadísticos o dinámicos que permiten generar escenarios locales o específicos para un sitio. Estos enfoques están bien descritos y pueden consultarse en el Capítulo 11 del Grupo de Trabajo I (disponible en: [www.ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.htm](http://www.ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.htm)) del cuarto informe del IPCC (Christensen et al., 2007). En América del Sur se realizaron varios trabajos en este sentido, usando una amplia gama de escenarios de MCG (HADCM3, ECHAM4, GFDL, CSIRO, CCC, etc.), y, en general, considerando los escenarios de emisiones A2 y B2: para el sur de América del Sur (Bidegain y Camilloni, 2004; Solman et al., 2005a, b; Nuñez et al., 2005), para Brasil (Marengo, 2004), para Colombia (Eslava y Pabón, 2001; Pabón et al., 2001) y para México (Conde y Eakin, 2003).

Los escenarios de menor escala pueden localizar fenómenos relacionados con la topografía, los sistemas meteorológicos de mesoescala, y el cambio en el uso de la tierra; pero en general continúa la incertidumbre relacionada con el uso de diferentes MCG como datos de entrada para los modelos regionales (Marengo y Ambrizzi, 2006).



**Tabla 4:** Cambios proyectados en la temperatura (° C) y la precipitación (%) para grandes subregiones del Centro y el Sur de América basados en Ruosteenoja et al. (2003). El rango de valores proviene de las estimaciones de siete MCG y los cuatro escenarios SRES más importantes.

Cambio en temperatura (° C)		2020	2050	2080
<b>América Central</b>	Est. Seca	+0.4 a +1.1	+1.0 a +3.0	+1.0 a +5.0
	Est. Húmeda	+0.5 a +1.7	+1.0 a +4.0	+1.3 a +6.6
<b>Amazonía</b>	Est. Seca	+0.7 a +1.8	+1.0 a +4.0	+1.8 a +7.5
	Est. Húmeda	+0.5 a +1.5	+1.0 a +4.0	+1.6 a +6.0
<b>Sur de Sudamérica</b>	Invierno(JJA)	+0.6 a +1.1	+1.0 a +2.9	+1.8 a +4.5
	Verano (DEF)	+0.8 a +1.2	+1.0 a +3.0	+1.8 a +4.5
Cambio en precipitación (%)		2020	2050	2080
<b>América Central</b>	Est. Seca	-7 a +7	-12 a +5	-20 a +8
	Est. Húmeda	-10 a +4	-15 a +3	-30 a +5
<b>Amazonía</b>	Est. Seca	-10 a +4	-20 a +10	-40 a +10
	Est. Húmeda	-3 a +6	-5 a +1	-10 a +10
<b>Sur de Sudamérica</b>	Invierno(JJA)	-5 a +3	0-12 a +10	-12 a +12
	Verano (DEF)	-3 a +5	-5 a +10	-10 a +10

Est.= Estación, DEF=Diciembre/Enero/Febrero, JJA=Junio/Julio/Agosto.

### 3.1.2 Cambios en la ocurrencia de eventos extremos

La mayor parte de los estudios sobre cambios climáticos actuales indica que la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos aumentará en el futuro. Muchos impactos del cambio climático aparecerán como la resultante del cambio en la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos como: tormentas de viento, tornados, granizo, olas de calor, temporales, lluvias muy intensas, o temperaturas extremas de duración diversa (horas hasta días).

Según los MCG evaluados durante el AR4, un número limitado de estudios sobre eventos extremos (p. ej., Tebaldi et al., 2007) brinda estimaciones sobre la frecuencia de eventos extremos de lluvia y temperatura estacional simulados para las condiciones presentes y para el fin del siglo XXI bajo el escenarios de emisión A1B En América Central las proyecciones de reducciones de la precipitación media están acompañadas de mayor frecuencia de eventos secos



en todas las estaciones. En América del Sur, algunos modelos anticipan estaciones extremadamente húmedas en la región del Amazonas y en el sur del continente, mientras que otros anticipan una tendencia opuesta.

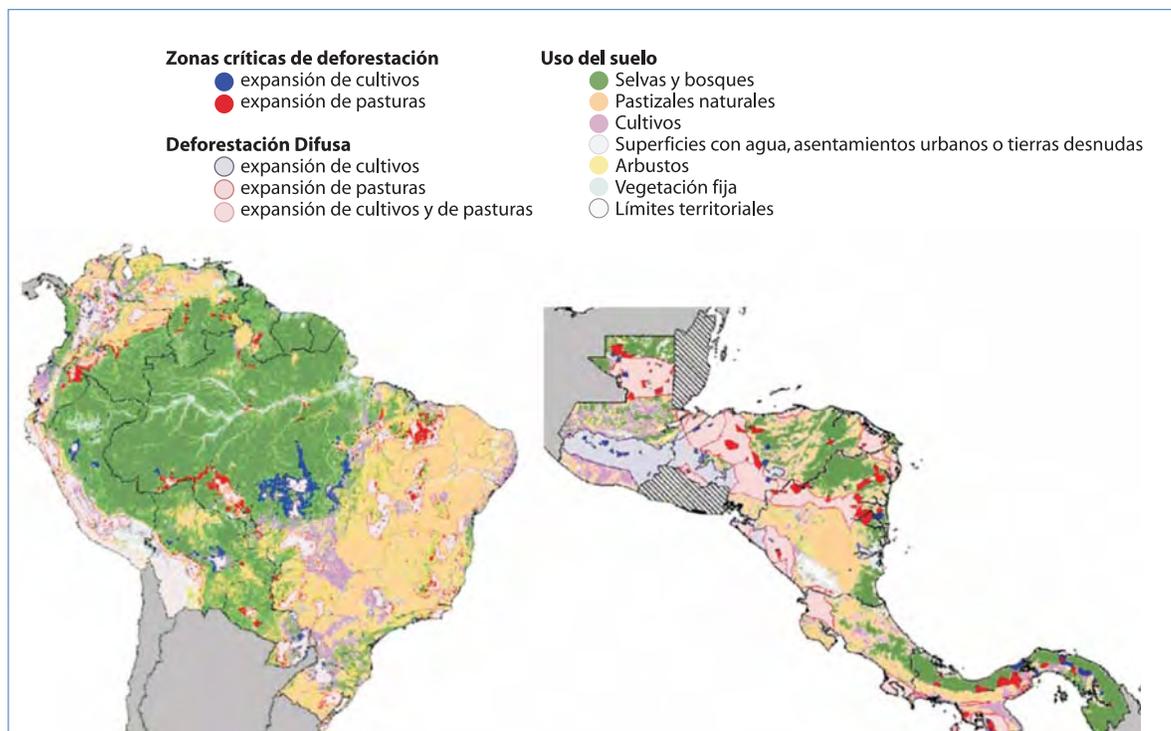
### 3.2 Cambios en el uso del suelo

En las zonas tropicales de Latinoamérica, uno de los principales desastres ambientales a enfrentar será la deforestación. América Latina es responsable sólo del 4.3% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI), sin embargo el 48.3% de esas emisiones proviene de la deforestación y el cambio de uso de la tierra (UNEP, 2000).

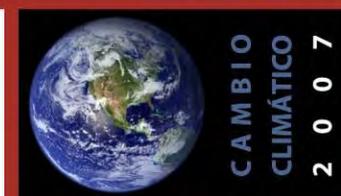
En el año 2010, las superficies de selvas y bosques de América del Sur y América Central se verán reducidas en 18Mha y 1.2Mha respectivamente, para dar paso a la producción de cultivos y la expansión de la ganadería (ver Figura 3) (FAO, 2005). En la Amazonía Brasileira, si la tasa de deforestación registrada en el 2002-2003 (2.3

Mha/año) continúa indefinidamente, en el año 2020 habrán desaparecido 100Mha de selva (alrededor del 25%, de la superficie original) (Laurance et al., 2005); mientras que para el año 2050 (si los intereses comerciales siguen predominando) se habrán deforestado 269.8 Mha (Moutinho y Schwartzman, 2005).

Mediante el uso de técnicas de simulación, Soares-Filho et al. (2005) estimaron, para la misma región, que en el año 2050 (bajo el escenario más pesimista) la tendencia proyectada en la deforestación conduciría a la eliminación del 40% de las 540Mha que posee actualmente la selva Amazónica en Brasil, liberando alrededor de 32 Pg (109 toneladas) de carbono a la atmósfera.



**Figura 3:** Zonas de deforestación crítica y difusa, proyectadas para América del Sur y América Central en el lapso 2000-2010 ([http://www.virtualcentre.org/en/dec/neotropics/south\\_america.htm](http://www.virtualcentre.org/en/dec/neotropics/south_america.htm) y [http://www.virtualcentre.org/en/dec/neotropics/central\\_america.htm](http://www.virtualcentre.org/en/dec/neotropics/central_america.htm))



Además, bajo la tendencia actual de deforestación, la expansión agrícola eliminará dos tercios de la cubierta selvática de 5 cuencas hidrológicas principales y 10 eco-regiones, provocando la pérdida de más del 40% del hábitat de 164 especies de mamíferos.

Se prevé, que en el futuro, la expansión del cultivo de soja sea una de las principales causas del cambio en el uso de la tierra. En América del Sur, se espera que el área sembrada con soja pase de 38Mha en 2003/04 a 59Mha en 2019/20 (Maarten Dros, 2004). La producción total de Argentina, Brasil, Bolivia y Paraguay aumentaría un 85% (llegando a 172 millones de toneladas, que representaría el 57% de la producción mundial). En ese caso, 21.6 Mha de hábitats naturales deberían convertirse directa o indirectamente para dar espacio a esa expansión. Los hábitats donde se prevén las pérdidas mayores son:

- los Cerrados (9.6 Mha),
- el Gran Chaco húmedo y seco (el ecosistema seco más grande de América del Sur, que cubre parte de Argentina, Paraguay, Bolivia y Brasil; 6.3 Mha),
- la zona de transición entre la Amazonía y la selva pluviosa (3.6 Mha),
- la selva Atlántica (1.3 Mha),
- la selva del Chiquitano (transición entre Amazonía y Gran Chaco; 0.5 Mha) y
- la selva de Yungas (0.2 Mha).

Esa deforestación masiva tendrá impactos negativos sobre la diversidad biológica y la composición de los ecosistemas de América del Sur, y además provocará consecuencias importantes sobre las condiciones climáticas locales y regionales.

## 3.3 Desarrollo

### 3.3.1 Demografía y poblaciones

La población de América Latina continúa creciendo, y se espera que en el 2050 aumente un 50% en relación a 2000. Sin embargo, la tasa anual de crecimiento disminuye, y se espera que para el 2015 alcance valores de 0.89% (cifra considerablemente inferior al 1.9% del período 1975-2002).

La población continúa migrando del campo a las ciudades, y para el 2015 se espera que alrededor del 80% de la población sea urbana, lo que representa un aumento cercano al 30% en relación a la década del sesenta.

Se proyectan reducciones de la población con edades inferiores a 15 años, y aumentos de los mayores de 65 años. La tasa de fertilidad (cantidad de nacimientos por mujer) se redujo de 5.1 a 2.5 entre 1970/75 y 2000/05, y se espera que en el 2015 disminuya a 2.2 (ECLAC, 1998).

De acuerdo a un informe de ECLAC (1998), la cantidad de personas en edades dependientes (entre el nacimiento y los 14 años y los mayores de 65 años) pasará de 54.8% en la actualidad a cerca del 60% en el 2050. Hecho que incrementará la presión sobre los sistemas de seguridad social y el aporte necesario de la población activa para mantener los servicios de educación y salud. La esperanza de vida (que aumentó de 61.2 años en la década del setenta, a 72.1 años en el período 2000-2005) alcanzaría los 74.4 años en el 2015. Se espera que la tasa de mortalidad aumente de los valores actuales de 7.8 por mil a casi 12 por mil en 2050.

La tasa de migración externa se transformó en un hecho importante en América Latina. En estudios recientes (ECLAC, 2002b) se estimó que cerca de 20 millones de ciudadanos de América Latina y el Caribe residen fuera de sus países de origen, principalmente en Estados

Unidos de América. Este fenómeno tiene efectos importantes sobre las economías nacionales y crea serias dependencias sociales: el 5% de los ingresos en los hogares de la región proviene de los envíos efectuados por los familiares que han migrado, cifra que en el 2003 totalizó 38 billones de dólares americanos (y fue 17% superior a las cifras de 2002) (IMO, 2005)..

Según los Índices de Desarrollo Humano, todos los países de Latinoamérica se ubican en rangos medios y elevados de desarrollo. Además, se sitúan en la mitad superior del índice de pobreza humana y mostraron una mejoría sistemática entre 1975 y 2002. Sin embargo, no se puede ignorar que, a pesar de que no hay países clasificados con rangos bajos de desarrollo, existen contrastes enormes entre y dentro de los países en términos de niveles de desarrollo tecnológico, sofisticación de los sectores financieros, capacidad de exportación y distribución de los ingresos (CEPAL, 2002).

### 3.3.2 Escenarios económicos

Las proyecciones de la evolución económica de América Latina pueden ser muy contradictorias, ya que dependen de la interpretación de las consecuencias de los procesos de liberalización económica que la región ha estado experimentando en los últimos 20 años.

Por un lado, están los economistas que defienden el proceso de liberalización económica, argumentando que los países Latinoamericanos que implementaron este sistema, mejoraron en términos de tasa de crecimiento, estabilidad, democracia, y también en temas relacionados con desigualdad y pobreza (como por ejemplo Walton, 2004; World Bank, 2006). Por otro lado, existe otro grupo de expertos en economía, sociología y ciencias políticas, que está preocupado por los efectos que provocó la neoliberalización en nuestra

región, especialmente en términos de aumentos de desigualdad y pobreza, y en carencia de crecimiento económico (Huber and Solt, 2004). Este es debate aún no está resuelto e impone gran incertidumbre a los escenarios económicos para América Latina.

Según el primer punto de vista, los analistas del Banco Mundial sostienen que, si bien el PBI real por habitante mostró un crecimiento muy bajo (1.3%/año/habitante) durante el período 1990-2000, en el largo plazo (desde 2006 hasta 2015) el PBI regional se elevaría a 3.6%/año y el ingreso por habitante llegaría en promedio a 2.3%/año (World Bank, 2006). Las proyecciones inmediatas estiman un crecimiento regional del 4% anual en 2006 y 3.6% en 2007, y un crecimiento del PBI por habitante del 2.6% y 2.3%/año respectivamente (Loser, 2006; World Bank, 2006). Estas proyecciones alentadoras se atribuyen a la implementación de políticas económicas, que restringieron el crecimiento en el pasado, como reducciones sustanciales del déficit fiscal y control de la inflación. Según estas fuentes, la región está en vías de alcanzar los objetivos de desarrollo del milenio en lo relativo a pobreza. Sin embargo es importante destacar que el comportamiento de la región no es tan bueno como la de los países de Asia Central, especialmente China. Una opción para mejorar la tasa de crecimiento sería la consolidación de las políticas económicas actuales (Walton, 2004; World Bank, 2006).

El segundo grupo de expertos sostiene que como resultado de la liberalización (que estuvo lejos de establecer bases para el crecimiento económico) se debilitó la economía regional, reduciendo su tasa de crecimiento y tornándola más volátil, exacerbando la desigualdad social y la pobreza, y limitando la capacidad de la región para crecimientos futuros (Huber and Solt, 2004; Solimano and Soto, 2005). La falta de crecimiento económico, la desigualdad, la carencia de marcos legales eficientes y la presión demográfica, son factores que aceleran el agotamiento ambiental e incrementan la vulnerabilidad a la variabilidad climática y a los eventos extremos (CEPAL, 2002).



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2 0 0 7

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



## 4 Impactos y vulnerabilidades futuras

### 4.1 Ecosistemas naturales

Las especies tropicales pueden ser sensibles a pequeñas variaciones climáticas debido a que los sistemas biológicos responden lentamente a los cambios relativamente rápidos del clima. Este hecho podría conducir a una disminución de la diversidad de las especies.

Según las proyecciones del Modelo de Circulación General Atmósfera-Océano (MCGAO) del Hadley Centre para los escenarios de emisión A2, considerando un incremento de 2°C en la temperatura de superficie, para el 2050 se podrían extinguir el 24% de las 138 especies arbóreas de la sabana central de Brasil (Cerrados) (Siqueira y Peterson, 2003; Thomas et al., 2004), y para fines de siglo se habrían extinguido el 43% de las 69 especies de árboles estudiados en Amazonía (Miles et al., 2004).

En términos de redistribución de especies y biomas los impactos serían mayores en el noreste del Amazonas que en el oeste. Diversos MCGAO indican una tendencia a la «sabanización» en la Amazonía oriental (Nobre et al., 2005) y en las selvas tropicales del centro y sur de México (Peterson et al., 2002; Arriaga and Gómez, 2004). La vegetación semiárida sería reemplazada por las especies de zonas áridas en el nordeste de Brasil (Nobre et al., 2005), y también en la mayor parte del centro y norte de México (Villers and Trejo, 2004).

Hasta el 40% de la selva amazónica podría reaccionar drásticamente aún ante una pequeña reducción de la precipitación, lo que implica que la hidrología de la vegetación tropical y el sistema climático de Sudamérica podría cambiar muy rápidamente a otra situación de equilibrio sin que necesariamente se produzcan cambios graduales entre la situación actual y la futura (Rowell y Moore, 2000). Es muy probable que selvas y bosques sean reemplazados por ecosistemas que tengan mayor resistencia a tensiones múltiples,

causadas por incrementos en las temperaturas, sequías e incendios, tales como se observa en las sabanas tropicales.

Un estudio de los cambios inducidos por el clima en procesos clave de los ecosistemas (Scholze et al., 2005) revela un elevado riesgo de pérdida de selvas en América Central y Amazonía (donde los riesgos de pérdida de selvas con incrementos de temperatura de más de 3°C exceden el 40%) (Ver Figura 13.3). Mayor frecuencia de incendios naturales en Amazonía, y en América del Sur (donde el aumento podría llegar a 60% con calentamientos de 3°C), y aumento de la escorrentía en el noroeste de Sudamérica y reducción en Centroamérica.

Los bosques neblinosos en regiones montañosas estarán en peligro si las temperaturas aumentan entre 1 y 2°C durante los próximos 50 años debido a cambios en la altitud de la base de las nubes durante la estación seca (podría ascender 2m/año). En lugares con poca elevación y montañas aisladas algunas plantas se extinguirán localmente porque el rango de elevación no les permitiría una adaptación natural al incremento de temperatura (FAO, 2002). Los cambios en la temperatura y en la base de las nubes en esos bosques podrían tener efectos sustanciales sobre la diversidad y composición de las especies. Por ejemplo, en el bosque neblinoso de Monteverde en Costa Rica esos cambios ya están ocurriendo. La disminución de la frecuencia de días con niebla se asoció fuertemente con la disminución de la población de anfibios (20 de 50 especies) y también probablemente de las poblaciones de aves y reptiles (Pounds et al., 1999).

Estudios de modelización muestran que los rangos ocupados por muchas especies se transformarán en no aptos para las mismas a medida que el clima cambie (IUCN, 2004). Usando modelos para proyectar las distribuciones de las especies con los escenarios climáticos futuros Thomas et al. (2004) muestra que para el año 2050 con un escenario de cambio climático



Evaluación de la Vulnerabilidad e Impactos del Cambio Climático y del potencial de adaptación en América Latina



medio, la extinción de especies en México podría incrementar fuertemente: entre 8% y 26% de pérdida de especies en mamíferos, entre 5% y 8% en aves, y entre 7% y 19% de las mariposas según se considere o no la dispersión.

## 4.2 Agricultura

En Latinoamérica se efectuaron varios estudios sobre impactos del cambio climático en la productividad de plantaciones anuales utilizando modelos de simulación de cultivos y proyecciones climáticas (ver Tabla 5).

Un estudio global (Parry et al., 2004) indica que, bajo el escenario de mayor calentamiento (HadCM3 SRES A1FI) y si los efectos del CO2 no son considerados, los cereales podrían reducir hasta un 30% de su productividad en el 2080 y el número adicional de gente con riesgo de hambre (Warren et al., 2006) sería de 5, 26 y 85 millones en 2020, 2050 y 2080 respectivamente (escenario A2). Sin embargo, si se incluyen los efectos del CO2, los cambios de rendimiento podrían variar entre reducciones del 30% en México e incrementos del 5% en Argentina (Parry et al. 2004) y el número adicional de gente con riesgo de hambre (escenario A2) incrementaría en 1 millón en 2020, permanecería sin cambios en 2050 y disminuiría en 4 millones en 2080 (Warren et al., 2006).

La Tabla 5 (siguiente página) también presenta estudios específicos por país y cultivo. Como puede observarse, existen importantes diferencias en las

predicciones asociadas a los MCG o escenarios incrementales utilizados, el período y el escenario socioeconómico considerado, la inclusión o no del efecto del CO2 y la localidad. Otras incertidumbres derivan de la inexactitud de los modelos y de procesos no modelados. A pesar de la variabilidad de las proyecciones de rendimiento, aparecen comportamientos consistentes a nivel regional como la reducción del rendimiento de arroz a partir del 2010 y el incremento de los rindes de soja cuando se considera el efecto del CO2. Es importante destacar que si se duplica la varianza de las temperaturas, las reducciones de rendimiento serían mayores (ver Tabla 5).

Los pequeños productores de maíz, podrían esperar reducciones promedio del rendimiento del 10% en 2055, aunque con gran variabilidad espacial, tanto que en ciertas partes de Colombia los rendimientos permanecerían sin cambios, mientras que en el pedemonte de Venezuela las reducciones alcanzarían el 100% (Jones y Thornton, 2003).

Mayor estrés térmico y menor disponibilidad hídrica reducirían los rendimientos a un tercio en las zonas tropicales y subtropicales, donde los cultivos ya están cerca de su máxima tolerancia al calor. La productividad de praderas y pastizales se verá afectada por la pérdida del stock de carbono en suelos orgánicos y también por la pérdida de materia orgánica (FAO, 2001b).

Otro impacto negativo del cambio climático, esta vez sobre el cultivo de café, será la disminución de las zonas aptas para su crecimiento en Brasil y de la productividad en México (ver Tabla 5).

**Tabla 5:** Impactos futuros en el sector agrícola

Estudio	Escenario Climático	Impactos sobre rendimiento (%)				
		Trigo	Maíz	Soja	Arroz	Otros
Guyana (NC-Guyana, 2002)	CGCM1 2020-2040 (2xCO <sub>2</sub> ) CGCM1 2080-2100 (3xCO <sub>2</sub> )				-3 -16	Ca: -30 Ca: -38
Panamá (NC-Panamá, 2000)	HadCM2-UKHI (IS92c-IS92f) 2010/2050/2100 (1xCO <sub>2</sub> )		+9/-34/-21			
Costa Rica (NC-Costa Rica, 2000)	+2° C «15% precip. (1xCO <sub>2</sub> )				-31	Pa: ↓
Guatemala (NC-Guatemala, 2001)	+1.5° C «5% precip. +2° C +6% precip. +3.5° C «30% precip.		+8 a -11 +15 a -11 +13 a -34		-16 -20 -27	Po: +3 a -28 Po: +3 a -42 Po: 0 a -66
Bolivia (NC-Bolivia, 2000)	GISS y UK89 (2xCO <sub>2</sub> ) R Incremental (2xCO <sub>2</sub> ) +3° C «20% precip. optimista-pesimista (1xCO <sub>2</sub> ) optimista-pesimista (2xCO <sub>2</sub> ) IS92a (1xCO <sub>2</sub> )* <sup>1</sup> IS92a (2xCO <sub>2</sub> )* <sup>1</sup>		-25 +50		-2 -15	Pa: +5 a +2* <sup>2</sup> Pa: +7 a +5* <sup>2</sup>
Brasil (Siqueira et al., 2001)	GISS (550 ppm CO <sub>2</sub> )	-30	-15	+21		
SESA* <sup>3</sup> (Gimenez, 2006)	Hadley CM3-A2 (500 ppm) Hadley CM3-A2 (500 ppm).R	+9 a +13 +10 a +14	-5 a +8 0 a +2	+31 a +45 +24 a +30		
Argentina, Pampas (Magrin and Travasso, 2002)	+1/+2/+3° C (550 ppm CO <sub>2</sub> ). IUKMO (+5.6° C) (550 ppm CO <sub>2</sub> ).R	+11/+3/-4 -16	0/-5/-9 -17	+40/+42/ +39+14		
Honduras (Díaz-Ambrona et al., 2004)	Hadley CM2 (1xCO <sub>2</sub> ) 2070 Hadley CM2 (2xCO <sub>2</sub> ) 2070		-21 0			
Argentina Centro (Vinocur et al., 2000; Vinocur, 2005)	Hadley CM3-B2 (477ppm) ECHAM98-A2 (550ppm) +1.5/+3.5° C (1xCO <sub>2</sub> ) +1.5/+3.5° C (1xCO <sub>2</sub> ) (2Tó)* <sup>4</sup>		+21 +27 -13/-17 -19/-35			
Latinoamérica (Jones and Thornton, 2003)	HadCM2 (pequeños productores)		-10			



Latinoamérica (Parry et al., 2004)	HadCM3 A1FI (1xCO <sub>2</sub> ) HadCM3 B1 (1xCO <sub>2</sub> ) HadCM3 A1FI (2xCO <sub>2</sub> ) HadCM3 B1 (2xCO <sub>2</sub> )	<b>Rendimiento de cereales</b>	-5 a -2.5 (2020) -30 a -5 (2050) -30 (2080) -10 a -2.5 (2020) -10 a -2.5 (2050) -30 a -10 (2080) -5 a +2.5 (2020) -10 a +10 (2050) -30 a +5 (2080) -5 a -2.5 (2020) -5 a +2.5 (2050) -10 a +2.5 (2080)
Méjico, Veracruz (Gay et al., 2004)	HadCM2 ECHAM4 (2050)	<b>Café:</b>	73% a 78% reducción de la producción
Brasil, San Pablo (Pinto et al., 2002)	+1° C + 15% precip. +5.8° C + 15%precip.	<b>Café:</b>	10% reducción en tierras aptas para café 97% reducción en tierras aptas para café
Costa Rica (NC-Costa Rica, 2000)	Análisis de sensibilidad	<b>Café:</b>	Incrementos (hasta 2° C) en temperatura beneficiaría los rendimientos

R = cultivos regados;  
 precip. = precipitación;  
 \*<sup>1</sup> Valores corresponden a soja sembrada en invierno y verano para 2010 y 2020;  
 \*<sup>2</sup> Incrementos cada 10 años;  
 \*<sup>3</sup> SESA = Sudeste de Sudamérica;  
 \*<sup>4</sup> 2Tó = doble varianza de temperatura;  
 Ca: caña de azúcar;  
 Pa: papa;  
 Po: poroto.



Café



Arroz



Papa

La productividad de las pasturas en zonas templadas como las Pampas de Argentina y Uruguay se incrementaría entre 1% y 9% en el 2020, según las proyecciones del modelo HadCM3 A2 (Gimenez, 2006).

En cuanto a la producción de vacunos para carne, en Bolivia se indica que el cambio del clima tendría un leve impacto sobre el peso de los animales si los efectos del CO<sub>2</sub> no son considerados, mientras que con el doble de CO<sub>2</sub> e incrementos de temperatura de 4° C es muy probable que se produzcan reducciones máximas del 20% en el peso dependiendo del genotipo animal y la región (NC-Bolivia, 2000).

El efecto combinado del cambio climático y el cambio en el uso de la tierra sobre la producción de alimentos y la seguridad alimenticia está relacionado con una mayor degradación de las tierras y un cambio en los patrones de erosión (FAO, 2001b). De acuerdo a un informe del Banco Mundial (WB 2002a, c), algunos países en desarrollo están perdiendo entre el 4 y el 8% de su PBI debido a pérdidas productivas y de capital relacionadas con la degradación ambiental. En las zonas más secas de América Latina y el Caribe, como el centro y norte de Chile, la costa peruana, el nordeste de Brasil, el Gran Chaco seco y Cuyo, el centro, el oeste y noroeste de Argentina e importantes áreas de Mesoamérica (Oropeza, 2004), es probable que en el 2050 las condiciones climáticas conduzcan a procesos de salinización y desertificación del 50% de las tierras agrícolas (FAO, 2004a).

En relación a las plagas y enfermedades, es probable que en Brasil incremente la incidencia del gusano minador del café (*Perileuoptera coffeella*) y del nematodo *eloidogyne incognita*. El número de ciclos del gusano minador podría incrementar en 4%, 32% y 61% para 2020, 2050 y 2080 respectivamente bajo el escenario SRES A2 (Ghini et al., 2007). De acuerdo a Fernandes et al. (2004), es muy probable que el cambio climático incremente el riesgo de incidencia de *Fusarium* en cultivos de trigo en el sur de Brasil y Uruguay.

La demanda de agua para riego aumentaría con un clima más cálido, acrecentando la competencia entre el uso doméstico, agrícola e industrial. El descenso de las napas freáticas y el consecuente incremento del uso de energía para el bombeo, encarecerá los costos del riego para la agricultura (Maza et al., 2001). En el estado de Ceará (Brasil) las reducciones a gran escala en la disponibilidad de reservorios hídricos incrementará el desbalance entre oferta y demanda de agua a partir del 2025 (escenario ECHAM; Krol y van Oel, 2004).

### 4.3 Recursos hídricos

El 13.9% de la población de América Latina (71.5 millones de personas) no tiene acceso al suministro de agua potable, de ellos, el 63% (45 millones) vive en áreas rurales (IDB, 2004). Muchas comunidades rurales dependen de escasos recursos de agua dulce (superficiales o subsuperficiales) y otras del abastecimiento del agua de lluvia, utilizando métodos de cosecha de la misma (y son muy vulnerables a los episodios de sequía (IDB, 2004).

En 1995, la población ubicada en cuencas con tensión hídrica (menos de 1000 m<sup>3</sup>/capita/año) alcanzaba los 22.2 millones de personas (Arnell, 2004). Se estima que en el 2020, y a causa del cambio climático, la cantidad adicional de gente afectada por el aumento del déficit hídrico varíe entre 12 y 81 millones, mientras que en el 2050 las cifras aumentarán a valores de entre 79 y 178 millones de habitantes (Arnell, 2004). Las estimaciones no consideran la población que podría abandonar las áreas deficitarias en agua (poco probable) (ver Tabla 6).

En varias zonas de Latinoamérica se podrían esperar severas deficiencias de agua (el este de Centroamérica, en las planicies, el valle de Montagua y las laderas del Pacífico en Guatemala, este y oeste de El Salvador, el valle central y la región del Pacífico de Costa Rica; en las regiones intermontañas del norte, centro y oeste de Honduras y la península de Azuero en Panamá). Esta



**CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007**

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

**Tabla 6:** Incrementos netos del número de personas viviendo en cuencas con estrés de agua en Latinoamérica (millones) para 2025 y 2055 (Arnell, 2004).

Escenario	1995	2025		2055	
		Sin Cambio Climático <sup>(1)</sup>	Con Cambio Climático <sup>(2)</sup>	Sin Cambio Climático <sup>(1)</sup>	Con Cambio Climático <sup>(2)</sup>
<b>A1HadCM3</b>	22.2	35.721.0	54.0	60.0	
<b>A2HadCM3</b>	22.2	55.9	37.0-66.0	149.3	60.0-150.0
<b>B1HadCM3</b>	22.2	35.7	22.0	54.0	74.0
<b>B2HadCM3</b>	22.2	47.3	7.0-77.0	59.4	62.0

<sup>(1)</sup>Arnell (2004,Tabla 7); <sup>(2)</sup>Arnell (2004,Tablas 11 y 12).



situación afectaría el suministro de agua y la generación hidroeléctrica (Ramírez y Brenes, 2001; ECLAC, 2002a).

Los estudios de vulnerabilidad predicen que los glaciares continuarán reduciéndose. Se espera una condición muy preocupante para la disponibilidad de agua en Colombia entre 2015 y 2025 que afectaría el suministro de agua y el funcionamiento de los ecosistemas en los páramos (IDEAM, 2004), y es muy probable que impacte el suministro de agua del 60% de la población de Perú (Vásquez, 2004). La retracción de los glaciares afectaría también la generación hidroeléctrica en algunos países como Colombia (IDEAM, 2004) y Perú; uno de los ríos más afectados sería el Mantaro, donde se genera el 40% de la electricidad de Perú y provee de energía al 70% de las industrias concentradas en Lima (UNMSM, 2004).

Estudios recientes indican que en Ecuador siete de las 11 principales cuencas se verían afectadas por una disminución de la escurrimiento anual con variaciones mensuales de hasta 421% de demanda insatisfecha (relativa al escurrimiento medio mensual) en el año 2010 con el escenario de +2° C y -15% de precipitación (Cáceres, 2004).

En Chile se verían afectados el suministro de agua y los servicios sanitarios en las ciudades costeras, se espera una contaminación de las aguas por intrusión salina en las cuencas de los ríos del valle Central y cambios en los caudales que requerirían el redimensionamiento de los trabajos de regulación de aguas (NC-Chile, 1999).

Bajo condiciones de sequía severa, las prácticas agrícolas inapropiadas (como deforestación, manejos que conducen a la erosión de suelos, y uso excesivo de agroquímicos) deteriorarán la calidad y cantidad de aguas superficiales y subterráneas. Este sería el caso de áreas actualmente degradadas como el valle de Leon Sebaco, Matagalpa y Jinotega en Nicaragua; áreas

metropolitanas y rurales de Costa Rica, los ríos del valle central en Centroamérica, el río Magdalena en Colombia, la cuenca del río Rapel en Chile y el río Uruguay en Brasil, Uruguay y Argentina (UNEP, 2003b).

Los desmoronamientos se generan por precipitaciones persistentes e intensas y tormentas. En Latinoamérica, estos fenómenos, están asociados a la deforestación y la falta de planificación y sistemas de alerta de desastres. Muchas ciudades vulnerables a aludes y torrentes de barro, muy probablemente sufran la exacerbación de eventos extremos incrementándose los riesgos para las poblaciones locales (Fay et al., 2003). El crecimiento urbano acelerado, la pobreza creciente y las bajas inversiones en suministro hídrico contribuirán a:

- la escasez de agua en muchas ciudades,
- gran porcentaje de población urbana sin acceso a servicios sanitarios,
- ausencia de plantas de tratamiento,
- elevada contaminación de las aguas subterráneas por falta de sistemas de drenaje,
- uso del alcantarillado diseñados para aguas de tormentas para la disposición de residuos domésticos,
- ocupación de valles inundables durante períodos de sequía e
- impactos graves durante los períodos de inundación (Tucci, 2001).

#### 4.4 Costas

La mayor parte de los estudios de vulnerabilidad e impactos realizados en Latinoamérica se llevaron a cabo en el marco de las Comunicaciones Nacionales (CN) a la UNFCCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático). Lamentablemente los enfoques metodológicos adoptados son muy diversos. Muchos están basados en escenarios incrementales (ANMM (0.3-1.0m), en algunos casos combinados con



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

inundación de la ribera de los ríos. Algunos incluyen análisis de costo-beneficio con y sin medidas de adaptación (p.ej., Ecuador, El Salvador y Costa Rica). Las tendencias recientes y de largo plazo en el ANMM, inundaciones y olas de tormenta no siempre están disponibles o se analizan. Otros países (p. ej., Chile y Perú) priorizan los impactos de eventos ENOS y el aumento del nivel del mar sobre la pesca.

En las áreas costeras de Latinoamérica se esperan impactos importantes del cambio climático y del aumento del nivel del mar para 2050-2080. Con la mayor parte de las actividades económicas de la población e infraestructura ubicadas al nivel del mar o cerca del mismo sería muy probable que se produzcan inundaciones y erosión que tendrían un gran impacto sobre la población, los recursos y las actividades económicas (Grasses et al., 2000; Kokot, 2004; Barros, 2005; UCC, 2005).

Los resultados de varios estudios utilizando ANMM incrementales y escenarios climáticos futuros se resumen en la Tabla 7 (siguiente página). Los impactos proyectados, que incluyen consecuencias socio-económicas son:

- inundaciones, desplazamiento de las poblaciones, y salinización de las áreas bajas que afectaría las fuentes de agua potable (Ubitarán Moreira et al., 1999),
- modificación del régimen de tormentas costeras, aumento de la erosión y alteración de la morfología costera (Conde, 2001; Schaeffer-Novelli et al., 2002; Codignotto, 2004; Villamizar, 2004),
- diversificación de las tierras agrícolas, interrupción del acceso a sectores de pesca, impactos negativos sobre la biodiversidad (incluyendo manglares), salinización y sobreexplotación de los recursos hídricos, incluyendo las napas (FAO, 2006); y
- contaminación y acidificación del agua de mar en ambientes marinos y costeros (Orr et al., 2005).



Otros factores como la apertura artificial de barreras litorales, presiones de parte del turismo, excesiva forestación con especies foráneas, y retracción de las costas por la disminución de la descarga de los ríos de la Patagonia contribuirán a los impactos sobre los ambientes costeros (Grasses et al., 2000; Rodríguez-Acevedo, 2001; OAS-CIDI, 2003; Kokot, 2004).

En cuanto al turismo costero, los países que recibirán mayor impacto serán los que poseen una relativamente alta contribución de las actividades del sector al PBI, los que a su vez están amenazados por tormentas de viento e incrementos del nivel del mar como sería el caso de Centroamérica, la costa del Caribe en Sudamérica y Uruguay (Nagy et al., 2006a, c). Por lo tanto es muy probable que el cambio climático sea un desafío muy importante para las naciones costeras.

**Tabla 7:** Impactos futuros y vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática en Latinoamérica: sistemas costeros y humanos.

País/Región	Escenario Climático	Impactos/costos (gente, infraestructura, ecosistemas, sectores)
<b>Latinoamérica</b>	HADG 3 SRESB2, B1, A2, A1FI.ANM (Nicholls, 2004)	Suponiendo un crecimiento uniforme de la población, sin aumentos de la intensidad de las tormentas y sin respuesta a la adaptación (protección constante) el promedio anual del número de víctimas de las inundaciones costeras para 2080 probablemente variará entre 3 millones y 1 millón bajo los escenarios A y B, respectivamente. Si las defensas costeras se mejoran de acuerdo a un bienestar creciente (desarrollando adaptación) el número de víctimas podría ser de 1 millón con el peor escenario (A1F1). Si las defensas costeras se mejoran teniendo en cuenta el aumento del nivel del mar (adaptación realizada), no habría víctimas (Warren et al., 2006). Es probable que la gente en riesgo <sup>1</sup> en las planicies costeras inundables aumente de 9 millones en 1990 a 16 millones (B1) ó 36 millones (A2) en 2080.
<b>Costas bajo el nivel del mar en Brasil, Ecuador, Colombia, Guyana, El Salvador, Venezuela</b>	SRES A2 38-104 cm.	En los ambientes más expuestos y marginales los manglares podrían desaparecer y, al mismo tiempo, podría darse un mayor desarrollo en los ambientes con alta sedimentación pleamar y valles fluviales inundados. La producción de langostinos se verá afectada con la consecuente caída en el PBI (Medina et al., 2001).
<b>El Salvador</b>	ANM 13-110 cm.	Pérdidas de tierras variando entre 10% y 27.6% del área total (141-400.7 Km. <sup>2</sup> ) (NC-El Salvador, 2000).
<b>Guyana</b>	ANM 100 cm. proyectado por MCG	Más del 90% de la población y las actividades económicas más importantes están ubicadas en zonas costeras, las cuáles se espera que retrocedan hasta 2.5 Km. (NC-Guyana, 2002).
<b>Arrecifes de coral mesoamericanos y manglares del golfo de México</b>	SST 1-3° C más cálidas para 2080 bajo los escenarios SRES del IPCC	Se espera que los arrecifes de coral y los manglares estén amenazados con consecuencias sobre numerosas especies en peligro p.ej., las tortugas verdes, tortugas pico de cuervo y de cabeza grande (usualmente quelonios carnívoros, el manatí de las Indias Occidentales y las especies de cocodrilo Americano y de Motelet (Cahoon and Hensel, 2002).
<b>Costa Rica, costa de Punta Arenas</b>	ANM 0.3-1.0 m	El mar podría penetrar 150 a 500m en la tierra afectando 60-90% de áreas urbanas (NC-Costa Rica, 2000).
<b>Ecuador, sistema del Río Guayas, zonas costeras asociadas y ciudad de Guayaquil</b>	Sin cambio LAN 0, moderado LAN 1, y cambios severos LAN 2, con y sin desarrollo económico	Pérdidas de US\$ 1.305 billones, que incluyen cultivo de langostinos, manglares, áreas urbanas y de recreación, suministro de agua potable, así como el cultivo de banana, arroz y caña, US\$ 1.040 billones estarían en riesgo. La población evacuada y en riesgo aumentaría a 327.000 y 200.000 personas, respectivamente. Se estima que un 44% de los actuales 1,214km <sup>2</sup> de manglares serán afectados por el escenario LAN2 (NC-Ecuador, 2000).



País/Región	Escenario Climático	Impactos/costos (gente, infraestructura, ecosistemas, sectores)
<b>Perú</b>	Intensificación de los eventos ENOS y aumentos en la SST. Potencial ANM	Los ecosistemas marinos y la pesca se verán impactados por el aumento del estrés provocado por vientos, hipoxia y la profundización de la termoclina, es decir, reducción de las áreas de desove y la pesca de anchoas. Las inundaciones de infraestructura, casas y pesquería causarán daños valuados en US\$ 168,3 millones. Las pérdidas globales de las ocho zonas costeras del Perú alcanzarían US\$ 1.000 millones (NC-Perú, 2001).
<b>Colombia</b>	ANM 1.0 m	Inundación permanente de 4,900 km <sup>2</sup> en zonas costeras bajas. Afectaría cerca de 1.4 millones de personas; el 29% de los hogares sería muy vulnerable; el sector agrícola estaría expuesto a las inundaciones (p. ej., se perderían 7.2 Mha de cultivos y pasturas); 44.8% de las rutas costeras sería altamente vulnerable (NC-Colombia, 2001).
<b>Argentina (Ciudad de Buenos Aires)</b>	Olas de tormenta y ANM2070/2080	Las áreas muy deprimidas, que es probable que sufran inundaciones permanentes, actualmente están poco pobladas. La vulnerabilidad está principalmente condicionada por la exposición futura a oleadas extremas. La erosión rápida, con la consecuente retracción de las costas ocurrirá a una tasa que dependerá de las características geológicas del área. Debido a la adaptación existente a las actuales condiciones de olas de tormenta, el impacto social de futuras inundaciones permanentes sería relativamente pequeño (Kokot, 2004; Kokot et al., 2004; Menéndez and Ré, 2005).
<b>Áreas costeras de Argentina y Uruguay (oeste de Montevideo), provincias de Buenos Aires y Río Negro</b>	ANM, variabilidad climática, ENOS, olas de tormenta ('sudestadas')	Los aumentos de factores no eustáticos (no dependientes de la subsidencia de las costas), por ejemplo: un aumento de las 'sudestadas': vientos muy Fuertes del sudeste en la costa del Río de la Plata y el caudal de agua dulce (éste último frecuentemente asociado con El Niño), acelerarían el ANM en el Río de la Plata con variados impactos ambientales y sociales en las costas de Argentina y Uruguay en las próximas décadas, i.e., erosión costera e inundación. Las áreas más bajas (pantanos y playas de arena muy ricos en biodiversidad) serán muy vulnerables al ANM y las olas de tormenta (vientos del sur). La pérdida de tierras tendría un impacto muy importante sobre la industria turística, la cual representa el 3.8% del PBI de Uruguay (Barros, 2003; Codignotto, 2004; Kokot, 2004, Kokot et al., 2004; NC-Uruguay, 2004; Nagy et al., 2005, 2006c; Natenzon et al., 2005b).

<sup>1</sup> Definido como el que vive en un nivel de inundación por debajo de 1 en 1000 años.

## 4.5 Salud humana

Las evaluaciones regionales del impacto del cambio climático sobre la salud en las Américas muestran que está relacionado principalmente con la tensión térmica, malaria, dengue, cólera y otras enfermedades relacionadas con el agua (Githeko y Woodward, 2003).

La malaria continúa siendo muy riesgosa en Latinoamérica, donde 262 millones de personas (31% de la población) vive en regiones tropicales y subtropicales con un riesgo potencial de transmisión que varía entre 9% en Argentina y 100% en El Salvador (PAHO, 2003). Algunas proyecciones basadas en escenarios SRES y socioeconómicos indican:

- Acortamiento de la estación de transmisión de malaria en las áreas donde se proyectan disminuciones de la precipitación, como en el Amazonas y América Central.
- Número adicional de gente en riesgo en áreas cercanas al límite sur de distribución de la enfermedad en Sudamérica (van Lieshout et al., 2004).
- Probables aumentos de la incidencia de malaria en 2010 en Nicaragua y Bolivia, con variaciones estacionales (NC-Nicaragua, 2001; Aparicio, 2000).

El aumento de la malaria y de la población en riesgo podría impactar en los costos de los servicios de salud, incluyendo el pago del tratamiento y la seguridad social.

Kovats et al. (2005) estimaron los riesgos relativos (cociente entre el riesgo de enfermedad o muerte entre los expuestos al riesgo y los no expuestos) de diferentes problemas de salud para el 2030 en Centroamérica y Sudamérica, resultando el de mayor riesgo relativo las muertes provocadas por inundaciones costeras, seguidas por diarrea, malaria y dengue.

Algunos modelos proyectan un incremento sustancial en el número de gente en riesgo de contraer dengue debido a cambios en los límites geográficos de transmisión en Méjico, Brasil, Perú y Ecuador (Hales et al., 2002).

También se proyectan cambios en la distribución espacial (dispersión) del vector de la leishmaniasis cutánea en Perú, Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina y Bolivia (Aparicio, 2000; Peterson y Shaw, 2003), así como en la distribución mensual del vector del dengue (Peterson et al., 2005).

Es probable que el cambio climático incremente el riesgo de incendios forestales. En algunos países los incendios naturales e intencionales de los bosques han sido asociados con el aumento del riesgo de asistencia a los hospitales por enfermedades respiratorias y problemas respiratorios (WHO, 2000; Mielnicki et al., 2005).

En áreas urbanas expuestas al efecto de «isla térmica» y ubicadas en proximidad de características topográficas que favorecen masas de aire cálido y contaminación, los problemas de salud se verían exacerbados. En particular los relacionados con la concentración de ozono en la superficie (PAHO, 2005). Además, los asentamientos urbanos ubicados en zonas montañosas (donde la textura del suelo es ligera) se verían afectados por aludes y torrentes de barro, y la población que habita en viviendas precarias sería altamente vulnerable

La elevada e inusual pérdida del ozono estratosférico y el incremento de UV-B ocurrida en Punta Arenas (Chile) durante las dos últimas décadas condujo a que la población no fotoadaptada fuera repetidamente expuesta a un espectro solar UV alterado que causó un mayor riesgo de eritema y fotocarcinogénesis. Según Abarca y Cassiccia (2002), la tasa de cáncer de piel non-melanómica, 81% del total, incrementó de 5.43 a 7.94 per 100.000 (46%).



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2 0 0 7

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



Las migraciones humanas causadas por las sequías, degradación ambiental y razones económicas puede diseminar las enfermedades en forma inesperada, pudiendo surgir nuevos sitios para cría de vectores debido al aumento de la pobreza en áreas urbanas y a la deforestación y degradación ambiental en áreas rurales (Sims and Reid,2006).

Estudios recientes alertan sobre la posible reemergencia del mal de Chagas en Venezuela (Felicjngeli et al.,2003;Ramírez et al.,2005) y Argentina

(PNC,2005), y una distribución más amplia del vector en Perú (Cáceres et al.,2002).

Una evaluación nacional de las regiones de Brasil demostró que el nordeste es el más vulnerable a los impactos del cambio climático sobre la salud debido a los pobres indicadores sociales, el elevado nivel de enfermedades endémicas infecciosas y las sequías periódicas que afectan esta región semiárida (Confalonieri et al.,2005).

## 5 Adaptación: prácticas, opciones y limitantes

### 5.1 Prácticas y opciones

#### 5.1.1 Ecosistemas naturales

La reducción de la degradación de los ecosistemas naturales a través del perfeccionamiento y el refuerzo de políticas, planificación y manejo, son medidas que aumentan la capacidad de adaptación al cambio climático. Según la evaluación de ecosistemas del milenio (2005), Biringer et al. (2005), FAO (2004b), Laurance et al. (2001), Brown et al. (2000) y Nepstad et al. (2002), esas medidas son básicamente las siguientes:

En el plano gubernamental: favorecer la integración intersectorial e interdepartamental en el proceso de toma de decisiones para asegurar que las políticas estén enfocadas hacia la protección de los ecosistemas.

Identificar y aprovechar las sinergias entre las políticas y acciones de adaptación propuestas y las ya existentes, puede proporcionar beneficios significativos de ambos esfuerzos (Biringer et al., 2005).

Fortalecer el poder de los grupos marginales para que puedan influir en las decisiones que los afectan (tanto a ellos como a los servicios de sus ecosistemas), y hacer campañas a favor del reconocimiento legal de su propiedad sobre los recursos naturales, sería clave para reducir la incidencia de los incendios forestales

Incluir el concepto de valuación y manejo de los servicios que brindan los ecosistemas en las decisiones de planificación regional y en las estrategias para disminuir la pobreza, como por ejemplo el proyecto de acción climática en Bolivia (Noel Kempff Mercado Climate Action) y el proyecto de secuestro de carbono en Belice.

Incrementar las áreas protegidas, particularmente corredores biológicos o ecológicos, para preservar las conexiones entre reservas con el objetivo de prevenir

la fragmentación de los hábitats naturales. Algunos programas y proyectos con diferente grado de implementación son: el corredor biológico de Meso América, algunos corredores entre países (como Tariquía- Baritú entre Argentina y Bolivia; Vilcabamba- Amoro entre Perú y Bolivia, Cónдор Kutukú entre Perú y Ecuador, Chocó–Manabí entre Ecuador y Colombia), los proyectos de corredores naturales en progreso en la región Amazónica de Brasil y en la selva Atlántica de Colombia (por ejemplo: Corredor Biológico Guácharos–Puracé y el Corredor de Bosques

Altoandinos de Roble), algunos corredores en Venezuela (p. ej., Corredor Biológico de la Sierra de Portuguesa), Chile (p. ej., Corredor entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa y el Proyecto Gondwana), y algunas iniciativas en Argentina (como por ejemplo, la Iniciativa Corredor de Humedales del Litoral Fluvial de la Argentina, Corredor Verde de Misiones, y el Proyecto de Biodiversidad Costera).

Los países tropicales podrían reducir la deforestación mediante el financiamiento adecuado de programas destinados a hacer cumplir las legislaciones ambientales, apoyar las alternativas económicas que eviten la destrucción masiva de las selvas (incluyendo créditos de carbono), y construir capacidades en regiones remotas de las selvas; como ha sido recientemente sugerido en partes de la Amazonía (Nepstad et al., 2002; Fearnside, 2003). Además, y si hubiera fondos suficientes, podrían salvarse grandes superficies de selvas a través de su conversión en áreas protegidas (Bruner et al., 2001; Pimm et al., 2001).

Monitoreo y evaluación (MyE), como estrategia de adaptación a impactos en biodiversidad. Los procesos de monitoreo de cambios en los sistemas biológicos suelen ser complejos y requerir muchos recursos (observaciones, recolección de datos, análisis meticulosos, etc.), por lo que deben ser cuidadosamente planeados y conducidos para asegurar su robustez y racionalidad (Biringer et al., 2005).



Evaluación de la Vulnerabilidad e Impactos del Cambio Climático y del potencial de adaptación en América Latina

La agroforestación, utilizando métodos agroecológicos, ofrece una gran oportunidad para mantener la diversidad biológica en América Latina debido a la superposición de áreas protegidas y zonas agrícolas (Morales et al., 2007).

### 5.1.2 Agricultura y forestación

En el sector agropecuario se propusieron varias medidas tendientes a reducir los impactos del cambio climático. Por ejemplo, las opciones propuestas por Ecuador (NC-Ecuador, 2000). consisten en:

- zonificación agroecológica y elección de las fechas más adecuadas para las siembras y las cosechas;
- introducción de variedades de elevado potencial de rendimiento;
- instalación de sistemas de riego, y
- ajustes en el control de plagas y enfermedades.

En Guyana (NCGuyana, 2002) se plantearon ajustes relacionados a:

- características de los cultivares (considerando los requerimientos térmicos e hídricos, y el acortamiento de ciclo de crecimiento);
- manejo del suelo, y reubicación de cultivos para incrementar las áreas cultivables;
- generación de nuevas fuentes de agua (p.e reciclaje de las aguas residuales), y
- aumentar la eficiencia de cosecha, y las inversiones en insumos y tecnologías (fertilizantes y maquinarias).

En algunos países las medidas de adaptación se evaluaron y cuantificaron mediante el uso de modelos de simulación de cultivos. Por ejemplo, para la región Pampeana de Argentina se concluye que anticipar las fechas de siembra de trigo y maíz y usar cultivares de ciclo más largo, permitiría aprovechar los mayores períodos de crecimiento resultantes de la reducción



del período con heladas derivado del cambio climático (Magrin and Travasso, 2002). En el sur de Brasil, Uruguay y Argentina los impactos negativos del cambio climático sobre la productividad de maíz y soja podrían revertirse mediante cambios en la fecha de siembra y aplicación de riego suplementario (Travasso et al., 2006)

En términos de seguridad alimenticia, un gran número de productores pequeños y de subsistencia se verán seriamente afectados por el cambio climático en el corto plazo, y sus opciones de adaptación son más limitadas. La situación es más preocupante entre los productores de América Central (donde se proyectan estaciones más secas) y las regiones pobres de los Andes. Las medidas de adaptación en estas comunidades pueden requerir:

- políticas tendientes a desarrollar mercados nuevos y fortalecer los existentes (basados en ciertos cultivos y tipo de ganado),
- desarrollo de genotipos resistentes a sequía y modificación de las prácticas de manejo,
- mejorar la infraestructura para generar ingresos fuera del sector agropecuario, en estas comunidades es prioritario ampliar las perspectivas intersectoriales cuando se consideran opciones de adaptación (Jones y Thornton, 2003; Eakin, 2005).

En las zonas secas del noreste de Brasil, donde los pequeños productores están entre los grupos sociales más vulnerables al cambio climático, se propuso como medida de adaptación la producción de aceite vegetal de plantas nativas (como por ejemplo el castor) para alimentar la industria del biodiesel (La Rovere et al., 2006).

En un estudio global (que incluye regiones del norte de Argentina y sudeste de Brasil; Rosenzweig et al., 2004) se concluye, que los problemas ocasionales de falta de agua para el sector agrícola en el norte de Argentina se verán exacerbados con el cambio climático, y será necesario adoptar cultivares resistentes

a sequía, y tecnologías adecuadas de riego, drenaje y manejo del agua. Por el contrario, en el sudeste de Brasil las necesidades de agua para el sector agrícola estarían cubiertas en el futuro.

Actualmente, en la mayor parte de los países están implementando medidas para evitar las consecuencias de la deforestación (como impactos sobre el clima regional), y se prevé que las mismas se intensifiquen en el futuro. Argentina, Brasil, Costa Rica y Perú adoptaron nuevas políticas y legislaciones forestales que incluyen: avances en las medidas reguladoras, principios de sostenibilidad, expansión de las áreas protegidas, certificación de los productos forestales, y expansión de la forestación en áreas no forestadas (Tomaselli, 2001).

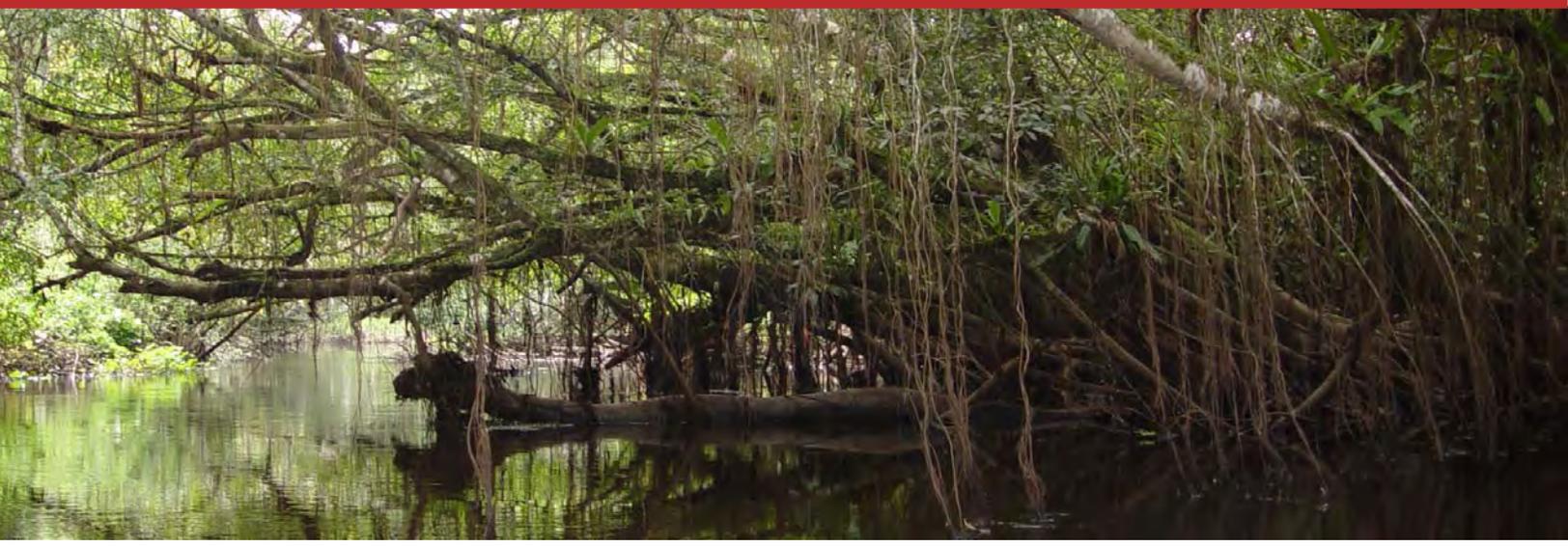
En el estado de Mato Grosso (Amazonía Brasil), donde en el año 2003 se convirtieron 18.000 Km<sup>2</sup> de selva y sabana en áreas de cultivos y pasturas, se introdujeron requisitos para autorizar la deforestación y certificados ambientales para la soja, como medidas de conservación del medio ambiente. Propuestas similares se están desarrollando para el sector ganadero (Nepstad, 2004).

Varios países brindan incentivos para mantener las selvas y bosques nativos, como: exención fiscal a los impuestos de la tierra (Chile y Ecuador), asistencia técnica (Ecuador), y subsidios (Argentina, Méjico y Colombia) (UNEP, 2003a).

Otros países, como Chile y Guyana, requieren estudios sobre impactos ambientales, antes de aprobar sus proyectos forestales. Méjico, Belice, Costa Rica y Brasil ya están aplicando certificaciones forestales. Argentina, Chile, Paraguay, Costa Rica y Méjico establecieron modelos forestales diseñados para demostrar la aplicación de manejos sostenibles (considerando aspectos productivos y ambientales y con participación activa de la sociedad civil, incluyendo a los grupos indígenas).



Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



### 5.1.3 Recursos hídricos

En América Latina, las políticas de manejo del agua deberían ser un punto focal de los criterios de adaptación. Fundamentalmente, para fortalecer las capacidades de los países en el manejo de la disponibilidad y demanda de los recursos hídricos, y asegurar la seguridad de la población y la protección de sus pertenencias ante condiciones climáticas cambiantes

Las principales acciones para la adaptación deberían incluir:

- Perfeccionar y desarrollar leyes relacionadas al uso de la tierra en planicies aluvionales (en conformidad con las regulaciones sobre zonas de riesgo, uso de áreas inundables y códigos de construcción).
- Reevaluar el diseño y los criterios de seguridad de las medidas estructurales para el manejo del agua.
- Desarrollar medidas de protección de los acuíferos y planes de restauración para mantener el almacenamiento de agua para estaciones secas.

- Desarrollar conciencia pública sobre la importancia de los ríos y pantanos como elementos amortiguadores del aumento de la variabilidad climática.
- Mejorar y fomentar la participación de los grupos vulnerables en los programas de adaptación y mitigación (IRDB, 2000; Bergkamp et al., 2003; Solanes y Jouravlev, 2006).

En el 60% del territorio de América Latina, la adaptación a condiciones de sequía requerirá de importantes inversiones en los sistemas de suministro hídrico. Estas inversiones serían adicionales a los 17,7 billones de dólares necesarios para implementar la provisión de agua potable para 121 millones de personas requeridos para alcanzar los objetivos de la declaración de agua potable del milenio en 2015 (aún así, el 10% de la población latinoamericana continuaría sin acceso al agua potable) (IDB, 2004).

En varias regiones del mundo, como California, el manejo de trasvase de cuencas fue una solución para la generación de agua. En América Latina el trasvase entre las cuencas de Yacambú (Venezuela), Catamayo-

Chira (Ecuador y Perú), Alto Piura y Mantaro (Perú), y la del río San Francisco (Brasil), podría ser una opción para reducir la deficiencia en el suministro de agua para la población. Sin embargo, esta práctica debe realizarse responsablemente, considerando las potenciales consecuencias sobre el medioambiente y el régimen hidrológico (Vásquez, 2004; Marengo y Raigoza, 2006).

Es necesario controlar y racionalizar el uso rural y urbano de las aguas subterráneas, considerando la calidad, distribución y tendencia en cada región. Las reglas necesarias para el desarrollo sostenible de aguas subterráneas y acuíferos son:

- limitar o reducir las consecuencias de extracciones excesivas,
- reducir el incremento de las extracciones,
- investigar alternativas para la recarga artificial de los acuíferos, y
- evaluar opciones planificadas para la extracción del agua subterránea almacenada (IRDB, 2000; World Bank, 2002b; Solanes y Jouravlev, 2006).

Las prácticas de conservación del agua incluyen la reutilización, el reciclado mediante la modificación de procesos industriales, y la optimización del consumo que brindarían oportunidades de adaptación durante periodos de deficiencia hídrica (COHIFE, 2003).

#### 5.1.4 Costas

En América Latina, la adaptación de los sistemas costeros al cambio climático se basa principalmente en el manejo integrado de zonas costeras, y planes de monitoreo y protección (ver Secciones 2.5.4 y 4.4), medidas que no están específicamente pensados en términos de variabilidad y cambio climático y que aún no están completamente implementadas.

Sin embargo, el esquema ambiental costero actual y su manejo más adecuado serían de gran apoyo y

utilidad para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático. En la Tabla 8 se presentan algunas prácticas y opciones asociadas con la adaptación al cambio climático

Algunos países pesqueros tienen regulaciones oficiales para el acceso a sus áreas de pesca (p. ej. Argentina, Chile y Ecuador) y otros han diseñado nuevas legislaciones para controlar el uso de las costas y los recursos pesqueros como medidas de adaptación (p. ej., Costa Rica, Guyana, Panamá, Perú y Venezuela).

También, se firmaron algunos acuerdos internacionales para la protección del ambiente marino, la prevención de contaminación de origen terrestre, y el manejo de la pesca comercial (Young, 2001; UNEP, 2002; Bidone y Lacerda, 2003; OAS-CIDI, 2003). Brasil y Costa Rica ratificaron la Convención de la Ley del Mar de Naciones Unidas (UNCLOS, 2005), en lo referente a la conservación y el manejo de las existencias de especies migratorias

La biodiversidad de las costas podría mantenerse, y aún mejorarse, mediante el uso sostenible, promoviendo la participación de las comunidades en el manejo pesquero, para hacer del conservacionismo una componente del desarrollo sostenible de los recursos costeros (p. ej. en manglares y pesca artesanal). En tal sentido Méjico, Ecuador, Guatemala, Brasil y Nicaragua desarrollaron iniciativas para promover la participación de las comunidades locales en el manejo de las selvas costeras (Kovacs, 2000; Windevoxhel y Sención, 2000; Yáñez-Arancibia y Day, 2004; FAO, 2006).

#### 5.1.5 Salud humana

En los países de América Latina, existen varias iniciativas que podrían implementarse para encarar los impactos del cambio climático en el sector de la salud. En lo referente a impactos, es necesario reforzar la toma de conciencia colectiva (ver Capítulo 8, Sección 8.6.1, disponible en [www.ipcc-wg2.org](http://www.ipcc-wg2.org)).



**Tabla 8:** Prácticas y opciones de adaptación para las costas latinoamericanas en países seleccionados

País/Estudio	Escenario climático	Adaptación (prácticas y opciones)/costos
<b>Ecuador</b> (NC-Ecuador,2000)	LAN 2 (+1.0 m)	Protección frente a condiciones futuras severas, defensas costeras en la cuenca del río Guayas a un costo inferior a US\$ 2 billones duplicando o triplicando los beneficios; reforestación de manglares y preservación de áreas inundadas para proteger un área de 1.204 Km. <sup>2</sup> y los criaderos de langostinos contra las inundaciones (la industria del langostino es la tercera más importante en cuanto a exportaciones del país).
<b>Guyana</b> (NC-Guyana, 2002)	LAN 2	Desarrollo de la acreción de arena en una franja costera baja de 77 Km. de ancho en el este y 26 Km. de ancho en el oeste de la región de Essequibo.
<b>Colombia</b> (NC-Colombia, 2001)	SLR	Recuperación y aumento de la resiliencia en sistemas naturales para facilitar la adaptación natural al ANM y también un programa de manejo de zonas costeras que enfatice la preservación de humedales costeros, áreas inundables y las de alto valor.
<b>Panamá</b> (NC-Panamá, 2000)	SLR	Medidas de adaptación autónoma y planificada para proteger la pérdida de playas basada principalmente en prácticas de ingeniería simples.
<b>Perú</b> (NC-Perú, 2001)	ENSO, SST	Modernos sistemas de observación satelital del mar y el continente parecidos a los programas internacionales TOGA y CLIVAR, y desarrollo de capacidades para al menos 50 científicos en modelado oceánico, atmosférico e hidrológico y SIG.
<b>Uruguay</b> (NC-Uruguay, 2004)	Inundaciones y ANM	Sistemas de monitoreo de vestigios / huellas de impactos en las costas; recuperar áreas degradadas; desarrollar un marco institucional para el manejo integrado de costas (IC ); definir regulaciones que obstaculizan; mejorar el conocimiento local sobre el enarenado de playas ; desarrollar planes de contingencia contra inundaciones; evaluar necesidades socioeconómicas y ambientales; alentar la participación de usuarios
<b>Argentina</b> (Kokot, 2004; Menéndez y Ré, 2005)	ANM 2070	Mapas de riesgo de inundación para Buenos Aires basados en tendencias de ANM, registros de sudestadas y un modelo hidrodinámico bidimensional. Estos mapas serán de utilidad para alerta temprana de eventos extremos.

<sup>2</sup> A través de cardúmenes de peces de zona costera y mar adentro.

Una limitación muy importante es la falta de información que afecta adversamente la toma de decisiones, de modo que la investigación y el entrenamiento de recursos humanos es fundamental. Por lo tanto, una de las principales tareas para sostener la investigación y la toma de decisiones es el desarrollo de información estadística relacionando las condiciones y eventos de salud con los factores climáticos y ambientales (p.ej., inundaciones, tornados, desmoronamientos, etc.), basado en un sistema de monitoreo de enfermedades sensibles al clima consolidado (ver Capítulo 8, Sección 8.6, disponible en [www.ipcc-wg2.org](http://www.ipcc-wg2.org)) (Anderson, 2006).

Es fundamental establecer un canal de comunicación regular con la Organización Panamericana de Salud (OPS/OMS) para reportar y clasificar esa información, integrar los datos en una regionalización de las condiciones sanitarias y de salud, para mejorar las alertas tempranas de epidemias. También deberían considerarse las ventajas de las iniciativas internacionales como la Global Health Watch 2005-2006 (no simplemente como un receptor de información sino también como un proveedor de la misma). Las evaluaciones deberían tener en cuenta la vulnerabilidad de la salud humana y la adaptación de la salud pública al cambio climático.

Dado que la salud humana resulta de la interacción entre muy diversos sectores, es importante considerar los impactos en el sector hídrico para identificar las medidas relacionadas con el monitoreo de las enfermedades transmitidas por el agua y las poblaciones vulnerables, así como los impactos del sector agrícola, la biodiversidad, recursos naturales, contaminación del aire y sequía.

Una preocupación muy importante se relaciona con las implicancias del aumento de la migración humana y los cambios en los patrones de enfermedad; esto implica mayor coordinación intergubernamental y acciones en las fronteras. Los análisis futuros basados

en el modelado de nichos ecológicos para vectores de enfermedad sería de suma utilidad para proveer de nuevos potenciales para optimizar el uso de recursos para la prevención y remediación de enfermedades a través del pronóstico automático de las tasas de transmisión de la enfermedad (Costa et al., 2002; Peterson et al., 2005).

## 5.2 Limitaciones para la adaptación

En América Latina existen limitaciones de diversa índole que muy probablemente limiten la capacidad de los usuarios y tomadores de decisiones para alcanzar eficacia política y eficiencia económica en la adaptación al cambio climático.

Por ejemplo, factores socioeconómicos y políticos tales como: reducida disponibilidad de créditos y asistencia técnica, sumados a la escasa inversión pública en infraestructura en áreas rurales, han limitado seriamente la capacidad para implementar opciones de adaptación en el sector agrícola, en particular para los pequeños productores (Eakin, 2000; Vásquez-León et al., 2003).

Además, la falta de educación y servicios de salud pública son barreras claves para disminuir los impactos del cambio y la variabilidad climática y desarrollar mecanismos para manejar eventos meteorológicos extremos como inundaciones y sequías, especialmente en áreas rurales pobres (Villagrán de León et al., 2003). Las políticas de salud pública están orientadas a los aspectos curativos en lugar de implementar programas preventivos y falta integración con otras políticas socioeconómicas que podrían acelerar su efectividad para encarar los impactos del cambio climático.

La escasa valoración del riesgo, falta de conocimientos técnicos, monitoreos inadecuados, y bases de datos e información incompleta e insuficiente son limitantes importantes para la adaptación a las tendencias



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



climáticas actuales. En la región, la utilidad de los pronósticos meteorológicos y de los sistemas de alerta temprana está limitada por esos factores y también por la falta de recursos para implementarlos y utilizarlos (NC-Ecuador, 2000; Barros, 2005).

Faltan herramientas que permitan abordar temas transversales y los desafíos de largo plazo. En la mayoría

de los países el trabajo intersectorial entre salud pública y ambiente, recursos hídricos, agricultura y servicios meteorológicos es muy limitado (Patz et al., 2000). En las áreas costeras las políticas ambientales, leyes y regulaciones han dificultado la implementación de opciones de adaptación al cambio climático (UNEP,2003b).

## 6 Estudios de caso

### 6.1 Amazonía: un sistema crítico del planeta

La cuenca del Amazonas contiene la mayor extensión de selva tropical de la Tierra, cerca de 5.8 millones de km<sup>2</sup> (ver Figura 3), alberga alrededor del 20% de las especies vegetales y animales del planeta y posee abundantes recursos hídricos. El río Amazonas aporta un 18% de agua dulce a los océanos.

Durante los últimos 30 años, sólo en Brasil, se deforestaron alrededor de 600.000 km<sup>2</sup> (INPE-MMA, 2005a) a causa del rápido desarrollo de Amazonía, convirtiendo a la región en uno de los sectores críticos del cambio ambiental global del planeta.

Los estudios de campo llevados a cabo durante los últimos 20 años muestran cambios locales relacionados con el agua, la energía, el carbono y el ciclo de los nutrientes, y en la composición atmosférica a causa de la deforestación, extracción de rollizos, fragmentación de los bosques y quema de biomasa. Si la tendencia actual continuara para 2050 desaparecería cerca del 30% de la selva (Alencar et al., 2004; Soares-Filho et al., 2006). En la última década las investigaciones realizadas en el marco del Large Scale Biosphere-Atmosphere (LBA) Experiment en Amazonía está descubriendo nuevas características de la compleja interacción entre las superficies terrestres con vegetación y la atmósfera en diversas escalas espaciales y temporales. El Experimento LBA está generando nuevos conocimientos sobre el funcionamiento físico, químico y biológico de Amazonía, su rol para nuestro planeta, y los impactos sobre su funcionamiento debido a los cambios en el clima y el uso de la tierra (<http://lba.cptec.inpe.br/lba/site/>).

Se han evidenciado cambios subregionales en el balance de energía superficial, la nubosidad de la capa límite y cambios regionales en la transferencia radiativa de la tropósfera baja debido a los aerosoles provenientes de la quema de biomasa. El descubrimiento de gran número de núcleos de condensación de nubes (NCN) debido a la quema de biomasa condujo a especular acerca del posible rol directo o indirecto en la formación de nubes y la precipitación, posiblemente reduciendo la lluvia de la estación seca (p. ej., Andreae et al., 2004). Inversamente durante la estación lluviosa existe escasa cantidad de NCN de origen biogénico y las nubes del Amazonas presentan las características de las nubes oceánicas.

Los estudios del ciclo del carbono del Experimento LBA indican que la selva amazónica no disturbada podría ser un sumidero de carbono de alrededor de 100 a 400 Mt c/año, contrarrestando las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por la deforestación, la quema de biomasa y la fragmentación de bosques en aproximadamente 300 Mt c/año (e.g., Ometto et al., 2005). Por otro lado, la quema de biomasa y la fragmentación están aumentando la susceptibilidad de los bosques a los incendios (Nepstad et al., 2004).

Las evidencias de cambios en el ciclo hidrológico debidos a cambios en el uso de la tierra hasta ahora no son concluyentes. Sin embargo, se han observado reducciones del caudal en la gran subcuenca del río Tocantins, donde no hubo cambios en las lluvias (Costa et al., 2003).

Estudios de modelado de la deforestación a gran escala indican un clima post deforestación probablemente más seco y cálido (p. ej., Nobre et al., 1991, entre otros). Las reducciones de la precipitación regional podrían conducir a teleconexiones atmosféricas que modificarían el clima de regiones remotas (Werth and Avissar, 2002). Resumiendo, la



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2 0 0 7

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



deforestación puede conducir a cambios regionales del clima que conducirían a la «sabanización» de la Amazonía (Oyama and Nobre, 2003; Hutyra et al., 2005). Ese factor podría amplificarse enormemente por el calentamiento global. La combinación sinérgica de cambios regionales y globales puede afectar severamente el funcionamiento de los ecosistemas de Amazonía, resultando en grandes cambios en el bioma con la desaparición catastrófica de especies (Nobre et al., 2005).

## 6.2 Capacidad adaptativa de las comunidades precolombinas de montaña en Sudamérica

La subsistencia de las civilizaciones indígenas en las Américas dependió de las condiciones climáticas prevalentes alrededor de sus asentamientos. En las zonas altas de la actual América Latina, una de las limitantes más críticas del desarrollo fue, y sigue siendo, la distribución irregular del agua. Esta situación resulta de las particularidades de los procesos atmosféricos y extremos, el escurrimiento rápido en los valles profundos, y el cambio en las condiciones del suelo. El derretimiento de la nieve en los Andes tropicales ha sido desde siempre, una fuente de agua segura. Sin embargo las corrientes se desplazan dentro de los valles en cursos de agua limitados, aportando agua sólo a ciertas localidades. Además, los valles y pedemontes que están fuera del alcance de la nieve de los glaciares de la Cordillera Blanca así como el Altiplano, reciben poco o nada del agua de deshielo. Por lo tanto, en grandes áreas, las actividades humanas dependen de la lluvia estacional. En consecuencia, las comunidades precolombinas desarrollaron diferentes acciones adaptativas para satisfacer sus requerimientos. Actualmente, el problema de alcanzar el balance necesario entre oferta y demanda de agua es prácticamente el mismo, aunque la escala podría ser diferente.

Bajo esas limitaciones, las civilizaciones precolombinas, desde el actual México hasta el norte de Chile y Argentina, desarrollaron las capacidades necesarias para adaptarse a las condiciones ambientales locales. Esa capacidad incluía su habilidad para resolver algunos problemas hidráulicos y predecir variaciones climáticas y estaciones lluviosas. En lo que hace a ingeniería, sus desarrollos incluyeron captura de agua de lluvia, filtrado y almacenamiento, la construcción de canales de riego superficiales y subterráneos, incluyendo dispositivos para medir la cantidad de agua almacenada (Figura 4) (Treacy, 1994; Wright and Valencia Zegarra, 2000; Caran and Nelly, 2006). Ellos también fueron capaces de interconectar las cuencas de los ríos desde las divisorias de aguas del Pacífico y Atlántico, en el valle de Cumbe y en Cajamarca (Burger, 1992).

Otras capacidades fueron desarrolladas para predecir las variaciones climáticas y los períodos lluviosos a fin de organizar los calendarios de siembra y programar los rendimientos (Orlove et al., 2000). Esos esfuerzos permitieron la subsistencia de comunidades que incluían 10 millones de personas durante la cima de la civilización Inca, en lo que actualmente es Perú y Ecuador.

Sus habilidades de ingeniería permitieron también la rectificación de los cursos de los ríos, como en el caso del Río Urubamba, y la construcción de puentes tanto suspendidos como fijos mediante pilotes encastrados en el lecho del río. También utilizaban el agua corriente para su placer y para fines religiosos, como se ve todavía en el «Baño del Inca» (alimentado desde fuentes geotermales), y las ruinas del jardín musical en Tampumacchay en las cercanías de Cuzco (Cortazar, 1968). Los sacerdotes de la cultura Chavín hacían pasar el agua a través de tubos perforados en la estructura de los templos para producir un sonido similar al rugido del jaguar, que era una de sus deidades (Burger, 1992). El agua también fue usada para cortar bloques de piedra para las construcciones.



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina



**Figura 4:** Nazca (costa sur del Perú). Sistema de recolección del agua de los acueductos subterráneos y alimentación de las napas freáticas.

Como se ve en Ollantaytambo, en el camino a Machu Picchu, esas piedras fueron cortadas de formas geométricas y regulares haciendo gotear agua en intersticios realizados inteligentemente para luego dejarla congelar durante las noches del Altiplano, que alcanzan temperaturas bajo cero. Ellos también adquirieron la capacidad de pronosticar variaciones climáticas, como las provocadas por El Niño (Canziani and Mata, 2004), permitiendo una organización más conveniente y oportuna de su producción de alimentos. En síntesis, ellos desarrollaron esfuerzos pioneros para adaptarse a las condiciones locales adversas y definir caminos de desarrollo sustentable.

En la actualidad, ante los caprichos del tiempo y el clima, exacerbados por el creciente efecto invernadero y el rápido retroceso de los glaciares (Carey, 2005; Bradley et al., 2006), sería extremadamente útil volver a ver y actualizar esas medidas de adaptación. El camino a seguir sería la educación y el entrenamiento de los miembros de las comunidades actuales sobre el conocimiento y las habilidades técnicas de sus ancestros. Los procedimientos para el manejo del desarrollo sustentable de ECLAC (Dourojeanni, 2000) relacionados con la necesidad de manejar las condiciones climáticas extremas en las zonas de montaña, vuelve a las estrategias de riego precolombinas.

## 7 Conclusiones e implicancias para el desarrollo sostenible

En Latinoamérica existe amplia evidencia de los incrementos en la ocurrencia de eventos climáticos extremos y del cambio climático. Desde el TAR, han ocurrido eventos extremos inusuales en la mayoría de los países, tales como los continuos episodios de sequías e inundaciones, el Huracán Catarina en el Atlántico Sur, y el récord de huracanes ocurridos en 2005 en la cuenca del Caribe. Además, durante el siglo XX, se han reportado aumentos de temperatura, incrementos y disminuciones de precipitación, y cambios en la ocurrencia de eventos extremos en diversas zonas. Los cambios en los episodios extremos incluyeron tendencias positivas en las noches cálidas, en las lluvias intensas y en los días secos consecutivos.

Algunos impactos negativos de esos cambios fueron el retroceso de los glaciares, aumentos en la frecuencia de inundaciones, incrementos de la morbilidad y mortalidad, aumentos de incendios forestales, pérdida de biodiversidad, aumento de las enfermedades de las plantas, reducción en la producción del ganado lechero y problemas con la generación hidroeléctrica. Sin embargo se han reportado impactos beneficiosos para el sector agrícola de áreas templadas. De acuerdo a estimaciones de Swiss Re, si no se toman acciones para disminuir el cambio climático en América Latina, en las próximas décadas los desastres relacionados con el clima costarían US\$ 300 billones por año (CEPALC, 2002; Swiss Re, 2002).

Por otro lado, después del TAR las tasas de deforestación incrementaron (p. ej., en el Amazonas brasileiro). En Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay la expansión agrícola, principalmente por el auge del cultivo de soja, ha exacerbado la deforestación e intensificado el proceso de degradación de tierras. Este desfavorable cambio del uso de la tierra aumentará la aridez y la desertificación en muchas regiones de Sudamérica que ya sufren estrés de agua, afectando no sólo el paisaje sino además modificando el ciclo del agua y el clima de la región.

Además del estrés climático y el cambio en el uso de la tierra, existen otros estreses que están compro-

metiendo el desarrollo sostenible de Latinoamérica. La presión demográfica, resultante de la migración a áreas urbanas, contribuye al desempleo generalizado, la superpoblación y la dispersión de enfermedades infecciosas. Además, la sobreexplotación es una amenaza para la mayoría de los sistemas de producción locales, y la sobreexplotación de acuíferos y el mal manejo de los sistemas de riego están causando la salinización de los suelos y problemas hídricos y sanitarios.

Para fines del siglo XXI el calentamiento medio proyectado para Latinoamérica varía de 1 a 4° C ó de 2 a 6° C, según el escenario, y es muy probable que incremente la frecuencia de eventos extremos. Si la tasa de deforestación continúa como en 2002/03, para el año 2020 desaparecerán 100 Mha de la selva amazónica de Brasil y las áreas de Sudamérica destinadas a soja podrían alcanzar 59Mha, representando el 57% de la producción mundial de soja. Para 2050, es probable que la población de LA supere en un 50% a la del año 2000, y la migración del campo a las ciudades continuará.

Es muy probable que los cambios proyectados afecten severamente numerosos ecosistemas y sectores (ver Figura 5) debido a:

- la disminución de la diversidad de especies animales y vegetales, causando cambios en la composición de los ecosistemas y en la distribución de los biomas,
- el derretimiento de la mayoría de los glaciares tropicales (2020-2030),
- la reducción de la disponibilidad de agua y la generación hidroeléctrica,
- el aumento de la desertificación y aridez,
- la afectación de poblaciones, recursos y actividades económicas en zonas costeras,
- el incremento de plagas y enfermedades de los cultivos, y
- el cambio en la distribución de enfermedades humanas y la aparición de otras nuevas.



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2007

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina

Un impacto beneficioso del cambio climático es el probable incremento en los rendimientos de soja proyectado para el sur de Sudamérica. Sin embargo, la futura conversión de hábitats naturales para permitir la expansión de la soja es muy probable que afecte severamente algunos ecosistemas como los Cerrados, el Chaco húmedo y seco, la selva Amazónica y su zona de transición, y las selvas del Atlántico, Chiquitano y Yungas.

Si los países latinoamericanos continúan utilizando el escenario de desarrollo actual, la riqueza de los recursos naturales que han soportado el desarrollo económico y socio-cultural de la región continuará degradándose, reduciendo el potencial regional para el crecimiento. Se deben tomar medidas urgentes que ayuden a traer las consideraciones sociales y económicas desde la periferia hacia el primer plano en la toma de decisiones y el desarrollo de estrategias (UNEP, 2002).

El cambio climático traería nuevas condiciones ambientales resultantes de modificaciones en el espacio y en el tiempo, y en la frecuencia e intensidad de los procesos de tiempo y clima. Esos procesos atmosféricos están estrechamente interrelacionados con los pilares ambientales, sociales y económicos en los que se debería basar el desarrollo, y todos juntos pueden influenciar la selección de los caminos de desarrollo sostenible. Frente a un nuevo sistema climático, y en particular a la exacerbación de los eventos extremos, se necesitarán nuevas vías para manejar los sistemas humanos y naturales para alcanzar la sostenibilidad. El desarrollo futuro de áreas regionales, subregionales y locales debe basarse en datos básicos confiables y suficientemente densos. Consecuentemente, cualquier acción relacionada con el desarrollo sostenible ya compromete a los gobiernos y tomadores de decisiones a liderar el desarrollo de la información necesaria para facilitar las acciones requeridas para sobrellevar las adversidades de los eventos climáticos, desde el período de transición hasta que un nuevo sistema climático sea establecido, y a aprovechar las potenciales ventajas del nuevo sistema climático.

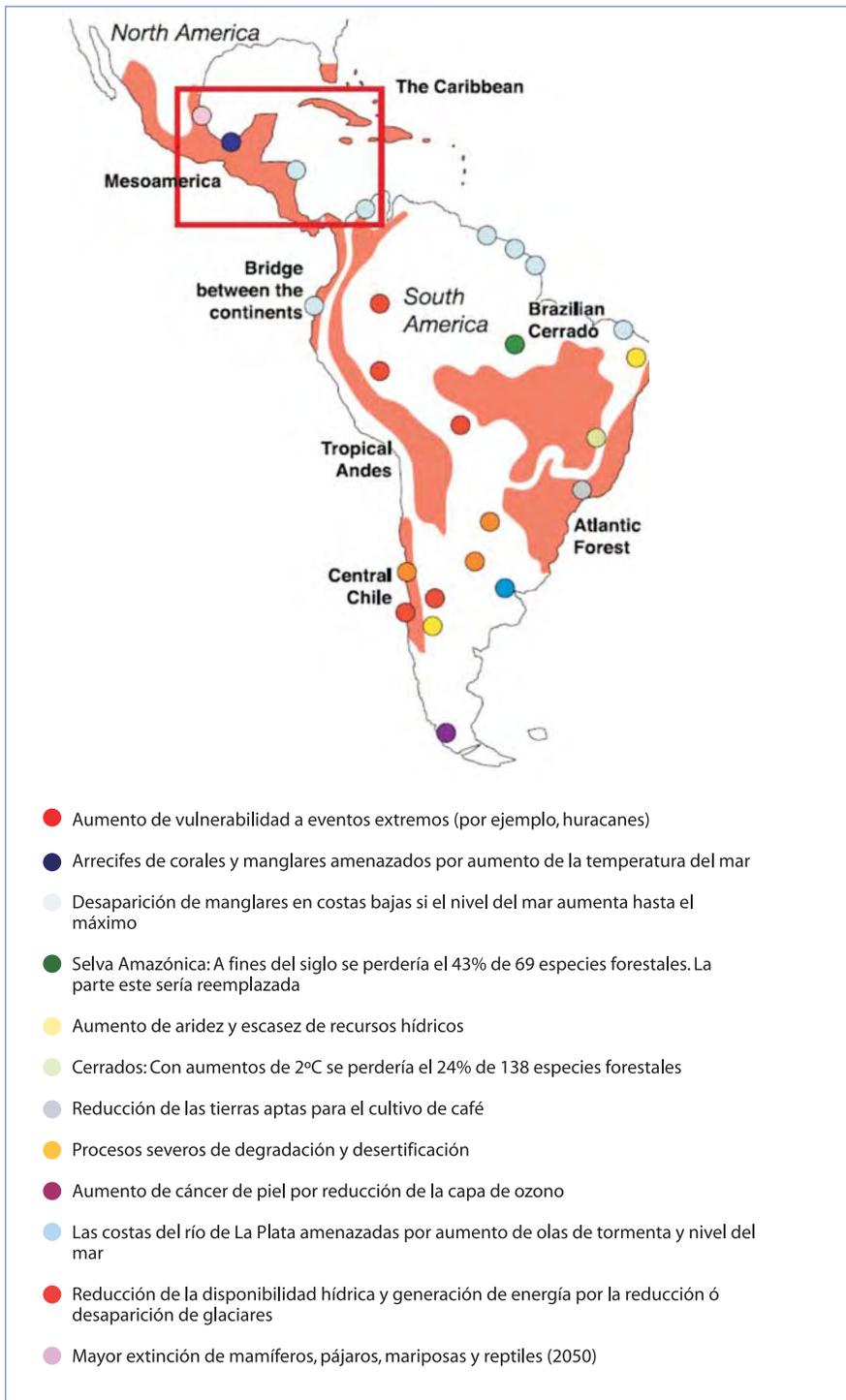


Figura 5: Impactos críticos (hot spot) en América Latina.

## 8 Incertidumbres clave y prioridades de investigación

Las proyecciones mencionadas en este capítulo dependen de la calidad de los modelos matemáticos disponibles. Como puede verse en las diferentes secciones, existen contradicciones. Tales contradicciones observadas también en otros capítulos sectoriales o regionales, pone en evidencia parte de la debilidad de los modelos, especialmente cuando falta el respaldo necesario de las observaciones.

Sumado a los defectos de los modelos, el uso de escenarios socioeconómicos que no son suficientemente representativos de las condiciones regionales, más los problemas que aún se tienen con las técnicas de reducción de escala, pone más énfasis en que la falta de información es una incertidumbre crítica. Sumado a eso, se ha demostrado que la comunicación del riesgo a los usuarios y tomadores de decisiones con incertidumbre es una debilidad significativa que se debe considerar en el corto plazo.

Para promover eficiencia económica y políticas eficaces para la adaptación futura, se requieren importantes esfuerzos de investigación multidisciplinarios a fin de reducir las brechas de información.

Para prepararse para los desafíos futuros que el cambio climático está imponiendo en la región, las prioridades de investigación deberían resolver las limitaciones ya identificadas para enfrentar la variabilidad climática actual y las tendencias, tales como:

- falta de conciencia,
- falta de sistemas de observación confiables y bien distribuidos,
- falta de sistemas de monitoreo adecuados,
- capacidades técnicas pobres,
- falta de inversión y crédito para el desarrollo de infraestructuras en áreas rurales,
- escasas evaluaciones integradas, principalmente entre sectores,
- estudios limitados sobre los impactos económicos de la variabilidad climática presente y futura y del cambio climático,

- estudios restringidos de los impactos del cambio climático sobre las sociedades, y
- falta de una clara priorización en el tratamiento de los tópicos para la región en su conjunto.

Además otras prioridades considerando el cambio climático son:

- reducir la incertidumbre de las proyecciones futuras, y
- evaluar los impactos de diferentes políticas para reducir la vulnerabilidad y/o incrementar la capacidad adaptativa.

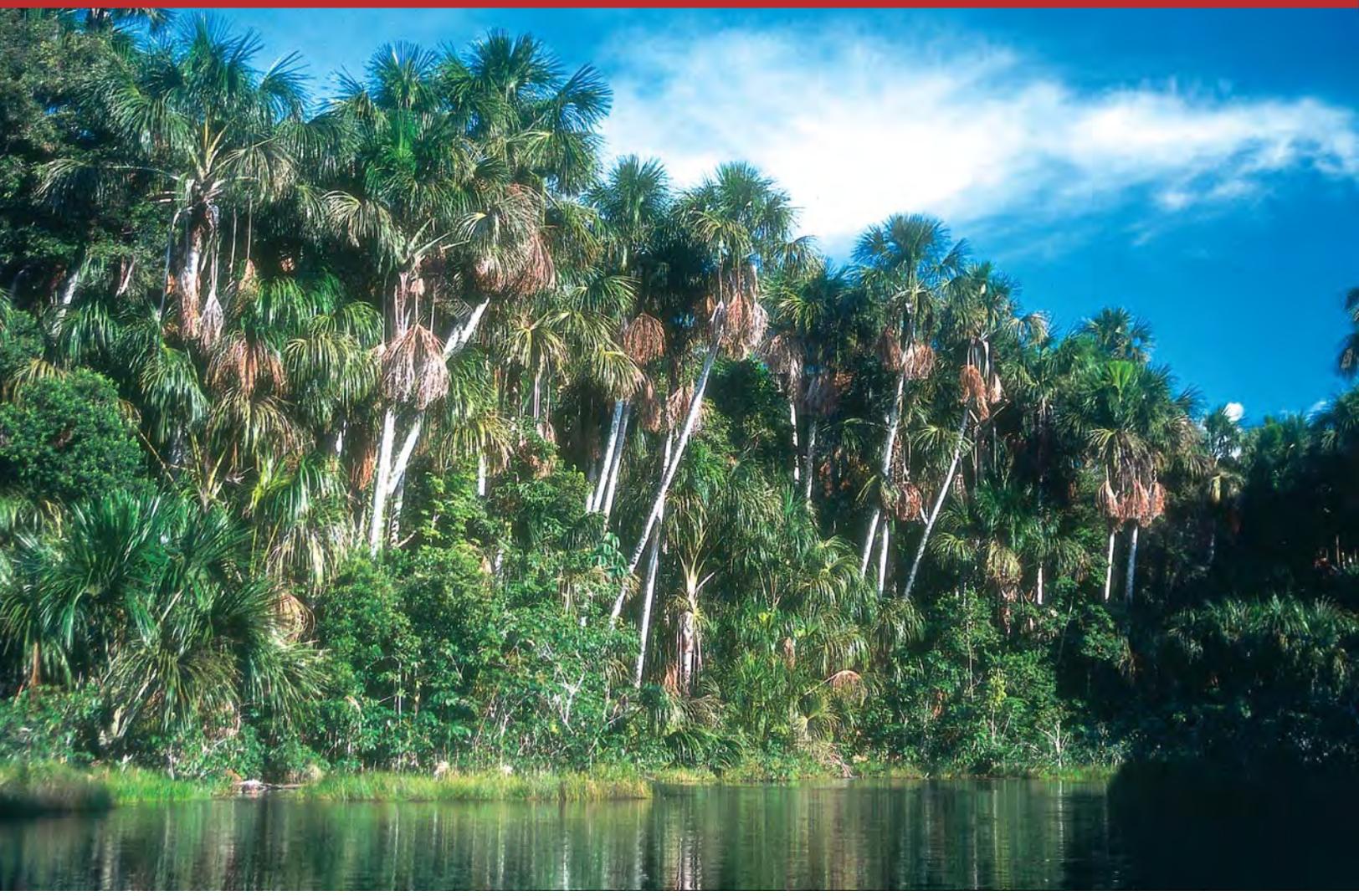
También es necesario mencionar que debemos cambiar la actitud y pasar de la planificación a un funcionamiento efectivo de los sistemas de observación y alerta. Actualmente la respuesta típica ante un evento climático severo consiste en intervenir después del desastre, usualmente con fondos insuficientes para restituir las condiciones existentes antes del evento. Un cambio necesario sería migrar de una cultura de respuesta hacia una cultura de prevención.

Además, la posibilidad de un cambio climático abrupto debido a la perturbación de la circulación termohalina aparece como un nuevo tema de preocupación en LA, donde no existen estudios sobre sus posibles efectos. Otro problema relacionado es la ocurrencia de posibles «sorpresas» climáticas (aún en un clima que cambie gradualmente) cuando se sobrepasan ciertos umbrales y se dispara un mecanismo de retroalimentación negativo que puede afectar diferentes sectores y recursos. Las selvas tropicales y los glaciares tropicales son posibles candidatos para esas sorpresas.



CAMBIO  
CLIMÁTICO  
2 0 0 7

Evaluación de la Vulnerabilidad  
e Impactos del Cambio Climático  
y del potencial de adaptación  
en América Latina









La impresión de este documento ha sido posible gracias a:

**gtz**



Equipo Regional de Competencias  
Gestión del Riesgo  
y Adaptación al Cambio Climático



COMUNIDAD  
ANDINA  
SECRETARÍA GENERAL



COMISIÓN EUROPEA

IPCC

En alianza estratégica con:



Estrategia Internacional para  
la Reducción de Desastres