



**REVISTA VIRTUAL  
REDESMA**

Red de Desarrollo sostenible y Medio Ambiente

# Cambio climático, adaptación y retroceso de glaciares

Octubre 2008 - Vol. 2 (3)

# Presentación

El último reporte sobre el Desarrollo Humano preparado por el PNUD, el cual se centra en la lucha contra el cambio climático y la búsqueda de solidaridad frente a un mundo dividido, establece que si no se toman acciones en el momento actual, el mundo ingresará en una fase de alto riesgo y con altos impactos para su desarrollo. A ello se añade que los impactos del cambio climático harán más vulnerables a los países en vías de desarrollo y por tanto las economías de éstos se verán afectadas gravemente; por ende los pobres serán más pobres por las implicaciones del cambio climático.

En ese contexto el cambio climático ya está haciendo sentir sus efectos a nivel global y local, allí donde glaciares están desapareciendo. Un ejemplo de ello es Bolivia, donde urge buscar alternativas a la inminente reducción de la oferta de agua tanto para el consumo, la agricultura, la generación de energía y la pérdida de recursos en la industria del turismo. Al mismo tiempo, deberá buscarse mitigar el proceso de deterioro de la economía indígena asentada en ecosistemas que se verán afectados por la pérdida de glaciares.

Los eventos extremos (inundaciones, sequías, granizadas, heladas) asociados al cambio climático en Bolivia han venido en aumento con frecuencias e intensidades cada vez mayores, generando pérdidas del orden de 400 millones de dólares anuales que implican cerca a un 4% de nuestro producto interno bruto. Para Bolivia, un país con niveles de pobreza tan altos, este tipo de pérdidas ponen en riesgo su integridad económica. Este es sólo un ejemplo que se reproduce en muchos otros países.

Ante esta situación, la adaptación planificada de los sistemas vulnerables al cambio climático, en materia de recursos hídricos, recursos energéticos, soberanía alimentaria y salud, son cruciales para reducir impactos y estar preparados para un mundo diferente en el futuro mediano.

No obstante, la adaptación al cambio climático no debe ser entendida como un término abstracto, sino como herramienta concreta con capacidad para implementar acciones en todos los sectores y proyectos, de tal manera que coadyuven a enfrentar el cambio climático y reducir sus impactos, en particular sobre los sectores de importancia económica y las poblaciones más vulnerables. Hoy en día es imposible concebir cualquier proceso de desarrollo sin considerar la variable del cambio climático y en especial las acciones de adaptación. De ahí la importancia de llevar a cabo procesos de incorporación de esta variable en los diferentes análisis. Los objetivos de la lucha contra la pobreza planteada desde inicios del siglo XXI así como el logro de las metas del Milenio están en riesgo si no se impulsan tareas de adaptación en los países.

En ese marco, se están planteando medidas de mitigación. Quisiera destacar otra vez el caso de Bolivia, cuyo Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MNACC) busca generar sinergias en cinco sectores trascendentales para la economía nacional y el desarrollo, como ser el sector de los recursos hídricos, el sector de la agricultura que garantice la seguridad alimentaria, el sector salud, el sector de los asentamientos humanos y la gestión del riesgo, y los ecosistemas. Este MNACC también considera acciones transversales que tienen que ver con la recuperación de los saberes ancestrales, la investigación científica (ambas complementarias) y la educación.

En un nivel regional, destaca el esfuerzo que se está gestando en el marco del Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático (PRAA) por el cual Bolivia, Perú y Ecuador, llevarán a cabo proyectos piloto para empezar a generar la adaptación al cambio climático por retracción de los glaciares a través de medidas que reduzcan el consumo indiscriminado de agua, las pérdidas en los sistemas de distribución, el desarrollo de obras de arte que cumplan la función de acumuladores de agua sustitutos a los glaciares, y el manejo adecuado del recurso hídrico en cantidad y en calidad. Otro valorable esfuerzo es el que están llevando adelante comunidades de montaña, donde se impulsan tareas que permitirán principalmente, enfrentar desafíos de la agricultura al cambio climático.

De esta manera, sin ser los principales causantes del cambio climático global, los países en vías de desarrollo están obligados por las circunstancias de la historia a buscar formas que reduzcan los impactos, aunque en contrapartida, algunos países desarrollados o con economías en transición se resisten a asumir responsabilidades en el problema.

Estos temas están ampliamente expuestos en la 5ta versión de la Revista de REDESMA que me corresponde presentar. El contenido, eminentemente técnico, es resultado de la selección de autores, temas de investigación y referencias complementarias sobre el tema de glaciares, que contribuyen a divulgar el estado del conocimiento y por tanto, los esfuerzos de algunos países, en la mitigación de impactos y adaptación al cambio climático.

Ing. Oscar Paz

Coordinador General del Programa Nacional de Cambios Climáticos



**Revista Virtual REDESMA**  
**octubre 2008**  
**Vol. 2(3)**

**Cambio Climático**

**responsables**

**José Blanes**  
**Diego De la Quintana**

**editora**

**Marthadina Mendizábal**

**consejo editorial**

**Carlos Arze**  
**José Blanes**  
**Marianela Curi**  
**Eduardo Forno**  
**Nicoló Gligo**  
**José Leal**  
**Pablo Pacheco**  
**Rafael Navarro**

**diseño**

**Marcelo Pinto**  
**Manuel Rebollo**

**foto de portada**

**Glaciar Huayna Potosí Oeste**  
**(mayo 2006)**  
**(cortesía Dirk Hoffmann)**

# Índice

## Prólogo

### El retroceso de los glaciares:

Termómetro del Cambio Climático ..... 5

Glaciares: ¿cómo y dónde estudiarlos? ..... 9

### Cambio Climático y retroceso de los glaciares

#### en la zona Andina: Consecuencias para la

Gestión de los Recursos Hídricos ..... 19

### Adaptación al cambio climático:

Experiencia en América Latina ..... 25

### Building resilience of

mountain communities to climate change ..... 33

### Un marco de adaptación al cambio climático

a nivel local para la región Latinoamericana ..... 39

### Impactos del cambio climático y gestión del agua

#### sobre la disponibilidad de recursos hídricos

para las ciudades de La Paz y El Alto ..... 49

### Integrando la adaptación al cambio climático en

las políticas de desarrollo: ¿Cómo estamos en Chile? ..... 63

La adaptación al cambio climático en Colombia ..... 73

### Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto

#### Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental

#### de Expertos sobre Cambio Climático:

Resumen para Responsables de Políticas ..... 81



## Prólogo

# El retroceso de los glaciares: Termómetro del Cambio Climático

---

Marthadina Mendizabal\*

\* Marthadina Mendizabal, Economista ambiental, tiene Maestrías de las Universidades La Sorbona y Católica de Chile. Es autora de diversos libros sobre temas ambientales.

Los habitantes del planeta azul estamos protagonizando las consecuencias de cambios en las condiciones ambientales derivadas del cambio climático. Aunque tales cambios se han venido produciendo desde siempre y en particular desde la revolución industrial, los cambios acelerados en las últimas décadas están poniendo en jaque los esfuerzos crecientes de los países para mitigar impactos y salvaguardar a poblaciones y ecosistemas vulnerables.

Las primeras advertencias décadas atrás, señalan como origen del aceleramiento de los cambios registrados, el comportamiento humano inspirado en un *homo economicus* sobredimensionado en relación al insuficiente resguardo de las regulaciones que garantizan la reproducción de las funciones de la biosfera. Desde entonces, la investigación ha revelado que el origen de los cambios en las condiciones ambientales y en particular, del cambio de temperatura planetaria, no es atribuible sólo a los patrones de producción y el uso desmedido de las capacidades ambientales por la economía humana; la mayor carga de la población humana y los patrones de consumo tienen también su parte en el problema.

Las condiciones ambientales aptas para el desarrollo de la vida no son sino aquellas a las que la especie humana está adaptada, desde hace diez mil años, tal como nos señala la ecología humana; incluyen, entre otros, cuerpos de agua y océanos necesarios para la formación de la atmósfera; una distancia respecto al sol tal, que la temperatura del planeta y los océanos se mantuvieran constantes; una permanencia de gases en la atmósfera bien calibrada para que la energía del sol sea absorbida en un 70% y el resto sea devuelto al espacio; y ciclos del agua y del carbono sin los cuales no habría tenido lugar el desarrollo de la vida humana ni de las especies vivas que la rodean.

Tales condiciones, en interacción con todos los componentes del ecosistema terrestre han funcionado perfectamente en virtud de mecanismos de regulación y con variaciones perfectamente sincronizadas, dentro de estrechos límites de variación. Su funcionamiento ha permitido por siglos y siglos, la reproducción de las condiciones naturales que constituyen el

marco físico para la reproducción de la vida humana y de los elementos que ésta utiliza para su desarrollo.

No obstante la especie humana -a diferencia del resto de especies vivas-, es la única que, a través de instrumentos técnicamente eficaces, degrada el medio en el que vive y se desarrolla. Los mecanismos de autorregulación de la naturaleza están siendo sobrepasados, y a estas alturas ya no cabe duda alguna acerca de la contribución preponderante de la economía humana al cambio en las condiciones ambientales y, en particular, al cambio climático.

En efecto, la intensificación del efecto invernadero por concentración de gases producida principalmente por naciones industrializadas se efectúa a ritmos que han saturado la capacidad de resiliencia de la biosfera a nivel planetario. Como consecuencia, el planeta azul presenta síntomas que revelan inequívocamente que está enfermo; el aumento de la temperatura promedio (cerca de 0,5°C en el último siglo) es sólo una manifestación de una cadena de rupturas de los sutiles equilibrios naturales. Se nos señala que si el ritmo de crecimiento de emisiones continúa, la temperatura promedio del planeta para el año 2025 se habrá incrementado en un 1°C y para fines del próximo siglo, en un 3°C. Más aún, se nos informa que, aún pese al esfuerzo de algunas naciones para reducir sus emisiones, éstas continuarán haciendo sentir sus efectos, como consecuencia del comportamiento de empresas ante la inminencia de la entrada en vigor de regulaciones internacionales.

En este contexto global, la modificación de las condiciones ambientales conlleva riesgos difíciles de controlar, y peligros ambientales que afectan a las sociedades menos desarrolladas, más vulnerables e indefensas que paradójicamente son las que menos han contribuido a tales cambios. Al estar insuficientemente dotadas con recursos financieros, tecnológicos y recursos humanos, los asentamientos humanos y ecosistemas naturales en estas sociedades son al presente, los más vulnerables y los que enfrentan los mayores peligros ambientales; la resiliencia ecológica y social, pese a la ayuda de la comunidad internacional, están revelando limitaciones para hacer frente a los desafíos del cambio climático.

Entonces, ante los hechos ya no hay cabida para la reflexión. Las acciones para enfrentar el cambio climático se centran en la mitigación y la adaptación; ya no queda tiempo para la discusión: la mitigación en la medida de las capacidades de minimización de la entropía, y la adaptación como medida de absoluta urgencia, en particular, en regiones donde el incremento de temperatura es mayor. Es en este sentido que el Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha reiterado oportunamente la importancia de adaptarse lo más pronto posible al cambio climático, para evitar mayores costos económicos y sociales de los que ya se experimentan.

Pero la adaptación al cambio climático es un nuevo viejo tema. Así como la especie humana detenta el mayor poder de devastación del entorno natural, es al mismo tiempo, la que tiene mayor capacidad para adaptarse a las condiciones ambientales más difíciles. La vida en el polo Norte o en altitudes elevadas sólo algunos ejemplos. Pero más importante que la adaptación biológica es la adaptación cultural, aquella que marca la diferencia con el resto de especies vivas. Nos referimos a una adaptación que pone en movimiento capacidades económicas para enfrentar los desafíos, la capacidad de organización social para poner en marcha cambios culturales, comportamientos, conductas y actitudes, y todo el arsenal de recursos, ingenio y destrezas para hacer innovaciones dirigidas a mitigar, entre todos, los efectos del cambio climático.

Los impactos del aumento de temperatura son tremendamente grandes y variables de región a región en ámbitos del agua, agricultura, energía, biodiversidad y salud. Y también son diferentes los aspectos de frecuencia e intensidad de los fenómenos naturales asociados, la vulnerabilidad humana y de los ecosistemas naturales, las políticas, estrategias y acciones adoptadas por los países para facilitar la adaptación. Tal variedad y magnitud de los temas asociados al cambio, nos ha impuesto la necesidad de realizar una selección de temas relacionados con el aumento de temperatura en el planeta. El criterio utilizado ha sido el de compartir hallazgos y experiencias, principalmente en beneficio de países menos capacitados para enfrentar los cambios, y teniendo presente el

objetivo común de buscar la inserción permanente de la población humana en el ecosistema terrestre, a través del esfuerzo mancomunado; la adaptación cultural al cambio climático será más exitosa entre todos que si cada país emprende esfuerzos aislados.

En la perspectiva de contribuir a este esfuerzo, la Revista ha optado por presentar como una primera expresión del cambio climático, el deshiele de los glaciares. Ello en atención a que, en el orden de prioridades para la sobrevivencia humana en un contexto de catástrofes ocasionados por la creciente temperatura en el planeta, el agua ocupa el lugar de indiscutible preeminencia. Sabemos pues, que numerosas civilizaciones y poblaciones, muchas más de las que nos enseña la historia humana, han desaparecido de la faz de la tierra por sequía cuando no por inundaciones. Consideración que corrobora la importancia de los recursos hídricos como condición clave en la búsqueda de la inserción permanente de la población humana en los ecosistemas. Es así que en la actualidad, los pronósticos de escasez de agua dulce están obligando a tomar medidas de resguardo para garantizar abastecimientos para el consumo, la agricultura, la energía y la industria en diferentes países.

En este contexto, la importancia de los glaciares es creciente desde que, en virtud de mediciones e investigación científica se ha constatado la retracción. No podría ser menos si se considera que estas imponentes represas naturales amortiguan la caída y alimentan las aguas superficiales y subterráneas y por tanto constituyen las principales fuentes de agua para consumo para los asentamientos y actividades humanas. Adicionalmente, los glaciares cumplen una función ecológica importante en el resguardo de los equilibrios de la temperatura; son pues, un factor que juega contra el recalentamiento; por otra parte, son la base para la generación de energía eléctrica, la agricultura y el turismo entre otros.

Por tanto el deshiele registrado a través de monitoreo en varios países tiene impactos no sólo ambientales, sino también económicos y sociales, que hay que mitigar. Parte de los esfuerzos se dirigen a garantizar el acceso de las poblaciones más vulnerables, al agua en las zonas de montaña. Esfuerzos que se inscriben

en las estrategias de adaptación adoptadas por los países. De hecho, algunos de los estudios seleccionados nos describen el riesgo derivado del retroceso de glaciares, de consumo de fuentes subterráneas de aguas contaminadas por parte de poblaciones, en particular, de montaña en países en desarrollo. De igual manera, se señala impactos de la reducción de recursos hídricos en el conjunto de actividades económicas, y en particular, en la agricultura y por ende, en la alimentación. Se nos advierte en fin que las consecuencias para el mundo pueden ser caóticas, debido al aumento en el nivel de los océanos. Se pronostica que más de un cuarto de la actual masa global de glaciares montañosos podría haber desaparecido en 2050, y más de la mitad en 2100. Esto es alarmante no sólo a nivel local, sino global, si se considera el deshiele sistemático de la Antártica, que representa el 90% de la totalidad de los hielos que existen en el planeta y el 70% de las reservas de agua dulce.

En el presente número hemos querido mostrar, a través del material seleccionado, la situación de los glaciares y el esfuerzo de adaptación de algunos países para reducir los riesgos derivados del deshiele, como ejemplo de medidas inscritas en el esfuerzo para sobrellevar las consecuencias derivadas del aumento de temperatura.

En esta misma dirección destaca el esfuerzo de organización de los países, a través de estructuras institucionales responsables de las tareas de adaptación, e integración de los factores del cambio climático en las políticas medio ambientales y de desarrollo, las estrategias, programas y proyectos. Complementariamente hemos incluido ejemplos que ilustran la capacidad organizativa de las sociedades, expresada en la formulación de planes y estrategias participativas de adaptación, pero sobre todo, en la capacidad de movilización de recursos humanos, técnicos y financieros para pasar del papel a la acción. El desarrollo de capacidades locales está presente en los trabajos seleccionados, lo mismo que el papel clave de las poblaciones locales en este sentido, pues en este nivel es donde residen el ingenio, destrezas y capacidades para innovar y buscar formas de adaptación cultural para enfrentar el desafío del cambio climático.

Deseamos agradecer a nuestros colaboradores, quienes desde varios lugares del mundo han puesto a nuestra disposición material sobre el tema para compartirlo con nuestros lectores; a Inwent que nos ha brindado el valioso material producido sobre el tema. Al IRD que está llevando a cabo valiosa investigación en el tema de los glaciares y que ha aceptado compartir sus resultados con los lectores. El Instituto Boliviano de Montañas, que ha apoyado la iniciativa a través de material valioso y fotografías para nuestra Galería de Fotografías; el Programa Nacional de Cambio Climático de Bolivia que está a la vanguardia en la tarea de adaptación al cambio; la CAN, WWF, UICN, entre otros muchos. La gratitud se hace extensiva también a nuestros auspiciadores e investigadores de entidades académicas que han aceptado preparar artículos para el presente número, y a los lectores que nos siguen y nos alientan en este esfuerzo que está creciendo en cada número.

# Glaciares: ¿cómo y dónde estudiarlos?

---

**Bernard Francou, Bernard Pouyaud**

El presente artículo fue presentado originalmente en la Sección 2 (31-41 pp.) de la publicación: ¿El fin de las cumbres nevadas? Glaciares y cambio climático en la Comunidad Andina. Presentado por la Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y El Caribe y la Agencia Española de Cooperación Internacional.

## Resumen

*Glaciares: ¿cómo y dónde estudiarlos?, proporciona algunas definiciones básicas sobre los glaciares, las metodologías para estudiarlos, y la descripción de la red de monitoreo de glaciares existente para la Región Andina. Asimismo, describe cómo los glaciares son monitoreados desde diversos ángulos, y que como objetos sensibles a la variabilidad climática, pueden ser utilizados como indicadores del cambio climático.*

---

Esta sección proporciona algunas definiciones básicas sobre los glaciares y la manera en que se estudian. Veremos que para estudiarlos, los glaciares son monitoreados desde diversos ángulos; y que como objetos sensibles a la variabilidad climática, pueden servir de indicadores del cambio climático. Por último, describiremos la red de monitoreo de glaciares en los Andes.

## Los glaciares y su estudio

Un glaciar es una masa de hielo que transforma agua sólida (nieve, granizo o escarcha) en hielo y la restituye en forma de vapor (por evaporación o sublimación) o en forma líquida (agua escurrida por el torrente emisario). La relación entre estas ganancias y pérdidas de masa se conoce como el balance de masa de un glaciar.

Debido a que la acumulación neta es generalmente positiva en las partes altas de un glaciar (zona de acumulación), un exceso de carga produce flujos de hielo hacia la parte baja (zona de ablación). Este fenómeno se produce debido a que el hielo, desde un punto de vista mecánico, se comporta como un cuerpo visco-plástico que se deforma bajo el efecto de su propio peso.

El hielo acumulado en las partes bajas es sometido a una intensa ablación debido a la fusión producida en la superficie. La fusión hace que el hielo desaparezca por el frente del glaciar.

Este proceso de transferencia del hielo de la zona de acumulación hacia la zona de ablación del glaciar, está controlado por (i), el balance de masa, que representa el componente climático de la evolución de un glaciar; y (ii), por las características topográficas del glaciar (pendiente, morfología del lecho rocoso, presencia de agua a este nivel, etc.), que representan el componente dinámico del glaciar. De este segundo componente depende el tiempo de respuesta del glaciar a un cambio climático, el cual puede variar entre algunos años y más de un decenio.

El enfoque de los estudios glaciológicos practicados actualmente en los Andes Centrales por el Institut de Recherche pour le Développement (IRD) y sus contrapartes considera el glaciar como un objeto hidrológico cuya masa cambia a corto plazo en función de las características del clima. Estos estudios se enfocan en los siguientes aspectos:

1. El balance de masa, que representa el equivalente en agua de lo que gana y de lo que pierde un glaciar en un tiempo determinado. Este indicador se obtiene a partir de mediciones repetidas, ya sea de manera directa (balance

- glaciológico) u indirecta (balance hidrológico).
2. Los cambios de longitud, superficie y volumen ocurridos en el pasado: el desempeño de estos indicadores proporciona información sobre la respuesta de un glaciar a los cambios de masa acumulados. Para medir dichos cambios, se utilizan métodos geodésicos de terreno, análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales, y reconstrucciones hechas en base a análisis geomorfológicos o de investigaciones históricas.
  3. La sensibilidad del glaciar al clima, que consiste en identificar las correlaciones entre la evolución de un glaciar y el clima. Estos análisis se basan en el estudio directo de los procesos ocurridos en la superficie del glaciar a partir de un balance energético. La sensibilidad también puede ser analizada a través de relaciones estadísticas entre el balance de masa y diversas variables climatológicas medidas en estaciones meteorológicas o estimadas a través de modelos de circulación general.

### Variaciones geométricas

La dinámica de un glaciar puede ser analizada estudiando el desplazamiento de las balizas que sirven

para estimar el balance y su cambio de altura a partir de un punto fijo. Un balance neto positivo, por ejemplo, se refleja por un aumento de la velocidad y del espesor del glaciar.

La respuesta de un glaciar a un cambio de balance es variable. Esta depende de su tamaño, espesor, geometría del lecho rocoso, pendiente promedio, de la cantidad de agua entre el hielo y el lecho, y de la temperatura del hielo a nivel de lecho. Los glaciares que presentan una fuerte pendiente, amplias zonas de acumulación, hielo a temperatura de fusión y una geometría regular del lecho rocoso (cercana a un cilindro perfecto) son los que usualmente responden rápidamente a series sucesivas de balances positivos o negativos.

El movimiento del frente del glaciar en un año determinado (avance, retroceso o estabilidad) es el resultado del efecto combinado de la ablación producida en el frente y de la dinámica del glaciar. Esta última depende, a su vez, del efecto acumulado de los balances de los años precedentes y del espesor máximo del glaciar.

En el caso de glaciares de pequeño tamaño (inferiores a 1 km<sup>2</sup>), la extensión de las zonas de acumulación y de ablación varían cada año, por lo que es posible que durante ciertos años la superficie entera del glaciar se convierta en una zona de ablación o en

### Cálculo del balance de masa

La ecuación básica del balance en un punto del glaciar entre dos periodos de medición  $db/dt$  se escribe de la siguiente manera:

$$db/dt = pdh/dt + dp/dt dz$$

donde  $p$  es la densidad del hielo de espesor  $h$ , que varía según el tiempo  $t$ .

El primer término de la ecuación representa el cambio de la masa de hielo (con densidad constante) durante un periodo de tiempo. El segundo término es el cambio de densidad de la columna de espesor  $z$  sobre el periodo de tiempo  $t$ .

Para extender el balance a todo el glaciar, se utilizan diversos puntos de medición (balizas, pozos, sondeos) distribuidos de acuerdo a una red bien definida. El principio básico consiste en ponderar el balance medido por el área del rango relativo del glaciar, según la siguiente expresión:

$$B_n = (1/S) [ (b_{n1}S_1 + b_{n2}S_2 + \dots + b_{nj}S_j)]$$

donde  $B_n$  corresponde al balance específico del glaciar;  $S$  a su superficie total;  $b_{n1}$ ,  $b_{n2}$ ,  $b_{nj}$  al balance ponderado por el área  $S_j$  dentro de los rangos de altura ( $j$ ) generalmente de 20, 50 ó 100 metros, según la amplitud altimétrica del glaciar.

una de acumulación. Dichos glaciares tienen una dinámica poco activa con una velocidad muy reducida.

Por otro lado, los glaciares más grandes pueden tardar entre cinco y diez años en responder a cambios del entorno. Esto quiere decir que el movimiento del frente de un glaciar durante un año determinado depende tanto del balance de masa en la zona de ablación durante ese mismo año, como del exceso o déficit acumulado en toda la superficie del glaciar durante los diez años anteriores. Esto explica porqué el análisis decenal de las variaciones en el frente de un glaciar (análisis de datos registrados durante periodos de diez años) ofrece valiosa información sobre la tendencia de la variación del clima.

### El balance de masa

El balance de masa constituye la información básica más importante para el estudio de los glaciares: Es el cambio de masa (medido como un volumen de agua equivalente), ocurrido durante un periodo de tiempo, normalmente la duración del año hidrológico. El balance de masa anual se denota bajo su forma específica en  $\text{mm w.e. a}^{-1}$  (milímetros de agua equivalente por año)

Son dos las principales variables a medir: la acumulación neta y la ablación.

1. La **acumulación neta** es la cantidad de nieve y hielo acumulada a lo largo de un año hidrológico. Proporciona información acerca de la cantidad de precipitaciones sólidas recogidas por el glaciar durante un año hidrológico. Esta variable se estima abriendo un pozo o realizando una perforación en el glaciar y midiendo el espesor y la densidad del hielo. El resultado es un “perfil de densidad” que puede tomar la forma indicada en la Figura 1. En este caso, la primera capa basal (formada antes de la temporada de acumulación 2002-2003) está a 130 cm de profundidad, lo que indica una acumulación neta posterior de unos 530 mm de agua durante este ciclo. La segunda, formada antes de la temporada de acumulación 2001-2002, está a 320 cm, lo que corresponde a una acumulación neta posterior de unos 870 mm de agua. Sin embargo, hay que considerar que una parte de la acumulación original ha podido perderse por sublimación o fusión. El viento también ha podido remover la nieve, produciendo una redistribución en otras partes del glaciar.

(Continúa en la página 14)

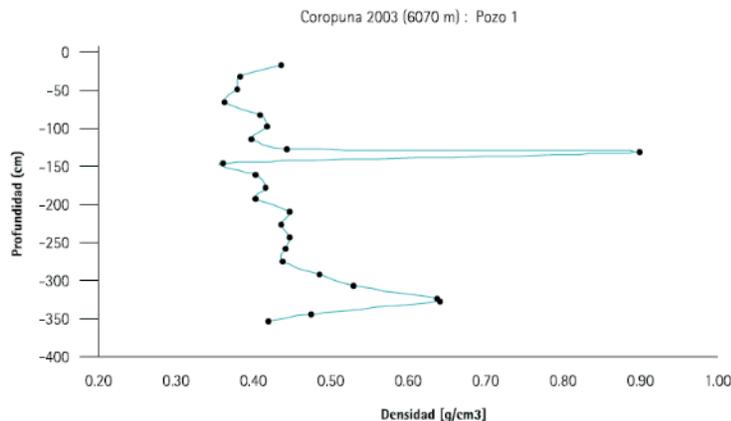


Figura 1. Densidades medidas por perforación en el cuello norte del Coropuna (Perú) fuente: IRD-Great Ice, de acuerdo a una medición realizada en 2003 (Francou et al, 2004)

## ¿Cómo se mide el balance de masa?

Varios métodos permiten estimar el balance de masa de un glaciar. Los más precisos requieren de un monitoreo en el terreno.

### 1. Método directo mediante pozos y balizas en diversos puntos del glaciar

El método más comúnmente utilizado mide directamente en el terreno el cambio de masa del glaciar. Esta medición se lleva a cabo a partir de la instalación de una red de estacas (llamadas "balizas") en la mayor parte del glaciar. En la sección alta, donde generalmente la acumulación supera a la ablación, se excavan pozos o se hacen perforaciones en donde se mide directamente la cantidad de nieve o de hielo acumulada entre el inicio y el fin del año hidrológico. Posteriormente esta cantidad es convertida en su equivalente en agua.

El procesamiento de datos se lleva a cabo a través de tres etapas. La primera corresponde a la división del glaciar en rangos de altura que fluctúan generalmente entre 500 y 100 metros (aunque en glaciares pequeños, los rangos pueden ser de 25 metros). En la segunda etapa, se calculan los valores medios para cada rango. En el caso de que ninguna baliza haya sido instalada en un rango, los valores del balance son obtenidos por interpolación. Finalmente, el balance neto específico  $B_n$  es el valor de balance ponderado por su superficie relativa utilizando la siguiente ecuación:

$$B_n = (B_i (s_i/S))$$

donde  $B_i$  corresponde al balance de un rango de altura  $i$ ,  $s_i$  a la superficie del rango de altura y  $S$  a la superficie total del glaciar.

### 2. Métodos topográficos de terreno

Este método consiste en realizar anualmente un levantamiento topográfico detallado del glaciar, con el objetivo de medir su superficie y contorno. Con los resultados de dichas mediciones se construye un "Modelo Digital de Terreno" que permite comparar las últimas mediciones con aquellas de años anteriores y así calcular las pérdidas de área y volumen. Las pérdidas distribuidas sobre todo el glaciar y convertidas en equivalente agua proporcionan el balance de masa por rango de altura. Finalmente, se confecciona un mapa calculando las líneas de igual balance de masa.

Es importante destacar que este método se adapta mejor a glaciares de tamaños pequeños o a aquellos en los cuales se efectúan medidas una vez cada varios años.

### 3. Método de restitución aerofotogramétrica

La restitución aerofotogramétrica permite estimar los cambios de superficie y de volumen de hielo a través del análisis de pares estereoscópicos compuestos por fotografías aéreas de fechas diferentes (generalmente varios años).

Algunas imágenes satelitales permiten llevar a cabo este tipo de análisis (ASTER, SPOT, ALOS, por ejemplo). Sin embargo, el uso de este método para el estudio de los glaciares de montaña ubicados en los Andes Centrales está limitado en muchos casos por ser todavía, en vertical, de más baja resolución que las fotografías aéreas.

### 4. Método indirecto del balance hidrológico

Este método establece una comparación anual entre la cantidad de hielo acumulado por las precipitaciones sólidas medidas o estimadas ( $P$ ) y la ablación (evaporación y sublimación) medida o estimada ( $E$ ). También se considera la fusión ( $R$ ) medida directamente a través de una estación limnográfica ubicada sobre el torrente emisario a poca distancia del glaciar. Luego, una primera aproximación del balance hidrológico ( $B_h$ ) se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$B_h = P - R - E$$

Sin tomar en cuenta la sublimación, pero considerando el promedio de las precipitaciones colectadas por los pluviómetros ( $P$ ), la superficie del glaciar ( $SG$ ), el caudal de derretimiento ( $D$ ), la superficie total de la cuenca donde se localiza ( $S$ ) y el coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ ), el balance hidrológico  $b_h$  se puede obtener de la siguiente manera:

$$b_h = P - 1/SG [D - (S - SG) C_e P]$$

Cabe mencionar que estos diversos métodos para obtener el balance de masa deben ser llevados a cabo paralelamente para poder validar y comparar los resultados.

(Viene de la página 12)

2. La **ablación** es el resultado directo del balance energético a la superficie del glaciar (la suma de fusión y sublimación). Se mide entre meses o años a partir de balizas repartidas sobre la zona de medición.

En el Recuadro “¿Cómo se mide el balance de masa?” se muestran los diversos métodos empleados para medir el balance de masa en un punto, tomando en cuenta las diferentes densidades de nieve y hielo.

Racoviteanu *et al* (2007) estudiaron el área de glaciación del nevado Coropuna (6,420 msnm) utilizando sensores espaciales. Este nevado está ubicado en la Cordillera Ampato, en el sur del Perú. Los resultados fueron que el área de glaciación, que se estimaba en 82.6 km<sup>2</sup> en 1962, se había reducido a 60.8 km<sup>2</sup> en octubre de 2000.

### La ablación como producto del balance de energía

Las mediciones meteorológicas en la superficie de los glaciares permiten calcular el balance de energía entre el glaciar y la atmósfera, y así comprender cómo el glaciar responde físicamente a las variables meteorológicas. El cálculo del balance de energía se

realiza mediante una estimación de los flujos energéticos (radiativos, conductivos y turbulentos) entre el glaciar y la atmósfera. Para este fin, el IRD ha desarrollado un tipo de estación meteorológica llamada SAMA (Station Automatique Météorologique d'Altitude), la cual se aprecia en la Figura 2.

### Balance hidrológico en cuencas glaciares

Una cuenca vertiente es el espacio geográfico sobre el cual se analiza el balance hidrológico. Dos elementos diferencian las cuencas que poseen una superficie glaciar significativa de aquellas que no las poseen:

1. Como las superficies glaciares y no glaciares tienen comportamientos hidrológicos extremadamente distintos, los procesos y regímenes hidrológicos en ambos tipos de cuencas son también muy diferentes.
2. Las dinámicas hidrológicas y glaciológicas ocurren simultáneamente, pero en diferentes periodos de tiempo.

Cabe señalar que el balance hidrológico de una cuenca con un fuerte componente glaciar se analiza en periodos de tiempo relativamente largos, que van desde mensual a interanual.



Figura 2. Vistas de una estación SAMA

## El sistema de observación de glaciares en los Andes Centrales

A pesar de que varios tipos de observaciones de glaciares en los Andes Centrales se llevaron a cabo con anterioridad, recién a principios de la década de los noventa se empezó a desarrollar una red integrada de monitoreo en el área andina.

Este sistema se desarrolló en varias etapas. Empezó en 1991 en Bolivia, con la observación de los glaciares Zongo y Chacaltaya; y continuó en 1994 en el Ecuador, con la observación de los glaciares Antiza-

na 15 y Carihuairazo. Se extendió finalmente al Perú en los años 1998-2000, que ya tenía informaciones sobre varios glaciares, en particular en la Cordillera Blanca.

En el Mapa 1 se presenta la ubicación de los glaciares más monitoreados de los Andes Centrales en la actualidad. Otros glaciares que también son monitoreados permanentemente son los de los nevados Santa Isabel (Parque Los Nevados, Colombia) y Cajap (Cordillera Blanca, Perú).

## Balance hidrológico

La ecuación del balance hidrológico para una cuenca vertiente en un periodo de tiempo determinado resulta ser la traducción de la ecuación de conservación:

$$P + V = D + E + (V_2 - V_1)$$

Donde P son las precipitaciones líquidas y sólidas; V el almacenamiento de agua (agua de superficie, subterránea, humedad del suelo, nieve, hielo, etc.); D el escurrimiento que sale de la cuenca (superficial y subterráneo); E la evaporación (incluye la sublimación de la nieve y hielo y la evapotranspiración de la cobertura vegetal); y  $V_2 - V_1$  los estados de almacenamiento al final del paso de tiempo del balance. Cabe mencionar que los componentes del balance hídrico se expresan usualmente en volúmenes ( $m^3$ ) o en altura de agua (mm), si los relacionamos con la superficie S de la cuenca.

Esta ecuación nos dice que la diferencia entre la cantidad de agua entrante y saliente de una cuenca durante un periodo determinado es igual a la variación del volumen ( $V$ ) de agua almacenada por el sistema durante dicho periodo:

$$V = P - E - D$$

La diferencia ( $P - D$ ) es también llamada déficit de escurrimiento. En el caso de una cuenca hidrológica sencilla, relativamente impermeable, sin glaciares ni aguas subterráneas, podemos considerar que  $V$  es cero. En este caso, la ecuación se convertiría en  $E = P - D$ , lo que quiere decir que para este tipo de cuencas el déficit es más o menos equivalente a la evaporación de la cuenca (incluyendo sublimación y evapotranspiración) y que las variaciones del almacenamiento son mínimas.

Para que esta formulación pueda aplicarse a las cuencas con superficie glaciaria considerable, la acumulación debería ser igual, en promedio, que la ablación ocurrida por deshielo y sublimación. Sin embargo, en un contexto de cambio climático, la cantidad de agua almacenada en los glaciares que es restituida a la cuenca es mucho mayor que la que se acumula por precipitación. En este caso,  $V$  ya no sería despreciable y corresponde al volumen de derretimiento F correspondiente al volumen de hielo perdido o ganado por el glaciar:

$$F = P - E - D$$

Lamentablemente, no es posible medir con exactitud ni el nivel de precipitaciones (P) ni el de evaporación (E). Estas variables son estimadas para un periodo determinado como la cantidad de nieve y de hielo acumulada ( $P - E$ ) en la zona de acumulación o desaparecida en la zona de ablación ( $P - E - F$ ).

La comparación de  $P - E$ , con D es muy instructiva:

Si  $P - E > D$ , eso quiere decir que los glaciares aumentan en volumen y avanzan.

Si  $P - E < D$ , eso traduce en lo contrario a desglaciación y retroceso de los glaciares.

En la Tabla 1 se precisan los glaciares sobre los cuales se realizan mediciones periódica y permanentemente. Nótese que las series de datos completos más

largas provienen de Bolivia (Zongo y Chacaltaya, desde 1991); seguidos por las del Antizana 15, desde 1994. El monitoreo de los demás glaciares se ini-



Mapa 1. Glaciares monitoreados en los Andes Centrales con el apoyo de IRD

Los triángulos negros corresponden a nevados donde el IRD participó en la extracción de testigos de hielo por perforaciones profundas

Glaciares	Bm	Bh	Topo in situ	Rest foto	Be	Meteo (T, P)
Zongo 16°S (*)	+	+	+	+	+	+
Chacaltaya 16°S (*)	+	+	+	+		+
Charquini S 16°S (*)	+	+	+	+		+
Charquini N 16°S (*)	+			+		
Sullcón 12°S (**)	+	+				+
Yanamarey 10°S (**)	+	+	+	+		+
Uruasraju 10°S (***)	+	+	+	+		+
Artesonraju 9°S (**)	+	+	+		+	+
Carihuairazo 1°S (4*)	+		+			
Antizana 15 0°28S (5*)	+	+	+	+	+	+
Antizana 12 Los Crespos 0°28S (5*)	+	+	+		+	+

<b>Leyenda:</b>	Bm	Balance de masa con pozos y balizas	(*)	IRD-IHH-COBEE-SENAMHI
	Bh	Balance hidrológico con pluviómetros y limnigrafos	(**)	IRD-INRENA
	Topo in situ	Topografía de terreno	(***)	INRENA
	Rest Foto	Restitución fotogramétrica (un modelo para un periodo de varios años)	(4*)	IRD-INAMHI
	Be	Balance de energía a partir de estaciones completas (sobre el glaciar o al lado)	(5*)	IRD-INAMHI-EMAAP-Q
	Meteo (T,P)	Mediciones meteorológicas básicas (temperatura y pluviometría)		

Tabla 1. Glaciares del área andina monitoreados permanentemente y métodos utilizados

ció después del año 2000, aunque ya se habían hecho mediciones parciales de algunos glaciares de la Cordillera Blanca.

Cabe mencionar que la red de monitoreo de estos glaciares forma parte de una red de observación más extensa. En la Tabla 2 se puede observar la lista de

los glaciares monitoreados actualmente en los Andes y México por diversas instituciones que en el año 2004 decidieron formar un grupo de interés científico y técnico, con apoyo del programa hidrológico de la UNESCO y otras instituciones.

País	Glaciar	Región	Método	Inicio	Institución
México	Orizaba	Faja Volcanica	GL	-	UNAM
	Iztaccihuatl	Sierra Nevada	GL	-	UNAM
Colombia	Santa Isabel	Cord Central	GL	2005	INGEOMINAS, IDEAM
Ecuador	Antizana 15	Cord Oriental	GL + H	1994	INAMHI, IRD, EMAAP-Q
	Los Crespos		GL + H	2002	INAMHI, IRD, EMAAP-Q
	Carihuayrazo	Cord. Occidental	GL	2000	INAMHI, IRD
	Cotopaxi	Cord. Central	GE	2004	UD, INAMHI, IRD
Perú	Yanamarey	Cord. Blanca	GL + H	1980	UGRH-INRENA, IRD
	Artesonraju		GL + H	2000	UGRH-INRENA, IRD
	Uruashraju		GL	1980	UGRH-INRENA, IRD
	Shallap		GL	2002	UGRH-INRENA, IRD
	Shullcon	Cord. Central	GL + H	2002	UGRH-INRENA, IRD
Bolivia	Zongo	Cord. Real	GL + H + GE	1991	IRD, IHH
	Charquini Sur		GL + H + GE	2002	IRD, IHH
	Chacaltaya		GL + H + GE	1991	IRD, IHH
	Charquini N.		GL	2004	IRD, IHH
Argentina	Piloto Este	Andes Centrales	GL	1978	IANIGLA
	Horcones Sup.		GL	2000	IANIGLA
	Perito Moreno	Campo de H,P,S	Perfil	1990	IAA
	Vinciguerra	Tierra del Fuego	GL + H	2003	CADIC, DRH, IAA
	Martial Este	Tierra del Fuego	GL	2000	CADIC, DRH, IAA
	Bahia Del Diablo	Península Antártica	GL	1998	IAA
Chile	Tapado	Norte Chico GL		1998	CEAZA, CAZALAC
	Echaurren	Chile Central	GL	1975	DGA
	Mocho	Reg. de Los Lagos	GL + GE	2003	CECS
	Nef	Campo de Hielo N	H	2005	IRD, DGA, CECS
	Chico	Campo de Hielo S	GL + GE	1994	CECS, Uch
	Tyndall		GL	1985	UMAG/ CEQUA
	Lengua	Gran Campo Nevado	GL	1999	PGCN
	Patriot Hills	Antártica	GL + GE	1995	CECS

**Leyenda:** GL Balance de masa glaciológico.  
 H Mediciones hidrológicas.  
 GE Prospección geofísica para la determinación de los espesores de hielo.

Tabla 2. Glaciares monitoreados en los Andes y México  
 fuente: Grupo de Trabajo en Nieves y Hielos (GTNH)



# **Cambio Climático y retroceso de los glaciares en la zona Andina: Consecuencias para la Gestión de los Recursos Hídricos**

---

**InWent**

El presente documento, es producto de la reflexión efectuada durante el evento realizado en Quito, Ecuador (Oct/ 2006) sobre "Cambio Climático y Retroceso de Glaciares en América Latina: Consecuencias para los Recursos Hídricos", organizado por InWent y el Ministerio Federal de Cooperación y Desarrollo de Alemania.

## Resumen

*Los glaciares de la zona andina desempeñan un papel clave en el sistema hidrológico, tanto como amortiguadores de los efectos de los fenómenos naturales ocasionados, como por constituir reservorios y fuente de agua dulce. El deshiele ocasionado por el cambio climático está ocasionando impactos, los mismos que se agravarán, afectando a poblaciones en particular, aquellas que viven en condiciones de pobreza, en altas montañas. En las regiones donde además una disminución de las precipitaciones por aumento de la temperatura, el problema generará situaciones extremas, con sequías y eventos lluviosos intensos, inundaciones y deslaves. Algunos de los impactos sociales y económicos del deshiele se manifestarán en el conjunto de actividades económicas, la producción de energía hidroeléctrica, los ecosistemas naturales y el aprovisionamiento de agua para consumo, cuyo costo se incrementará, afectando a los grupos económicamente más débiles. También se experimentará un desplazamiento de las tierras agrícolas, y de las poblaciones a las ciudades.*

El 90% de los glaciares andinos se encuentran en zonas con pronunciadas sequías y el 10% en regiones húmedas tropicales. El cambio climático se pronuncia en estas regiones, afectando la distribución anual del escurrimiento con diferencias marcadas entre la estación seca y húmeda e incrementando la variedad interanual, -como el escurrimiento anual- con mayor correlación por las precipitaciones.

En aquellas regiones donde adicionalmente al incremento de temperatura se verifica una disminución de las precipitaciones el problema se agravará más aún. Existe alta probabilidad de generarse situaciones extremas, con sequías muy prolongadas y eventos lluviosos intensos y con capacidad de producir impactantes daños tales como inundaciones, deslaves, lahares, etc.

El calentamiento continuo del hábitat de montaña implica la modificación de ecosistemas y sus respectivos servicios ambientales, así de como sistemas naturales de aprovisionamiento de agua, humedales y páramos, importantes reservorios naturales de agua dulce, cambios que pueden liberar el carbono acumulado y retroalimentar el calentamiento global. La tendencia del calentamiento coincide también con el aumento del punto de rocío, presión de vapor en la humedad atmosférica, como el aumento en la tasa de evaporación, lo que significa el agravamiento por la

falta de agua. Otro cambio que se pronuncia es la tasa de escorrentías, con crecidas en latitudes altas y disminución en latitudes medias.

La pérdida de hábitats ocasionará el desplazamiento de fauna y flora poniendo en riesgo la existencia de numerosas especies y ocasionando cambios en la composición y distribución geográfica, así por ejemplo los bosques estarán afectados en su vitalidad por el escures climático, insectos y otras plagas.

La subida de las temperaturas amplía la zona de influencia de vectores y plagas como su capacidad de adaptarse a temperaturas más frías, posibilitando la llegada a regiones ecológicas elevadas. Otra característica cambiante es el ritmo de crecimiento por ciclo vegetativo.

Los glaciares constituyen todavía un ente regulador de los caudales; sus escurrimientos están compuestos por agua fósil, un recurso no renovable. Su reducción acelerada, notoria por el aumento de los caudales y un brusco decrecimiento de los mismos. A futuro está supeditado a la influencia del progreso del cambio climático, como la variabilidad de la temperatura, las precipitaciones, la ubicación geográfica de las regiones; las zonas secas de aquéllas se ven afectadas con mayor intensidad.

Los glaciares y especialmente los tropicales, son excelentes indicadores de la evolución del clima; son ecosistemas vulnerables y constituyen las reservas sólidas de agua dulce. Este recurso hídrico es utilizado en el consumo, agricultura, hidroelectricidad, actividad minera y proyectos agroindustriales, juega un rol importante en el desarrollo socioeconómico de las poblaciones y una reducción en su disponibilidad generará una crisis en los suministros y calidad.

El aumento temporal del caudal provocada por el deshielo podría, en algunas situaciones, podría, si se adopta mecanismos adecuados, permitir el crecimiento de la superficie agrícola. Situación seductora desde luego, porque para muchos otros sistemas naturales los efectos negativos son devastadores, con riesgos de inundaciones, sobre todo si la temperatura supera ciertos valores, aumentará la sequía y la desertización.

En síntesis, los glaciares de la zona andina, desempeñan un papel clave en el sistema hidrológico; junto con los páramos tienen la función de amortiguadores que contribuyen a mitigar fluctuaciones naturales, estacionales y otras por ejemplo, debido al fenómeno de El Niño.

### Impactos económicos

Los glaciares andinos tienen una gran importancia económica. Sus aguas de deshielo suministran agua potable a las principales capitales y ciudades andinas y generan energía hidroeléctrica para las regiones urbanas y rurales. En el mismo sentido, es muy significativo el riesgo de la parte del Pacífico, especialmente la zona árida, donde se encuentran grandes centros agroindustriales. La particularidad e importancia de los glaciares para gran parte de los habitantes de la región andina es de ser los gigantescos reservorios de agua que definen la variabilidad climática de la zona y las actividades.

Las comunidades que dependen de los suministros de agua provenientes de los glaciares, están en estrecha relación con las actividades económicas y las necesi-

dades vitales de la población. La disminución se reflejará en la reducción energética de las plantas hidroeléctricas, así como la reducción en la disponibilidad de agua para actividades agrícolas y el consumo humano.

La disminución de los recursos hídricos elevarán los costos en la captación y el tratamiento del agua, elevando la tarifa de consumo y disminuyendo las posibilidades de ampliar la cobertura a otras regiones marginales. Un encarecimiento de los servicios afecta el alcance de las capas más pobres de la sociedad y esta tendencia a futuro podría volver el recurso más costoso que el combustible.

El mundo empresarial, luego de conocer las conclusiones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de Naciones Unidas en 2006, viene estudiando los nuevos retos y oportunidades que se presentan, en particular frente al desafío socioeconómico que enfrentan nuestros países. Este sector no espera sorpresas y elevarán los precios de sus productos antes que suban las temperaturas y desaparezcan los glaciares.

La poca disponibilidad de agua para la producción agraria afectará el nivel de producción, especialmente aquella que requiere flujo constante de agua tales como los cultivos agroindustriales y hortalizas de consumo cotidiano. Esta situación obligará a recurrir a la explotación de aguas subterráneas, o al uso de nuevas tecnologías y cambio en los patrones de cultivo. Todas estas nuevas actividades están relacionadas con la capacidad económica y tecnológica, y también se manifestarán en los costos de producción y la oferta.

Diferentes culturas andinas en zonas altas han manejado los ecosistemas de forma sostenible; allí, el déficit hídrico ocasionaría la ampliación altitudinal de la frontera agrícola (agricultura extensiva y pastoreo) y la conversión de humedales a usos agrícolas; imposición de esquemas de desarrollo agrícola y de cría de ganado doméstico que no tienen en cuenta las limitaciones ecológicas del ambiente.

En esta perspectiva, teniendo en cuenta la presión poblacional y la expansión altitudinal de la frontera agrícola, es importante promover diálogos entre los conocimientos tradicionales y científicos enfocados a la conservación y uso sostenible de estos sistemas naturales estratégicos y frágiles. La cultura andina tiene muy importantes aportes que hacer a la conservación y desarrollo sostenible.

El impacto del deshielo y la falta de agua provocarán problemas al sector eléctrico. Así la producción hidroeléctrica disminuirá en cada periodo, debido a la baja de los caudales, disminuyendo la actividad económica en montos significativos.

El descenso se producirá en un contexto de aumento de la demanda por efecto del calentamiento global, situación que obliga a las empresas eléctricas a compensar la caída mediante tecnologías generadas con combustibles fósiles o alternativos, lo que supone costos que tienen que ser cubiertos por los usuarios. Empresas con poca competitividad, poco rentables no atraen inversión y sin inversión no hay crecimiento y no hay empleo.

### Impactos sociales

El análisis de impactos económicos permite cálculos o aproximaciones, pero el análisis de impactos sociales es más complejo y cualitativo. Un aspecto metodológico es la dificultad de la población, de atribuir cualquier impacto social exclusivamente al retroceso de los glaciares, tomando en cuenta tanto las múltiples causas directas tales como el calentamiento global como la evolución de los precios de los productos agrícolas.

Sin embargo, el principal impacto socioeconómico se da a través del recurso agua; la disminución del caudal y estacionalidad de su escurrimiento como efecto del retroceso de los glaciares. En otras palabras, la creciente presión sobre los recursos hídricos aumentará los conflictos entre usuarios y los intereses económicos. Por ejemplo, la construcción de nuevas

represas de agua potable para la generación hidroeléctrica para las urbes, puede reducir la disponibilidad de agua para el sector rural de montaña. Conflictos locales e interregionales pueden originarse también dentro del sector agrario, por ejemplo entre las zonas altas y las más bajas y las cuencas.

Los cambios en los regímenes hidrológicos probablemente desplazarán las áreas de producción de cultivo a zonas alto andinas, modificando los patrones de producción, de alimentación y de asentamientos humanos. Esto significaría la expansión de la agricultura hacia las cimas de las montañas, con consecuencias negativas para el consumo humano, la agricultura, la biodiversidad, los ecosistemas, procesos productivos industriales, la generación hidroeléctrica y su calidad. Estos fenómenos implican, según las características locales, cambios en los patrones de los asentamientos locales y un acelerado despoblamiento.

El acelerado despoblamiento implica un aumento de la migración hacia las ciudades y cambios en el uso de la tierra. En aspectos generales, son los impactos menos discutidos y se registran especialmente en zonas alejadas, menos pobladas, generalmente entre agricultores pobres y comunidades indígenas que cultivan papas y otros tubérculos en zonas altas. Como segundo elemento, en términos de impactos sociales, podemos citar el aumento de inundaciones, deslaves, lahares, etc. y la explosión de lagunas glaciares. Este riesgo se presenta sobre todo en las cordilleras con glaciares en Ecuador y Perú, y específicamente en Ecuador por el volcán Cotopaxi.

Otro elemento a señalar en la dimensión cultural afectada por el retroceso glaciar, es la característica visual y paisajística de montaña, portadora de los glaciares milenarios, que súbitamente tienden a perder su cubierta, como ha sucedido en el volcán Cotacachi en el Ecuador. En pocos años el glaciar Chacaltaya en La Paz, Bolivia correrá esa misma suerte. Se trata de la pista de esquí más alta del mundo y atracti-

vo turístico muy importante por las ofertas recreativas y generadoras de fuentes de trabajo.

Las políticas públicas de prevención y mitigación de desastres naturales gubernamentales todavía no cuentan con planes de mitigación para evitar efectos negativos del retroceso de los glaciares, como efecto del cambio climático. Con una alta probabilidad, los efectos se sentirán con mayor fuerza a nivel local, lo que significa que también las autoridades municipales tendrán que jugar un rol fundamental. Habrá que buscar formas para dar mayor protagonismo a los afectados, comunidades rurales campesinas e indígenas, tanto en la discusión como en la elaboración de propuestas.

Para llevar a cabo la discusión sobre los impactos, así como las futuras acciones necesarias y pertinentes, es importante poder identificar elementos clave para la formulación de estrategias de mitigación y adaptación a nivel de cada país, que permitan minimizar los impactos del deshielo de los glaciares, en especial sobre las poblaciones más vulnerables. La región Andina, dada la fragilidad y vulnerabilidad de su población y ecosistemas, enfrentará altos riesgos como efecto del acelerado deshielo de sus glaciares, y paradójicamente al igual que en otras regiones pobres del mundo, sufrirá con mayor fuerza los efectos del cambio climático, a pesar de tener una reducida participación en la producción mundial de gases de efecto invernadero.

El calentamiento global aumenta también el riesgo para la salud, influyendo directamente en la expansión de enfermedades como el dengue al alterar la frecuencia de las lluvias o a través de los eventos de frío y calor extremo respectivamente, causando muertes. La situación de pobreza y la falta de conocimiento, para defenderse de enfermedades epidemiológicas, hacen que muchas enfermedades se propaguen como el dengue, la malaria, la fiebre amarilla y el tétanos. Existe la necesidad de desinfectar zonas más vulnerables y prepararse para otros males asocia-

dos con las inundaciones y sequías, evitando la reproducción de poblaciones de patógenos, los que aumentan las posibilidades de contaminación de alimentos y fuentes de agua.



# Adaptación al cambio climático: Experiencia en América Latina

---

Tamara Levine, Carla Encinas\*

\* Tamara Levine es Oficial de Programa, equipo agricultura, especialista en cambio climático.

[tamara.levine@intercooperation.ch](mailto:tamara.levine@intercooperation.ch)

Carla Encinas es Oficial de Programa, delegación Andes, especialista en cambio climático.

[cencinas@intercooperation.org.pe](mailto:cencinas@intercooperation.org.pe)

Fundación Suiza para el Desarrollo y Cooperación Internacional.

Este artículo fue presentado originalmente en la Revista Ambiente y Desarrollo 23 (2): 41 - 47, Santiago de Chile, 2007.

## Resumen

*El artículo señala la inminencia del cambio climático de donde se deduce que tenemos que acostumbrarnos a convivir con este fenómeno y adaptarnos. En esta dirección destaca el desarrollo de mayores capacidades locales en los países; de igual manera, se requiere coordinar esfuerzos de adaptación, en particular en las comunidades más vulnerables; paralelamente, la implementación de estrategias de adaptación para reducir vulnerabilidades, superando en esta tarea, el accionar centralizado y tomando en cuenta las especificidades locales. Las condiciones para facilitar la adaptación a nivel nacional, a nivel de empresa y de las comunidades locales, existen pero habrá que buscar una estrecha coordinación para implementar la adaptación en comunidades más vulnerables. El conocimiento de fortalezas y debilidades de tales comunidades permitirá traducirlas en planes de acción, y garantizar que los alcances de los recursos de la comunidad internacional sean mayores que los actuales.*

*Se propone medidas prácticas de adaptación al cambio climático a nivel nacional y local, y se describe las experiencias de adaptación en Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia.*

## Introducción

El cambio climático ha captado la atención pública y ocupa actualmente el primer lugar en la agenda política internacional. Desde que Al Gore y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su nombre en inglés) aceptaran en forma conjunta el Premio Nobel de la Paz en octubre de 2007, el tema ha tenido una cobertura sin precedentes en los medios de prensa de todo el mundo. Se ha convertido en tema de debate en casi todos los foros internacionales, incluyendo el Foro Económico Mundial de Davos y el Foro de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). Es objeto de conferencias, seminarios y foros en países de todos los continentes y comienza a movilizar a las sociedades como ningún otro tema lo había logrado. En este sentido, es emblemática la convocatoria a millones de personas de diferentes países a apagar las luces durante una hora, en lo que se conoce como la “Hora del Planeta” (“Earth Hour”). Y esto es solo el comienzo.

No obstante, la toma de conciencia pública y la ejecución de acciones para enfrentar el cambio climático son dos cosas muy diferentes. Los acuerdos internacionales no son suficientes sin acciones locales concretas que reduzcan la vulnerabilidad de las personas,

especialmente los pobres, que son los más seriamente afectados por los impactos. El Protocolo de Kyoto y los acuerdos con metas posteriores al año 2012 tendrán poca repercusión a menos que dispongan de recursos y experiencias para impulsar acciones locales, como por ejemplo: (i) fondos para encontrar fuentes de agua confiables que permitan a Perú enfrentar el retroceso de sus glaciares; (ii) apoyo a acciones en las comunidades costeras en Colombia que permitan protegerlas de las inundaciones devastadoras provocadas por el fenómeno de La Niña; y (iii) ayuda a los campesinos de la región noreste de Brasil para hacer frente a la sequía.

El cambio climático requerirá además de nuevas dimensiones de cooperación entre las naciones y los pueblos y, sobre todo, una nueva base para crear relaciones entre “ricos y pobres” tanto dentro de las naciones como entre estas. Es el momento para que el financiamiento internacional y nacional de políticas, planes, y programas de mitigación y adaptación al cambio climático se traduzca en resultados concretos evaluables. De lo contrario no se podrá sostener la imprescindible contraparte que es la motivación espontánea de los pueblos en acciones de mitigación y adaptación.

## **El cambio climático y la democracia a nivel global, nacional y local**

### *Nivel local*

Como señala Amartya Sen (2001), la capacitación a nivel local debe tomar en cuenta lo que valoran las comunidades locales y la razón de por qué lo valoran. Hay demasiadas experiencias en América Latina en políticas habitacionales, de salud, educación, desastres de origen natural, entre otras, que terminan castigando su calidad de vida, por culpa de medidas cuyas evaluaciones premian cantidad en vez de calidad. Los pobres son los más desprotegidos y por tanto los que más sufren cuando ocurre un desastre y no pocas veces les ha tocado soportar, encima de todo, ayudas externas inadecuadas, inoportunas o mal administradas. Con el cambio climático, los costos pueden ser muy grandes para el bienestar de las comunidades de por sí vulnerables, por lo que a los responsables en el gobierno les será cada vez más difícil librarse del costo político de su mala gestión. Para ello basta con recordar el caso de Katrina en New Orleans en el 2005 o las inundaciones en la costa norte de Perú y Ecuador en 2008.

En efecto, el cambio climático hará más frecuentes, intensos y, a menudo, imprevisibles los eventos climáticos extremos y requerirá desarrollar nuevas capacidades en el nivel local, pero no empezando desde cero, sino construyendo sobre las ya existentes y probadas a ese nivel. En especial, será necesario dejar atrás el afán de centralización y sectorialización de los programas que no dan cuenta de las diversidades entre localidades en todo orden: ecosistémicas, culturales, base económica, geografía, clima, entre otras.

### *Nivel nacional*

Es a nivel nacional desde donde mayormente se manejan y priorizan los programas a financiar a través de diversos mecanismos y las nuevas herramientas que van apareciendo para este fin. Como veremos más adelante, en estas negociaciones los organismos internacionales cuentan con que los países representados por sus gobiernos honren sus compromisos declarados con la democracia. Tanto en la participa-

ción de las organizaciones de base así como en los acuerdos sobre metas y programas de asistencia técnica internacional y en su aplicación en terreno y evaluación. A continuación presentamos algunas oportunidades tanto para el sector público como para el privado.

Con respecto al sector público, la multiplicación de Tratados de Libre Comercio entre países ricos y pobres ha dado preferencia a los países en desarrollo con democracias más avanzadas. Los acuerdos explícitan el compromiso de los países por el desarrollo sustentable a través del cumplimiento de sus propias normas en el entendido de que son aceptadas y difundidas en el conjunto de la sociedad y en particular entre los más pobres. La experiencia mundial ha reconocido que mientras más avanzado están los países y sus comunidades en el compromiso con el desarrollo sustentable, en mejor posición se encuentran para abordar el cambio climático y que más grande es la motivación por participar.

Respecto al sector privado nos referimos a las exigencias internacionales a través de los mercados a países exportadores en desarrollo que se han traducido en la adopción de estos últimos de (i) tecnologías de producción limpia y gestión de manejo sustentable de recursos naturales, así como de (ii) nuevas formas de relación de las empresas con las comunidades locales, genéricamente identificadas como responsabilidad social de la empresa (RSE). Cada vez toman más importancia estas iniciativas, comenzando por las empresas exportadoras y mayoritariamente orientadas a recursos naturales, que son las principales vías de transferencias tecnológica y de gestión y a la vez las primeras en readecuar sus relaciones con las comunidades locales, en línea con la responsabilidad social empresarial.

La demanda de la sociedad civil por calidad de vida y los cambios en la producción orientados al desarrollo sustentable que esta ha impulsado, han contribuido a un acercamiento entre las comunidades locales y las empresas, y por esa vía se ha abierto una oportunidad real para enfrentar el cambio climático. El Estado es insustituible en lograr este consenso, como han demostrado las investigaciones respecto a la redefini-

ción del rol del Estado en economías de mercado insertas en institucionalidades democráticas. A nivel nacional, la coordinación entre nivel local-nacional-internacional y entre el sector público y privado es decisiva. Especialmente, si tomamos en cuenta que muchas veces los recursos entregados por organismos internacionales para actuar de forma local, terminan diluyéndose en la burocracia, como analizaremos más adelante.

Pero el cambio climático presenta nuevos riesgos y mayores desafíos para lo que entendemos como desarrollo sustentable, tales como períodos de sequías más largos, mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor, la aceleración del retroceso de los glaciares, un clima cada vez más riguroso y el aumento en intensidad y frecuencia de los fenómenos de El Niño y La Niña y sus efectos. Impactos que requerirán respuestas de adaptación tales como inversiones en protección para tormentas y en infraestructura para el suministro de agua, así como en servicios de salud comunitarios. Las medidas de adaptación esenciales para reducir dicha vulnerabilidad raras veces se toman únicamente como respuesta al cambio climático, por lo que pueden ser integradas a medidas típicas de un desarrollo sustentable, como, por ejemplo, a la gestión de los recursos hídricos, las defensas costeras y a las estrategias de reducción de riesgos. Latinoamérica necesita coordinar un esfuerzo mucho más proactivo para implementar medidas de adaptación en las comunidades más vulnerables. Cada comunidad y región debe definir los tipos de acción más importantes para adaptarse a un clima que cambia.

### *Nivel global*

Si bien este artículo se centra en los esfuerzos de adaptación del cambio climático a nivel local, bien sabemos que los cambios a este nivel tienen límites muy estrechos sin aperturas en los procesos a niveles nacionales y globales. El cambio climático ya ha sido referido como una oportunidad de cambio en la interacción humana con el resto de la naturaleza. No es casualidad que el rol de liderazgo jugado a nivel global por el IPCC es, en sus propias palabras, coincidente con el aumento espectacular de democracias a fines de siglo XX (Weart, 2007). Las decisiones del

IPCC se toman por consensos negociados en un espíritu de igualdad, acuerdo mutuo y compromiso con procedimientos comunitarios. “La democratización de la política internacional fue el cimiento escasamente observado sobre el que se asentaron el IPCC y otras organizaciones homólogas” (Weart, 2007). Consistente con la cultura progresista del IPCC, fue el llamado que el Panel hiciera junto al Secretario General de Naciones Unidas en diciembre de 2007 a los gobiernos a abrir las puertas a iniciativas de adaptación y mitigación de sus pueblos. No está ausente del IPCC el largo historial de adaptación a los impactos de la variabilidad climática, desde las comunidades costeras de Ecuador, Perú y Colombia que debieron enfrentar los devastadores impactos del Niño y la Niña, hasta las comunidades del desierto de Atacama, donde recién en 1972 se registraron lluvias después de 400 años de sequía. Aun cuando se requiere todavía mucha más investigación en la Región para poder dar un panorama más comprensivo de los impactos y opciones ante el cambio climático. La ola democrática en América Latina a partir de los 80 despejó el paisaje de las ONGs que nacieron y se multiplicaron en resistencia a regímenes militares, y posteriormente reorientadas en democracia, a acciones por el desarrollo sustentable participativo.

En suma, el cambio climático requiere desarrollar nuevas capacidades que permitan implementar estrategias de adaptación efectivas, particularmente de los más vulnerables. En este contexto, se requiere ser proactivos en la prevención de riesgos y potenciar el trabajo a nivel local. También es necesario conocer las fortalezas y debilidades de las comunidades de modo tal de traducir esto en planes de acción y plantear estrategias nacionales que permitan la permeabilización de los recursos entregados por los donantes, asegurando que sus alcances en las comunidades locales sean mucho mayores que los actuales y que no se queden entrapados en la burocracia local. Asimismo, es necesario definir nuevos roles, por ejemplo, de las empresas, como parte de su responsabilidad social, y del Estado, como ente ordenador de la integración entre los niveles nacional y local y entre el sector público y privado.

Latinoamérica, al igual que otras regiones con países en desarrollo, es altamente vulnerable a los efectos que ya está produciendo el cambio climático. Sus limitaciones en mecanismos de respuesta y prevención la dejan expuesta a sufrir grandes impactos en sus comunidades causados por los cambios en las condiciones climáticas y la producción de eventos catastróficos. Claramente, quienes más se resienten en situaciones de este tipo son las comunidades más pobres, así como las naciones más pobres. Es por esto que es necesario desarrollar planes de adaptación al cambio climático, el cual es inminente y con el que tendremos que aprender a convivir. El cambio climático ha puesto a prueba la capacidad de cooperación interna entre actores sociales de un país para enfrentar impactos a los cuales nadie escapa. Ya no solo la calidad de vida de los más pobres está en juego, sino la vida misma de ricos y pobres.

En la siguiente sección de este artículo presentamos una metodología aplicable a distintas situaciones (globales, locales) y herramientas existentes para enfrentar y adaptarse al cambio climático.

### **Medidas prácticas de adaptación al cambio climático a nivel nacional y local**

El proceso de adaptación puede ser implementado en cualquier país o comunidad y consta de tres pasos:

1. Identificación y evaluación de los impactos y vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos
2. Construcción de capacidades
3. Medidas de adaptación

Al centro de todo esto, a nivel nacional, debe existir una política intersectorial que conecte los aportes de las negociaciones internacionales con los programas de adaptación definidos en el ámbito nacional y local. Asimismo, se debe trabajar para asegurar que el cambio climático sea incluido en las políticas nacionales sectoriales, tales como agua, minería y energía, y además, traducir estas políticas a proyectos y acciones en el nivel local.

### ***Identificación y evaluación de los impactos y de la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos***

En Latinoamérica se observa el impacto del cambio climático en la creciente intensidad y frecuencia de los huracanes en el Caribe, en los cambios de los patrones pluviales, en el aumento de los niveles de agua en los ríos de Argentina y Brasil y en el retroceso de los glaciares en el extremo sur de la Patagonia y en la cordillera de los Andes, entre otros. Pero no solo debemos considerar los impactos, sino también la vulnerabilidad, es decir, el grado en que un sistema es susceptible a, o capaz de, responder a los efectos adversos del cambio climático.

¿Por qué? Porque los países en desarrollo son varias veces más vulnerables por poseer limitados mecanismos de respuesta y prevención. Por ejemplo, en materia económica, ante algún evento climático adverso, la economía de un país en desarrollo se resiente más que la de un país desarrollado.

Debido a esta vulnerabilidad, es que necesitamos prepararnos para los eventos extremos (riesgos de desastres) que se puedan producir. Los impactos dependen de la fortaleza de la infraestructura, de la economía, la sociedad y el medio ambiente y es importante definir los riesgos en cada una de estas categorías, identificando fortalezas y debilidades. Es necesario tener claro también las diferencias entre la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático. Cuando hablamos de la primera nos referimos a fenómenos extremos como son los terremotos, tsunamis, desastres biológicos y nuestra capacidad para reaccionar ante alguno de ellos. La segunda, en tanto, se refiere a cambios graduales en temperatura, pluviosidad y otros, que son acompañados por eventos extremos como sequías, olas de frío o de calor y nuestra capacidad para convivir con estos cambios. Si bien estos dos conceptos están muy relacionados y se pueden desarrollar programas para ambos paralelamente o que sean complementarios, sin embargo es necesario destacar que no son lo mismo.

### Construcción de capacidades

Para reducir los impactos del cambio climático y asegurar el éxito de las estrategias de adaptación es necesario instalar capacidades en las personas y los gobiernos que deben desarrollar estas iniciativas. Ejemplos de esto son:

- Empoderamiento y mayor participación en la toma de decisiones de grupos sociales locales (en todas las etapas del programa o proyecto: diseño, implementación, monitoreo y evaluación)
- Comprender, prever y monitorear los impactos del cambio y la variabilidad climática
- Evaluar activos locales y residencia
- Desarrollo y uso de tecnología apropiada
- Sistematización y transferencia del conocimiento local

- Fortalecimiento de las instituciones encargadas de desarrollar las políticas para enfrentar el cambio climático y ejecutar proyectos en esa línea.

No es novedad que las personas a nivel local, regional y nacional deben estar incluidas en la planificación, implementación, monitoreo y evaluación de los cambios en el clima. Pero la creación de capacidad humana debe llegar a niveles que permita al menos, evaluar los impactos de la vulnerabilidad al cambio climático además de planificar y ejecutar acciones sobre este. Hay muchos factores que determinan la capacidad humana de un país: la economía, la equidad, el desarrollo tecnológico, la capacidad técnica, los recursos humanos, la infraestructura y el desarrollo institucional.

Por otro lado, también es necesario comprender la vulnerabilidad de los distintos sectores involucrados,

### Políticas, metodologías e instrumentos para facilitar la implementación

Existe una gran variedad de políticas, estudios, metodologías e instrumentos y es imposible ponerlas todas en relieve en este artículo. No obstante, destacaremos algunas que se aplican desde lo global a lo local. La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) cuenta con dos grupos de trabajo relacionados con el desarrollo y el cambio climático, uno sobre la Adaptación al Cambio Climático y el otro sobre Evaluación Ambiental Estratégica. El primer grupo ha descubierto que a pesar de existir muchos donantes y una gran sensibilización por el apoyo a nivel local, lo que realmente se está haciendo en este nivel es muy poco. Dicho en otras palabras, existe, por un lado, una demanda por recursos y ayuda por parte de las comunidades locales, y por el otro, una oferta de donantes interesada en apoyar a estas comunidades incluso más allá de lo que actualmente lo están haciendo. El problema es que la conexión entre estos dos ámbitos se ve interferida por: la burocracia, la falta de programas nacionales que coordinen al amparo de estrategias de largo plazo estas iniciativas y la falta de mecanismos de integración entre las agencias donantes y los actores estatales a nivel local (municipalidades y programas de gobierno, entre otros). Esto finalmente se traduce en que los recursos se terminan diluyendo y lo que realmente llega a destino es mucho menor de lo que podría. Es decir, estamos desperdiciando una oportunidad. El segundo grupo de trabajo intenta proponer un enfoque estructurado de estrategias de adaptación, políticas y medidas para asegurar el desarrollo sustentable y dar respuestas a las preocupaciones ambientales globales.

Otras políticas y herramientas interesantes son la política de adaptación del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y la recientemente publicada guía de planificación para el desarrollo de la Agencia de Cooperación de Estados Unidos (USAID).

A nivel local vale la pena destacar el proyecto CRISTAL desarrollado conjuntamente por la Agencia Suiza de Cooperación para el Desarrollo, Intercooperation, el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD), la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN) y SEI. CRISTAL es una herramienta que permite ver la vulnerabilidad de una manera sistemática.

En un nivel un poco más alto existe ADAPT (Assessment and Design for Adaptation to Climate Change), una herramienta diseñada por el Banco Mundial. Es un instrumento útil pero reactivo. Por su parte el Departamento de Desarrollo Internacional de Inglaterra (DFID-UK) está desarrollando un instrumento con características proactivas para administrar el riesgo, integrar la adaptación al cambio climático y concretar las oportunidades de reducir la vulnerabilidad. Esta herramienta es conocida como ORCHID (Opportunities and Risks from Climate Change and Disasters).

de modo de poder actuar efectivamente en lo local. Por ende, es importante que exista una coordinación interinstitucional, esto debido a que al haber diversidad de instituciones con competencias en la materia, tales como ministerios, secretarías y corporaciones, suelen surgir duplicaciones de políticas e incentivos contrarios a los objetivos, tan común en la Región. Para evitarlo, es necesario formular y financiar una “política interinstitucional” de adaptación al cambio climático y en este proceso es recomendable seguir los pasos que en el sentido indicado están dando la mayoría de los países con políticas de desarrollo sustentable.

### *Medidas de adaptación*

Hay muchos ejemplos de medidas de adaptación, por lo que solo mencionaremos algunas: promover buenas prácticas en el manejo de recursos naturales dirigidas a reducir la vulnerabilidad; adecuar, reubicar o mejorar el diseño de la infraestructura vulnerable; desarrollar redes de información temprana para prevenir pérdidas durante eventos extremos; mejorar las redes sociales de modo de fomentar la participación social; en casos extremos trasladar personas y poblaciones de zonas de alto riesgo a zona más seguras.

### **Algunos avances en materia de adaptación en América latina**

América Latina presenta avances significativos en adaptación en el último tiempo. A continuación se presentan brevemente algunas experiencias de países de la Región.

#### *Perú*

Desde el 2003 cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático, en la que el énfasis está puesto en la descentralización, por lo que cada uno de los gobiernos regionales está desarrollando sus propias estrategias. De este modo, depende de las prioridades de la región si el foco es puesto en mitigación y desarrollo de proyectos bajo el alero del Mecanismo de Desarrollo Limpio o en adaptación. Actualmente solo la región de Junín (Andes centrales del Perú) ha des-

arrollado una estrategia completa, la cual ha sido aprobada por un comité multisectorial y hace especial énfasis en la hidroelectricidad y seguridad alimentaria. Otras regiones en la que se está trabajando activamente son Piura, en donde se está desarrollando un programa de prevención de desastres y manejo de agua, y Cusco y Apurímac, en donde se está elaborando un plan para establecer las prioridades para desarrollar una estrategia de cambio climático durante el 2008. Estos esfuerzos se suman al proyecto de la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático y el Proyecto Regional Andino de Adaptación, financiado por el Banco Mundial y ejecutado también en Ecuador y Bolivia.

#### *Ecuador*

Ecuador se encuentra actualmente elaborando la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, la que estará lista a fines de marzo del 2009. También se está ejecutando en el país uno de los seis proyectos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM / GEF por su nombre en inglés) más grandes sobre cambio climático y adaptación. Este programa tiene un carácter piloto y se implementará en cuatro provincias, partiendo del diagnóstico y luego impulsando la implementación de medidas de adaptación.

#### *Bolivia*

Bolivia cuenta con un Programa Nacional de Cambio Climático (PNCC), inserto dentro del Ministerio de Planificación del Desarrollo, que está a cargo de iniciativas como la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional. Este programa está realizando además estudios sobre seguridad alimentaria e impactos sobre la salud del cambio climático. El PNCC inició el año 2004 un estudio sobre cambio climático, que se encuentra actualmente en su segunda fase y que tiene como objetivo principal estudiar la vulnerabilidad al cambio climático y la capacidad adaptativa de las comunidades locales, utilizando para este fin un enfoque participativo. La segunda fase de este proyecto trabajará a nivel de municipio en las zonas semiáridas de montaña.

## Colombia

Colombia inició un importante proyecto denominado “Piloto Nacional Integrado de Adaptación para Ecosistemas de Alta Montaña, islas del Caribe Colombiano y Salud Humana” (INAP), cofinanciado por la cooperación bilateral (Holanda y Japón, entre otros).

El INAP trabaja en la formulación de un programa específico de adaptación para contrastar los efectos del cambio climático, con énfasis en los impactos sobre la salud humana (dengue y malaria).

## Reflexiones finales

Existe un reconocimiento global de la urgente necesidad de mitigar y adaptarnos al cambio climático con el fin de proteger a la humanidad, principalmente a los más pobres y vulnerables. Acciones en esta línea requerirán de nuevas dimensiones de cooperación entre ricos y pobres, tanto dentro como entre naciones. Con este objetivo bien definido, la comunidad internacional se unió de manera sin precedentes para negociar y suscribir la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Si bien tanto

esta Convención como el Protocolo de Kyoto son instancias clave para acordar un nuevo pacto mundial que nos permita enfrentar el cambio climático, no son suficientes. Se requiere también de acciones locales concretas que reduzcan la vulnerabilidad de las personas, especialmente lo más pobres, que son los más afectados por los impactos de este fenómeno. Es por eso que el afianzamiento de los vínculos y mecanismos de retroalimentación a distintos niveles de operación –locales, regionales, nacionales e internacional– es muy importante.

Los países de América Latina cuentan actualmente con importantes experiencias prácticas en temas de adaptación y mitigación al cambio climático. Esto les ha permitido desarrollar sus capacidades para identificar la vulnerabilidad humana y natural, fortalecer sus capacidades adaptativas e implementar medidas concretas de adaptación. Esta experiencia práctica podría convertir a América Latina en una región líder en la lucha contra el cambio climático, capaz de crear activos programas para conectar actores locales, regionales y globales y articular las necesidades de cada país con los de la comunidad latinoamericana. Es el momento de que América Latina encabece el camino hacia un futuro sostenible.

---

## Referencias

- FAO (2005) Adaptation of forest ecosystems and the forest sector to climate change: Forests and Climate Change Working Paper N° 2, E. 87p.
- Gigli, S. and S. Agrawala (2007), Stocktaking of Progress on Integrating Adaptation to Climate Change into Development Co-operation Activities. COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2007)1/ FINAL, OECD, Paris.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2005), “Bridge Over Troubled Waters: Linking Climate Change and Development”, OECD, Paris.
- SDC (Swiss Agency for Development and Cooperation) (2005), “Addressing Climate Change through Development Co-operation: An Orientation on Climate Change Issues in the Field of Natural Resource Management, Livelihoods and Food Security”, Swiss Ministry of Foreign Affairs, Bern.
- Robledo, C., M. Fischler, y A. Patiño (2004). Increasing the Resilience of Hillside Communities in Bolivia: Has Vulnerability to Climate Change Been Reduced as a Result of Previous Sustainable Development Cooperation?, MRD Vol. 24 N° 1, febrero 2004: 14-18.
- Sen, Amartya (2000). Desarrollo y Libertad. Editorial Planeta.
- Guillermo Geisse (2006) Revista Ambiente y Desarrollo Vol. XXII N°1-2006, “Iniciativas e investigaciones para la conservación de la biodiversidad”, pág. 3.
- Spencer Weart, (2006), El Calentamiento Global. Pamplona: Editorial Laetoli.

---

Revista Virtual REDESMA

octubre 2008

Vol. 2(3)

# Building resilience of mountain communities to climate change

---

Asia-Pacific Mountain Network \*

\* Asia Pacific Mountain Network

<http://www.mtnforum.org/mem/join.cfm>

E-discusión

Mountain Forum – Asia Pacific Mountain Network

Celebrating 25 years of ICIMOD for mountains and people. 30 April – 14 May 2008.

## Summary

*Be it melting glaciers, rising sea levels, more virulent storms and floods, less snow, or more droughts, climate change is taking place around the globe, posing a great threat to nature and humanity in the 21st century.*

Adapting to the unpredictable effects associated with climate change is crucial to being able to deal with the unavoidable impacts, especially among vulnerable mountain communities which will be hit hardest. How can we help communities become more resilient to the consequences of climate change and contribute to building resilience for the next generations? It is the poor and most vulnerable who will suffer climate change's worst impacts. Building their resilience is the more sustainable response. Building resilience is about increasing the ability of social, economic, and ecological systems to withstand shocks and surprises and to revitalise if damaged. On a positive note, the process of adapting may create coping strategies not

just to climate change but also to sustainable development. Adaptation reinforces and builds resilience, which is the key to both long and short-term survival. While ecosystem management approaches are being promoted as a means of increasing ecological resilience, social resilience is about building the ability of communities or groups of people to adapt in the face of external social, political, and environmental stresses and disturbances. It is generally believed that an adaptive ecosystem management approach, combining adaptive management of both social and ecological systems, can improve the resilience of people and the environment and reduce vulnerability. Innovation, knowledge transfer and capacity building, and

Asia-Pacific Mountain Network (APMN) is a knowledge sharing platform connecting mountain regions and members through dialogue and networking. The network, which is hosted by the Integrated Knowledge Management group of the International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD), captures, enriches, and disseminates information on mountain development issues in and for the Asia-Pacific region. APMN acts as the Asia-Pacific node of Mountain Forum, a role it has played since 1996. The network is generously supported by a small grant from the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC).

An e-discussion on building resilience of mountain communities to climate change was held from 30 April to 14 May 2008 to mark World Environmental Day 2008. The discussion was also one of a series of events being organised to celebrate ICIMOD's Silver Jubilee year, 2008. The e-discussion was organised to generate knowledge on the state of resilience of mountain communities and the ecosystems upon which they rely to the impacts of climate change. The discussions focused on three thematic areas: 1) concept and methods of assessing impacts, vulnerability, and adaptation; 2) climate change adaptation experiences; and 3) limitations and barriers and desired policy responses.

investments are required to enhance the resilience of mountain communities in the Himalayas and to implement effective adaptation. Little is known about climate change impacts and adaptation experiences in mountain regions, however.

While many questions relating to climate change remain unanswered, perhaps because of the limited scientific knowledge base, interesting issues have emerged out of the e-discussions. This publication attempts to synthesize and group emerging issues and core messages that have come out of the discussions according to the three themes, although grouping the issues is not an easy task given their crosscutting nature.

### **Concepts and methods of assessing impacts, vulnerability, and adaptation**

Discussions on this theme attempted to address broad questions related to methodologies for assessing impacts, vulnerability, and adaptation. Some of the key questions included the following. How can climate change impacts be detected, anticipated, or estimated? Are existing frameworks for decision making relating to climate change conceptually sound and operationally practical? Do they capture and understand the factors underlying vulnerability and resilience? There have been efforts to identify and characterize climate change vulnerabilities and adaptation strategies to understand the state of resilience in mountain areas. The environmental, social, economic, cultural, institutional, and political forces that create or contribute to vulnerability need to be better understood in order to develop effective adaptation strategies. We need to understand how to assess climate change impacts, adaptation, adaptive capacity, and resilience, and how policy can provide support to

poor and vulnerable mountain communities. There is no appropriate holistic framework for addressing these issues at present.

While there is much anecdotal evidence of climate change, no comprehensive studies have yet been conducted on vulnerability and adaptation in the Asia-Pacific region. Studies on (a) perceptions and current knowledge, and (b) adaptive strategies at the household and community levels, as well as lessons learned, can provide the basis for concepts and methods of assessing climate change impacts, vulnerability, and adaptation. Exactly how vulnerable mountain communities in the Himalayan region are, is not well understood. The few examples of successful adaptation approaches and practices in the region are at best fragmented and need to be assembled into a coherent, understandable whole.

The discussions underscored the importance of ecological resilience and how it links closely with social resilience. As the degree of ecosystem resilience depends on the resilience of key species, the need to conserve species biodiversity is vital to any resilience-building effort. Climate change has triggered ecological processes including the loss of rare and vulnerable species and the expansion of invasive ones, affecting higher altitudes and the social and economic structure of mountain communities. There is evidence of a close relationship between apex predators (e.g., the snow leopard) and biodiversity, which may increase ecosystem resilience. However, as food security matters most, the challenge is to convince communities and other stakeholders that biodiversity and wildlife are equally important to their livelihoods and serve as a buffer to disturbances that will be felt as a result of climate change.

There was consensus on the need for conceptually sound and operationally practical methodologies for

assessing impacts, vulnerability, and progress towards building both social and ecological resilience. Methods of assessing vulnerability, impacts, and progress of efforts should be based on participatory documentation of realities on the ground, complemented by scientific monitoring. This will enhance our understanding of how climate change affects mountain people and their environment, will help reduce their vulnerability, and will increase social and ecological resilience. We must examine scientific capabilities and methodologies critically, and identify prone sites and the threshold limits of nature through detailed vulnerability mapping. These should provide the base for devising adaptation strategies for mountain areas. Congruent approaches and information sharing are necessary for effective response. Support institutions and the coping practices of indigenous communities also need to be recognized and better understood in devising interventions.

### **Climate change adaptation experiences**

Discussions on this theme aimed to generate knowledge on adaptation to climate change in mountain regions including successful and less successful practices, reactive and proactive approaches and strategies, and lessons learned. The following are the issues and recommended options emerging from the discussions.

#### ***Build upon existing resilience-enhancing practices and institutions***

Mountains have always been unpredictable, risky environments. Throughout history, mountain people have developed unique strategies to cope with the uncertainties and variability of climate and nature. Examples of coping practices include nomadic pas-

toralism, and multi-cropping and mixed farming systems, among others. However, recent changes in climate are different to those that mountain people have known and been prepared to cope with in the past. Furthermore, traditional adaptation measures have been weakened by development interventions, market processes, and demographic changes. Development interventions for mountain communities do not have the elements to address place-based climatic problems of recent vintage. Traditional adaptation practices, and support technologies and policy programmes need to be upgraded or augmented by new science, technology, institutions, and management tools through a proper understanding of social, political, economic, and environmental forces. Before imposing new ideas on mountain communities, it is essential to consider how best to assist mountain people to recognize and reinvigorate their own resilience-enhancing practices and institutions.

#### ***Better understand mountain communities' perceptions on climate change.***

Mountain communities are experiencing unusual climatic phenomena such as abrupt and untimely rainfall, longer and warmer winters, and less (or more) snowfall, among others. They associate climate change impacts with the invasion of exotic species in highland areas, decreased crop productivity, increased pest attacks, more incidence of soil erosion, landslides, and others, and modification in wildlife behavior. If local people's perceptions of and observations about climate change are real –and this should be validated or verified by scientific studies– we will need to formulate adaptation strategies in consultation with local people to prepare them for the impacts of climate change.

The impacts of global warming and climate change on the Himalayan region are serious. They range

from increased rate of glacial retreat, to desertification and unprecedented changes in rangeland ecology, which has made mountain people's lives more difficult. These conditions have been further aggravated by poverty and environmental problems; the mountain poor and women are the most vulnerable and often the hardest hit. Climate change impacts are multifaceted, affecting all sectors: agriculture, food security, water resources, energy infrastructure, ecosystem services, and human health, among others. For the vast majority of mountain people, climate change means increased risks of losing their homes and livelihoods, greater chances of disease, child malnutrition, less security, and sometimes even death. Hydropower, which depends on snow-fed rivers, is likely to be affected by the melting of glaciers. Climate change is also reducing the flow of many spring-fed rivers in the mid-hills – the main source of water for millions of people. We need to improve our understanding of the hydrological cycle of smaller spring-fed rivers to develop appropriate adaptation strategies. While there are many good soil and water conservation practices (for example, sanctuaries above springs natural resource management, diversified livelihoods options), these practices are often not upscaled to address the problem through proactive adaptation planning.

Issues of urbanization, migration, and the building of structures/and settlements in vulnerable areas along rivers, coastal flood zones, and susceptible geographical locations are putting people and property at greater risk. The Himalayan region has witnessed several catastrophic disasters in recent years. This clearly indicates a need to carefully design 'mountain cities' that can adapt to climate change.

### **Limits and barriers to adaptation and desired policy responses**

Discussions on this theme attempted to identify the limits and barriers (physical, ecological, technological, information-linked, and financial) to adaptation in both natural and human systems, and the desired policy responses. Uncertainty in climate change projections is a significant impediment to developing a long-term adaptation policy. Governments have a role to play in preparing communities to adapt to climate change through policy guidelines and economic and institutional support. Adaptation policy options and the necessary conditions for these options to be implemented and scaled up must be identified with the communities in a participatory manner. From the discussions, the major barriers and recommended policy actions are as follows.

#### ***Removing barriers to information***

Long-term climate data on the Himalayan region are lacking and most meteorological stations are located in the lowlands. Proxy sources like tree rings, ice cores, and pollen grains can be used to study long-term climate trends and can help in formulating appropriate adaptation and mitigation strategies. There is a need to assess climate change risks and vulnerabilities for mountain communities as well as the livelihood options open to mountain people. In order to build mountain people's resilience we must: 1) build information on what is happening on the ground and the local communities' responses, and 2) develop interventions to prevent, mitigate, and respond effectively to environmental and other changes in ways that are socially and environmentally acceptable and economically and technically feasible. While preparing for short-term impacts requires strengthening socioeconomic and political capacities to deal with such events and adapt to the biophysical

fallout, in the long run, careful adaptation of farming systems, economic activities, such as repackaging tourism products, and resources such as hydropower are necessary.

### *Proactive adaptation through vulnerability mapping*

Anticipating disaster and responding proactively is needed to reduce mountain people's vulnerability; rather than simply reacting after a disaster. This requires mapping vulnerability and threshold limits of the environment. While adaptation happens at local levels, vulnerability should be addressed at a higher level through zoning and setting minimum safety standards, supported by incentives and disincentives.

### *Addressing water-induced disasters*

The effects of glacier retreat in the Himalayan region are likely to be detrimental to hydropower. Damage to this sector may have catastrophic downstream impacts. As water stress is predicted to be the most pressing environmental problem, with far reaching consequences for human survival and wellbeing, proper adaptive measures, warning systems, and rescue operations must be developed. High dams may be more attractive than diversionary dams and may be necessary to recharge ground water. The idea of mountains as water towers may need to be reevaluated. The development of alternative water supply sources, trans-boundary water demand management, water storage, and diversification of energy supply through the development of renewable energy are some possible adaptation options.

### *Increased access to and appropriate management of common property*

Common lands should be managed as common property resources to complement private resources and sustain the livelihoods of the poor. Managed to sup-

ply daily household needs and raw materials for labor intensive local economies, these resources would benefit poor households and be less attractive for the rich.

### *Integrating vulnerability reduction into overall development policy*

Adaptation strategies need to be integrated as cross-cutting poverty reduction interventions. Linking climate change adaptation to project development as an add-on does not provide sufficient leverage to simultaneously address poverty alleviation and adaptation to climate change. A community-based adaptation approach, which recognizes indigenous knowledge alongside scientific knowledge, should be promoted to build resilience. Government agencies can help communities by creating enabling support mechanisms (financial, awareness-raising, capacity building) at various levels.

Other adaptation policy options that emerged out of the discussions include exploring the feasibility of introducing climate insurance for crops; empowering local communities by building their resilience-enhancing capabilities through policy and institutional support mechanisms (delivery of resources, skills, technologies, secure tenancy, research and development, innovation, governance); changing laws on plant breeding and varieties to encourage local varieties; proper dissemination and management of existing knowledge; keeping predator species for biodiversity conservation; improving vector-control, energy, and environmental policies; and integrating the environment and health sectors.

# Un marco de adaptación al cambio climático a nivel local para la región Latinoamericana

---

Javier González Iwanciw \*

\* Líder de la iniciativa Web Co-munidAd.info ligada a la Universidad Nur en Bolivia e investigador asociado del Stockholm Environment Institute en Oxford.  
<http://www.co-munidad.info>

## Resumen

*Los impactos más relevantes del cambio climático tales como la provisión de recursos hídricos, el derretimiento de glaciares y los fenómenos naturales asociados plantean a los países latinoamericanos, desafíos de adaptación que se conjuguen con la descentralización y la lucha contra la pobreza. El ámbito municipal es el que presenta mayores ventajas para propiciar la “resiliencia” de las comunidades rurales; en este nivel se encuentran mayores posibilidades para facilitar una adaptación al cambio climático. La adaptación, vista como proceso de aprendizaje social, requiere considerar aspectos estructurales, instituciones y reglas establecidas en la sociedad, pero también cambios de actitud y/o de comportamiento resultantes de un proceso de aprendizaje. La innovación y validación del conocimiento son clave en este proceso, por lo que el autor se interroga sobre cuál debería ser la calidad del pool de conocimiento cultural para mantener y acrecentar la capacidad adaptativa de una determinada sociedad.*

*El artículo propone un marco conceptual evolutivo de adaptación al cambio climático para diseñar un marco de acción que acompañe los procesos de toma de conciencia de la gente sobre el problema, y que encamine acciones a reducir la vulnerabilidad de la población. Asimismo se construye algunas bases de discusión para ensayos futuros.*

## Introducción

El cambio climático es uno de los retos más importantes que la humanidad tendrá que afrontar en el presente siglo, no solo por los impactos que este tendrá sobre las diferentes esferas humanas sino también porque este representa un reto para el modelo de desarrollo que la humanidad ha asumido desde la industrialización. Para los países en desarrollo y también para los países latinoamericanos existe un doble reto en este contexto; por una parte asegurar el éxito de la lucha contra la pobreza que afecta a una gran parte de su población, sabiendo que el calentamiento global atentará fuertemente contra este propósito, pero por otra parte entendiendo el rol que la región puede jugar en definir una economía global desligada del uso de combustibles fósiles.

Ambos retos se ponen en concierto cuando proyectamos en el futuro una sociedad mejor adaptada a las condiciones específicas de su entorno. Sin embargo los recursos disponibles en la comunidad internacional para este propósito son escasos por lo que es importante empezar a focalizar los esfuerzos.

Dada la complejidad del tema y con el objetivo de partir de un análisis holístico pero ahondando en algunos aspectos relevantes de cómo desatar, fortalecer y/o acelerar un proceso adaptativo me he concentrado en algunos aspectos que pueden parecer desconecta-

dos entre sí, pero que en realidad forman parte de un marco conceptual evolutivo de adaptación al cambio climático.

## Construyendo una agenda de adaptación al cambio climático en torno al agua

Según el climatólogo Kevin Trenberth (1999), uno de los efectos más relevantes del cambio climático es la intensificación y disrupción del ciclo hidrológico global. El aumento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera o los cambios en el balance global y/o ciclo natural del carbono, impactará sobre otros de los ciclos naturales del planeta, el “ciclo hidrológico global”.

La intensificación y/o aceleración del ciclo hidrológico global se da principalmente por el aumento de la temperatura superficial del planeta, el derretimiento de las grandes masas de hielo, pero también por los procesos de deforestación y pérdida de masa vegetal.

El sistema hidrológico global juega un rol central e integrativo a la dinámica del sistema terrestre, al mismo tiempo que es un elemento central de la sobrevivencia humana, en cuanto su disponibilidad en cantidad y calidad para el consumo humano comienza a escasear. Mientras la población se incrementa y las

economías crecen, la cantidad de agua en el planeta, permanece casi la misma; sin embargo el recurso no se encuentra homogéneamente distribuido en el planeta, pues entre un 70% y un 90% de la cantidad de agua económicamente disponible se usa en la agricultura, y solamente un 8% es para fines domésticos (IFPRI 2002). De ahí la importancia del agua desde el punto de vista de la seguridad alimentaria global. Pero por otra parte en las regiones más pobres del planeta la gente dispone de menos de 1,8 m<sup>3</sup>/año lo que implica menos de 50 litros/día (Global Water Outlook 2025).

Además de los temas relacionados con la escasez de agua, los problemas de calidad de agua añaden una dimensión al problema: la contaminación de agua superficial disponible está aumentando y la infraestructura para la provisión y tratamiento se está deteriorando. El Banco Mundial estima que se requieren de unos 600 mil millones para mejorar los actuales sistemas de provisión de agua en el mundo (UN, 1997). Por otra parte existe un franco deterioro de las fuentes de agua debido a una mayor fragmentación de los ecosistemas, deterioro de los sistemas naturales de recarga de los acuíferos, mayor erosión, salinización de las tierras y contaminación.

Para tener un panorama completo de la vulnerabilidad de las poblaciones humanas en torno al cambio climático es importante revisar la capacidad de respuesta de la sociedad ante los retos que nos plantea el manejo sostenible del agua. Primeramente es importante mencionar que el manejo de agua se hace más complejo puesto que casi la mitad de la superficie terrestre se encuentra dentro de cuencas internacionales. El Consejo Mundial del Agua denota una clara noción “el problema del agua no puede ser resultado de manera aislada pero de manera conjunta con otros grandes problemas que aquejan a la humanidad como la seguridad alimentaria, la pobreza, el saneamiento básico, los asentamientos humanos y otros como el acceso a la tecnología, la equidad en el comercio, y los cambios en los estilos de vida” (Gallopín 2001).

Según el Programa Aspectos Biosféricos del Ciclo Hidrológico (BAHC por sus siglas en inglés), la mayoría de los sistemas de provisión de agua dulce para

el consumo humano tiene su fuente en las regiones de montaña. El deterioro de estos ecosistemas resulta en un mayor deterioro de la calidad del agua, erosión, así como una mayor incidencia de inundaciones y daños ambientales en las partes bajas de la cuenca. A lo largo de los Andes (Bolivia, Ecuador y Perú) los ecosistemas de montaña pueden empezar a presentar cambios drásticos en la hidrología regional en los próximos 10 años con la desaparición de los glaciares de alta montaña más pequeños (Francou *et al*, 2001).

Adicionalmente, el agua almacenada en estos reservorios es utilizada por la agricultura de invierno en gran parte del altiplano sudamericano y para la provisión de agua en grandes asentamientos humanos. Tales reservorios contribuyen a controlar el flujo de agua en el ecosistema y a mantener una cantidad de humedales de alta montaña (páramos) que son los responsables de las condiciones microclimáticas actuales.

Por otro lado, la disrupción del ciclo hidrológico regional, incluye cambios en los patrones de lluvia así como en el balance hidrológico micro regional, lo que se manifiesta en un aumento de la periodicidad de situaciones climáticas extremas. Los regímenes de lluvia estables son vitales para la agricultura a secano tanto en las regiones tropicales como subtropicales. El aumento de la variabilidad de las precipitaciones en tiempo y espacio hace que la disponibilidad de agua se torne impredecible para asegurar una producción de alimentos estable y la disponibilidad de agua dulce para el consumo humano.

Desde una perspectiva social, es conocido que el agua puede ser uno de los detonadores o amplificadores de conflictos sociales, pero también puede ser uno de los aglutinadores sociales más poderosos, existen claros ejemplos de cooperación tanto nacional como internacional en torno al agua: Varios parques naturales y áreas protegidas han sido concebidos como reservorios de agua. Así mismo el fortalecimiento de los gobiernos municipales empieza a mostrar varios ejemplos de cooperación en torno al agua. Varias de las asociaciones municipales a lo largo del continente se han formado motivadas por un manejo integral de cuencas así como por la necesidad de desarrollar una

capacidad institucional para negociar servicios ambientales con las cuencas altas.

El manejo integral de la cuenca del río Mauri (Bolivia, Chile y Peru) ha **fusionado** a los indígenas de Bolivia, Perú y Chile para mantener un ecosistema frágil; varias comisiones de pueblos originarios, campesinas y de activistas ambientales en Bolivia y Perú han venido tornando el foco de conflicto de intereses entre los indígenas y los gobiernos de Perú y Bolivia por un conflicto de intereses entre la conservación del ecosistema y los usos industriales contemplados en ambos países para lo cual se requiere trasvases, dragados y otras obras en los ríos de la cuenca del Titicaca y del Mauri (<http://www.aguabolivia.org - CGIAB>).

No necesitamos inventar la pólvora, la adaptación al cambio climático debe considerar e integrarse en las mismas agendas de gestión del agua, cuando sabemos que la gestión de agua es un tema de elevada complejidad.

### Descentralización y adaptación al cambio climático

Los países latinoamericanos han iniciado desde la década de los 90 procesos claros de descentralización lo cual ha tenido un notorio impacto sobre las formas y posibilidades de una gestión ambiental. Aunque en distinto grado de acuerdo con cada realidad nacional, los gobiernos locales han adquirido mayores atribuciones, a veces efectivas y en muchos casos simplemente formales. Este hecho ha estimulado también procesos más amplios de participación social y en algunos casos la necesidad de cambios en la normativa legal referente al acceso y uso de los recursos naturales y formas de participación. En todos los países se pueden encontrar ejemplos de movilización social en torno al acceso y uso del agua, bosques; los conflictos de uso del suelo en áreas periurbanas, la definición de territorios de pueblos originarios; o referente a las inversiones privadas nacionales y transnacionales sobre los recursos naturales.

Estas condiciones de descentralización y fortalecimiento de los ámbitos locales, ha venido también aumentando los niveles de participación y vigencia de las poblaciones rurales y pobre en los países latinoamericanos, por lo que los procesos de adaptación al cambio climático, no pueden dejar de considerar un marco de acción que por una parte acompañe los procesos de toma de conciencia de la gente sobre el problema, y que por otra, encamine acciones para reducir la vulnerabilidad de la población, complementando los procesos normativos con otros procesos participativos de abajo arriba.

Las instituciones juegan un rol determinante en la manera que una sociedad actual frente a los retos que le plantea su entorno, ya sea este natural o social, pero por otro lado las mismas instituciones están definidas y o plasmadas por estos retos. En este sentido, tal vez una de las preguntas más centrales desde la perspectiva de los cambios ambientales globales que estamos enfrentando actualmente ha sido planteado por (Pelling 1998; Adger 2003) sobre como maximizar, a través del diseño institucional, la capacidad adaptativa de una organización o un sector, a los posibles y no completamente conocidos impactos de los cambios ambientales globales. Aquí es importante destacar el riesgo y la dificultad de establecer sistemas de reglas que generen beneficios netos a los involucrados cuando el entorno es altamente impredecible (E. Ostrom 1990).

Desde el punto de vista del diseño institucional (Ostrom 2001) ha venido enfatizando que los sistemas poli céntricos de gobernabilidad tienen grandes ventajas. Visto desde la perspectiva de sistemas dinámicos complejos, en el contexto de la adaptación a los cambios ambientales globales, la capacidad adaptativa aumenta a través de la autonomía de unidades paralelas de similar jerarquía de experimentar con reglas diversas para el manejo de los recursos y responder a los impactos externos, lo cual es un argumento notable para continuar fortaleciendo el proceso municipal y utilizar este ámbito como un ámbito donde es necesario desarrollar experiencia en torno al cambio climático.

Hacer una evaluación de cómo los procesos de descentralización están logrando aumentar la capacidad adaptativa de los países a los efectos del cambio climático es todavía muy difícil por la escasa disponibilidad de literatura en este sentido. En el presente ensayo, nos limitaremos a construir algunas bases de discusión para ensayos futuros en base a la revisión de los procesos de descentralización y adaptación al cambio climático en tres países latinoamericanos.

El huracán Mitch ha probado las capacidades y limitaciones de los municipios y otros actores locales en América Central para actuar durante un periodo de desastres y en el periodo de reconstrucción. Los actores locales han movilizado un gran esfuerzo, sin embargo estos lo han hecho de una manera improvisada por su falta de preparación para el desastre y la falta de recursos financieros. Como resultado el huracán ha revitalizado el debate sobre descentralización como un factor de reconstrucción y desarrollo a largo plazo.

En este sentido, el proceso de descentralización y empoderamiento ha aumentado fuertemente la capacidad de los municipios con cierto nivel de urbanización, pero las dificultades en los municipios rurales siguen siendo preocupantes. En la mayoría de los países centroamericanos los niveles de concentración en una sola ciudad es menor que en los países sudamericanos con excepción de Bolivia que mantiene el 30% de la población urbana en tres ciudades del denominado eje troncal, por lo que los procesos de descentralización han sido por esta característica de la infraestructura urbana, más propicios y exitosos en términos relativos. Dicho de otra manera los procesos de descentralización no solamente se dan a nivel meramente formal, sino que están respaldados por una relativa distribución de la infraestructura urbana lo cual permite distribuir de mejor manera la administración estatal y los servicios.

Por otro lado los municipios más rurales revelan aún mayores niveles de pobreza y vulnerabilidad y están por tanto, más expuestos a los impactos del cambio climático. Una tendencia notoria es el deterioro de los medios de vida de las poblaciones rurales y la

consecuente migración como estrategia de sobrevivencia.

Paradójicamente, la agenda municipal, se ha desplegado con mayor vigor en los países con niveles de ruralidad mayores, Bolivia es un claro ejemplo de una profundización del proceso de democratización a través del empoderamiento de los actores locales, por lo que existe una notoria necesidad de iniciar procesos de generación de capacidades relacionados con la gestión municipal. Esta es una clara ventana de oportunidad para replantear los mecanismos de gestión ambiental, manejo de los servicios ambientales y reformular el uso y acceso a los recursos naturales.

### Como promover resiliencia a nivel de las comunidades

Aunque existe un cierto nivel de consolidación del entendimiento de la resiliencia como la capacidad interna de un sistema de adecuarse a situaciones adversas, el término se ha venido usando en diferentes ámbitos académicos, desde la teoría de sistemas hasta la psicología, la ecología y las ciencias del comportamiento con diversos enfoques y perspectivas.

Desde el punto de vista de la psicología el enfoque ha estado más vinculado a la capacidad de los individuos de salir airosos de situaciones adversas mientras que en las ciencias ecológicas la resiliencia se ha relacionado con la adaptabilidad de un determinado sistema o la respuesta interna de un sistema a mayor variabilidad y por último un enfoque emergente de las ciencias de la complejidad que empiezan a encontrar asideros en una discusión sobre resiliencia colectiva o comunitaria.

En la psicología existen dos nociones principales que contribuyen al nivel de resiliencia de una persona, por una parte esta la noción de "competencia" dada la capacidad de una persona de solucionar problemas (Luthar 1993) y el concepto de robustez de una persona determinada por su nivel de Compromiso, Desafío y Oportunidad que ésta asuma en relación a su entorno (Levav 1995).

Está claro que llevar estas conclusiones al nivel de la sociedad no está libre de mayor complejidad, aunque todavía existe la noción de las “virtudes” sociales. Según (Suarez-Ojeda, N. 2001) los elementos que refuerzan los lazos de solidaridad y de resiliencia comunitaria son: autoestima e identidad colectiva, el humor social, y la honestidad estatal.

En el Cuadro 1 se ha puesto en concierto estos dos aspectos.

Para afrontar estos retos es importante pensar en un proceso integral de formación de capacidades que empodere al individuo, recupere los valores comunitarios y aumente la confianza en las instituciones y agencias públicas en un proceso que se retroalimente continuamente (figura 1) y que sea capaz de producir valor público a la vez que aumentar las capacidades y/o virtudes sociales.

Las ciencias del comportamiento han aportado con suficiente conocimiento como para entender que el desarrollo de las capacidades humanas y sociales depende fuertemente de estos tres factores y de su interrelación.

### El paradigma de “prueba-error” o “aprender haciendo” debe catalizarse desde los ámbitos municipales

Visto el proceso adaptativo como un proceso de aprendizaje resalta tanto los aspectos estructurales como las instituciones y las reglas establecidas en la sociedad, pero también aquellos procesos más intangibles que tienen que ver con cambios de actitud y/o de comportamiento resultantes de un proceso de aprendizaje.

El aprendizaje en una comunidad surge por una parte de una interacción continua con el entorno, las acciones “adaptativas” son la fuente del aprendizaje a través de un proceso de “prueba – error” y que quedan en la memoria de una determinada sociedad a través de la experiencia, pero al mismo tiempo de un proceso de replicación y validación de tales conocimientos que constituye uno de los pilares de la teoría del aprendizaje y/o teoría cognitiva social, pero también del ejemplo y la imitación lo cual se ha denominado en psicología evolutiva como “aprendizaje social”.

El principal argumento de las ciencias del comportamiento y la teoría de juegos para ver el aprendizaje social como elemento fundamental de la capacidad adaptativa radica en torno a los costos del aprendiza-

Elementos de robustez mencionados por (Levav 1995)	Elementos de la resiliencia mencionados por (Wolin y Wolin 1993)	Aspectos de resiliencia comunitaria (varias fuentes)	Aspectos que promueven la resiliencia (Werner 1989) (Gazmezy 1993)
compromiso	moralidad introspección ( <i>insight</i> ) sentido del humor independencia capacidad de relacionarse	identidad cultural humor social solidaridad	unidad amor preocupación por grupos vulnerables reflexión
desafío	iniciativa	autoestima colectiva	buen uso de la inteligencia
oportunidad	creatividad		
		honestidad estatal liderazgo auténtico	apoyo externo
elementos de competencia (Luthar 1993)			inteligencia habilidad de resolución de problemas (Sameroff & Seifer 1990)

Cuadro 1

je. Aprender es costoso y si no existiera el aprendizaje social a través de la imitación o la educación, entonces cada individuo estaría obligado a aprender por sí mismo y pagar los costos de la experimentación y validación de tal conocimiento.

Sin embargo, las mismas ciencias del comportamiento han demostrado consistentemente que el aprendizaje social no es suficiente para mejorar la capacidad de una especie a adaptarse sobre todo si existen condiciones ambientales cambiantes, sino que en el transcurso de la evolución de una determinada especie, su capacidad adaptativa (*average fitness*) depende por una parte de la innovación y por otra parte de la validación de tal conocimiento por parte de la sociedad (Boyd 1994). Desde otro punto de vista, la capacidad adaptativa de una especie depende de la calidad del pool de conocimiento cultural (Boyd 1994, Kameda & Nakanishi 2002). Entonces surge la pregunta de, qué características debería tener el pool de conocimiento cultural, o dicho de otra manera cuál debería ser la calidad de este pool de conocimiento cultural para mantener y acrecentar la capacidad adaptativa de una determinada sociedad.

En la sociedad el conocimiento del otro (por ejemplo el conocimiento indígena) y el aprendizaje es alentado o impedido por las asimetrías en la estructura de la red social. Es decir que el conocimiento es aceptado como válido y por lo tanto valioso; es de esta forma como se manifiestan los costos de acceder a un determinado tipo de conocimiento y/o los incentivos para la innovación.

Por otra parte el aprendizaje se da tanto dentro de los grupos sociales así como dentro de las organizaciones o “dominios” de una determinada red social. Uno de los principales argumentos de la teoría del capital social a favor de las redes sociales informales, es justamente, el hecho de que estas mantienen un pool de conocimiento cultural y las condiciones para la innovación. Fukuyama (1999) explica que una de las funciones económicas del capital social es reducir los costos de transacción asociados con los mecanismos formales de coordinación, y reglas burocráticas, lo cual también se aplica a la innovación.

La valoración, revaloración y rescate de conocimientos ancestrales es parte central de un programa de formación de capacidades y una sinergia interesante para trabajar el tema de cambios climáticos.



Figura 1. El óvalo de las virtudes y capacidades sociales  
fuente: Gonzales & Mendez 2007

La revalorización de este tipo de conocimiento empieza por reconocer que este es científico, ya que se basa en la observación sistemática de los eventos, de las señales y alegorías de la realidad, en el manejo de patrones y la fenología y en el entendimiento de que todo está vinculado con todo, como base del conocimiento holístico.

Este conocimiento holístico ha sido utilizado por civilizaciones durante milenios en esta región para domesticar plantas y animales y desarrollar la agricultura.

## Conclusiones

Sabemos que el cambio climático va a impactar sobre diferentes esferas y sectores de las economías locales y nacionales, pero el impacto más relevante se notará sobre los patrones hidrológicos y por ende sobre la disponibilidad y acceso al agua, por lo que es importante prestar especial atención a cómo la gestión de los recursos hídricos va a ayudar a reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

Los seres humanos han co-evolucionado siempre con su entorno social y natural, sin embargo en los últimos 200 años han modificado como nunca las condiciones físicas del planeta, el cambio climático es el resultado de esta modificación del entorno natural. En todo este proceso la especie humana ha desarrollado capacidades sobresalientes de aprendizaje, sistematización del conocimiento y mecanismos de re-

plicación y difusión de este conocimiento, convirtiéndose éste en uno de los mecanismos principales de la adaptabilidad humana.

Los países latinoamericanos han empezado procesos notorios de descentralización administrativa tendientes a administrar de mejor manera las condicionantes y potencialidades presentes en los ámbitos locales, entre otros los recursos hídricos; sin embargo, existe una notoria necesidad de fortalecer las capacidades de los ámbitos municipales para lograr estos objetivos, este proceso de formación de capacidades deberá incluir claramente consideraciones de cambio climático.

---

## Referencias

- Adger, N. 2003. Building Resilience to Promote Sustainability. Update IHDP, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change 02/03.
- Bendini, M. 2003. Actores sociales y reestructuraciones en los ámbitos rurales y agrarios de América Latina, Seminario Internacional "El mundo rural: transformaciones y perspectivas a la luz de la nueva ruralidad", Bogotá, Colombia.
- Bohle, Hans-Georg. 2001. "Vulnerability and Criticality: Perspectives from Social Geography." Update IHDP, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change 2/01.

- Ayo, D., El control social en Bolivia. GNTP Logo Link, SERIE Documentos de Trabajo, Santa Cruz 2004.
- Chambers, Robert. 1989. "Vulnerability, coping and policy." IDS Bulletin Vol 20, No 1-7.
- Francou, B. et al. 1998. El glaciar de Chacaltaya (Cordillera Real, Bolivia). Investigaciones glaciológicas (1991-1997). Informe N° 56-1998, ORSTOM, La Paz.
- Gallopin G. (2001). Water: a new generation of global problems?, IHDP Update No. 1.
- Gordillo de Anda, G. y Farcas, A., 2000. De reformas estructurales y reconstrucciones rurales, taller de políticas públicas, institucionalidad y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, FAO, Mexico.
- Grimberg, M. 2004. Humankind, between the Apocalypse and Recreation, Opinion CoP 10 Bulletin.
- Holling, C. S. 2004. From complex regions to complex worlds. Ecology and Society 9(1): 11.  
<http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art11/>
- IFPRI (2002). News and Views, December 2002.
- IPCC. 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University Press.
- Larson, A., Barrios, J. M., 2006, La descentralización forestal y estrategias de vida en Guatemala, CIFOR-IDRC.
- MDS. 2001, Escenarios de Cambio Climático y Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación.
- \_\_\_\_\_. 2002, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio y Variabilidad Climática en los Sistemas Alimentarios de Regiones Semiáridas de Montaña, La Paz.
- \_\_\_\_\_. (in press). Estrategia Nacional de Participación en el Mecanismo de Desarrollo Limpio y en Otros Esquemas de Comercio de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 2004 – 2014, La Paz.
- Ramirez E et al. (2001). Small glaciers disappearing in the tropical Andes: a case study in Bolivia: Glacier Chacaltaya (16°S). Journal of Glaciology, 47: 187 – 194 cit en Wagnon P, Climate change as recorded by glaciers. Global Change News Letter No. 56 2003.
- Ostrom, E., Vulnerability and Policentric Governance Systems, Update IHDP, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change 3/01.22.
- Oostra, M., Trade Unions and NGO's: transformation of their social roles in Latin America: the case of Bolivia, LASO Foundation URL: <http://www.antenna.nl/laso/laso/summary/ngo.htm>
- Ribot, Jesse C., Climate Variability, Climate Change and Social Vulnerability in the Semi-Arid Tropics, Center for Population and Development Studies, Harvard University 1994.
- Trenberth, K., The Extreme Weather Events of 1997 and 1998, Consequences Vol. 5, No. 1, 1999.
- PNUD. 1998. Informe de Desarrollo Humano – Bolivia, La Paz.
- United Nations. (1997). Water in the 21 st Century: Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World. Geneva: World Meteorological Organization and the Stockholm Environment Institute.
- Vision 2020, Global Water Outlook to 2025, Averting and Impending Crises, IFPRI – Interantional Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka
- Wolf A. (1999). Water and Human Security, AVISO No. 3
- Yamin, F. 2004. Climate Change and Development, Overview, IDS Bulletin Vol 35, No. 3.



# Impactos del cambio climático y gestión del agua sobre la disponibilidad de recursos hídricos para las ciudades de La Paz y El Alto

---

Dr. Ing. Edson Ramírez \*

\* Instituto de Hidráulica e Hidrología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia  
Proyectos: GRANT (Glaciares y Recurso Agua en los Andes Tropicales), IAI CRN 2047  
[eramirez@accelerate.com](mailto:eramirez@accelerate.com)

## Resumen

*El trabajo muestra las evidencias del cambio climático en la retracción de glaciares tropicales con énfasis en el caso de los glaciares en Bolivia. El caso más relevante es Chacaltaya cuyo deshielo se muestra en fotografías desde 1940, comportamiento que también se ha presentado en glaciares en Ecuador, Perú y otros de Bolivia. Se señala el principal impacto de la desaparición de glaciares en términos de pérdida de regulación de las cuencas. El estudio de caso está referido a las ciudades de El Alto y La Paz, abastecidas de agua y energía de los glaciares de Tuní, Condiriri y Takesi. El ejemplo considera la situación, a la luz de la demanda y la oferta asociadas con la pérdida de superficie de estos glaciares. Se señala vulnerabilidades asociadas al cambio climático pero también se señala el uso ineficiente del recurso hídrico. El tratamiento de tales vulnerabilidades estarían más asociadas con los impactos pero también con la gestión de los recursos hídricos, lo que hace evidente la necesidad de un mayor conocimiento sobre el potencial hídrico existente. Complementariamente se señala la importancia de impulsar la adaptación a través de una estrategia de gestión de recursos hídricos en el contexto del cambio climático. La adaptación debiera contemplar el uso ineficiente del agua, y el desarrollo de la percepción en el tema de ahorro de agua y de energía.*

---

## Antecedentes

En 1991 el Instituto francés de Investigación para el Desarrollo (IRD- Ex ORSTOM) conjuntamente con el Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés (IHH-UMSA) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) iniciaron un Programa de Monitoreo de Glaciares Tropicales que se denominó Programa Nieves y Glaciares Tropicales (NGT). En la actualidad este programa es el denominado programa GREATICE que lleva más de 15 años desarrollando investigación científica en el campo de la glaciología tropical, habiendo logrado la generación de las series más largas de observación y mediciones de balance de masa glaciar en región tropical de América del Sur.

Los estudios realizados en el marco de los programas NGT y GREATICE tuvieron un alto componente de investigación fundamental a fin de conocer los procesos de derretimiento y su relación con el clima. Gracias a ello se ha podido encontrar que los glaciares en región tropical son extremadamente sensibles a pequeñas modificaciones en las variables climáticas tales como: albedo, nubosidad, precipitación, temperatura, radiación solar, humedad relativa y la recurrencia de los eventos El Niño. Estos glaciares se constituyen por lo tanto en excelentes indicadores del cambio climático. Tomando en cuenta la gran vulne-

rabilidad e importancia de los glaciares tropicales, el año 2002 se creó una asociación de los investigadores glaciólogos en Latinoamérica que actualmente se denomina como “Grupo de Trabajo de Nieves y Hielos para América Latina” que forma parte de las actividades del Programa Hidrológico Internacional de UNESCO (GTNH-PHI-LAC-UNESCO).

En base a los importantes avances realizados en el programa GREATICE en el entendimiento de la dinámica de los glaciares tropicales y su relación con el clima, el año 2005 se inició el proyecto GRANT (Glaciares y Recurso Agua en los Andes Tropicales) cuyo objetivo principal fue el de relacionar los impactos del derretimiento de los glaciares sobre la disponibilidad de los recursos hídricos en las ciudades de La Paz y El Alto, donde el objeto de estudio estuvo focalizado a las cuencas de Tuní-Condiriri las cuales forman parte del sistema de abastecimiento de agua potable de estas ciudades.

## Bases teóricas del calentamiento global

Hoy en día los cambios en las condiciones del clima son visibles en los diferentes ecosistemas del planeta manifestándose de diferentes formas. Se ha discutido bastante, y es fruto de controversia, sobre si estos cambios son producto del cambio natural del clima o

es producto de los impactos que han provocado las actividades humanas. En los hechos se debe entender que existe una modificación del clima denominada “Cambio Global” que es producto de ambos componentes, es decir la variabilidad natural del clima y el

cambio climático propiamente dicho relacionado a las actividades humanas.

Entendemos como variabilidad climática las modificaciones del clima debido a cambios de origen astronómico en el movimiento de la Tierra alrededor del

### CAMBIO DE TEMPERATURA MUNDIAL Y CONTINENTAL

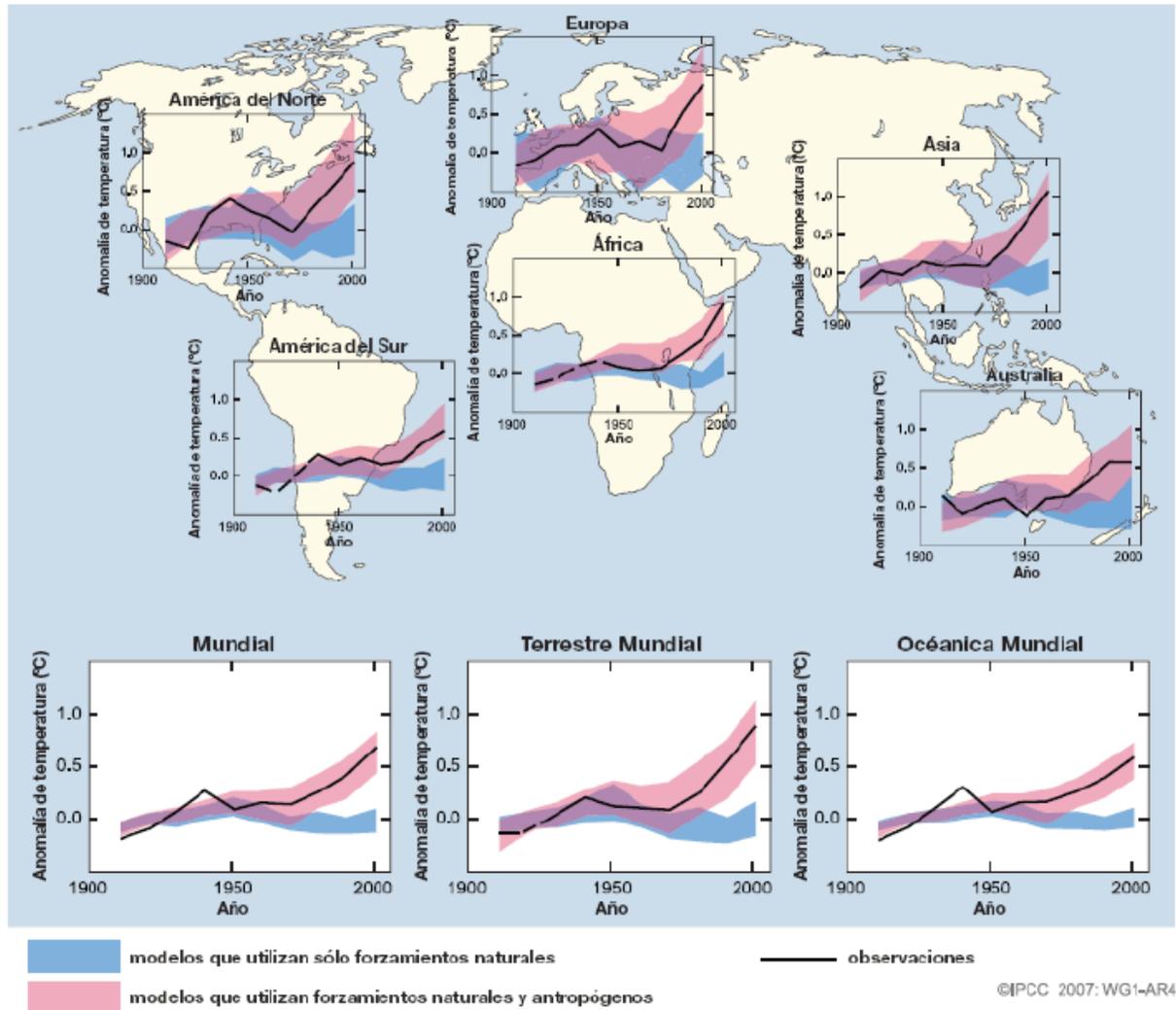


Figura 1. Simulaciones de las anomalías de temperatura considerando forzamientos naturales y antropogénicos comparadas con las observaciones  
fuente: IPCC 2007

Sol. Estos cambios denominados los “Ciclos de Milankovich” están relacionados a las oscilaciones en la Excentricidad, Oblicuidad y a la Precesión de los equinoccios. La variabilidad climática natural no obstante tiene la característica de tener oscilaciones en periodos de tiempo bastante largos: 100 000 años en caso de la excentricidad, 41 000 años en la oblicuidad y entre 19 000 y 23 000 años en el caso de la precesión de los equinoccios. Sin embargo existen cambios en el comportamiento del clima que se han observado en los últimos tiempos, cuyas características son sin precedentes, en periodos de tiempo extremadamente cortos comparados con las oscilaciones naturales. Estas modificaciones del clima se han venido a denominar los “Cambios Climáticos”, existiendo clara evidencia científica sobre su relaciona-

miento con las actividades humanas desde la denominada “Revolución Industrial”.

Los expertos del Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos (IPCC) han realizado simulaciones de las anomalías de temperatura para diferentes regiones del planeta considerando únicamente la variabilidad natural del clima y simulaciones considerando además la influencia de las actividades humanas o antropogénicas.

Los resultados de estas simulaciones son evidentes tomando en cuenta que las anomalías de temperatura observadas en el planeta son reproducibles a través de los modelos solamente cuando se adiciona además el impacto del ser humano (Figura 1).

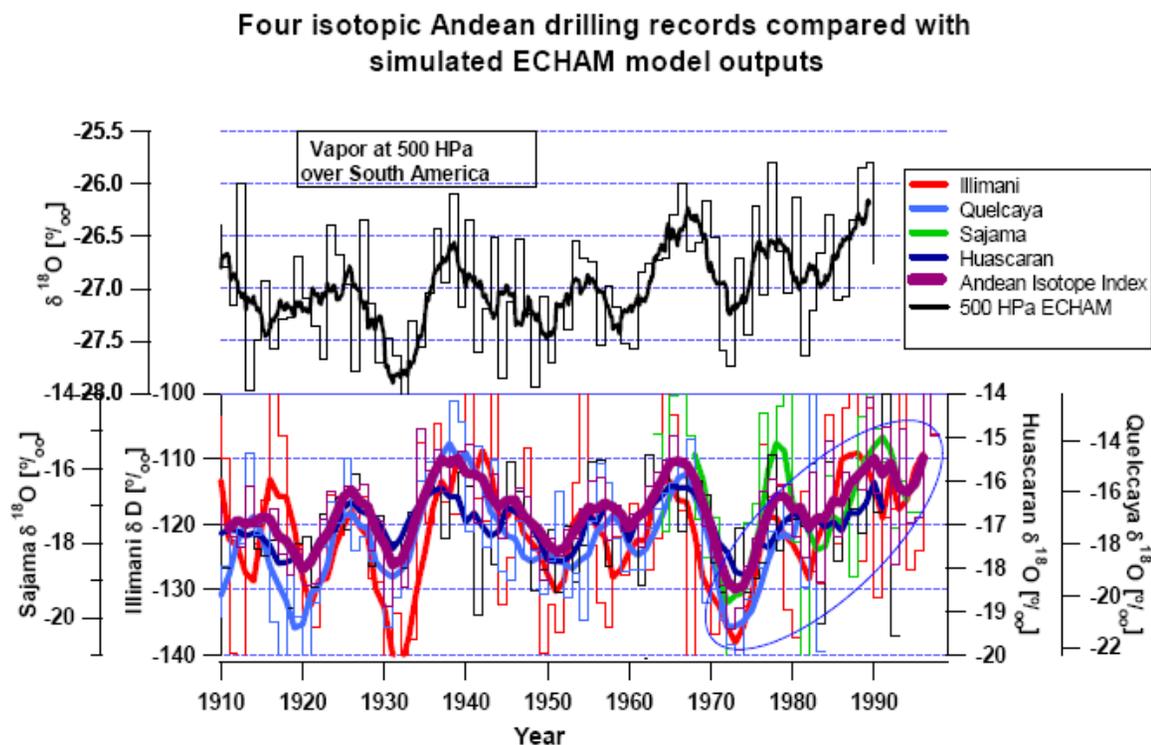


Figura 2: Cuatro registros isotópicos andinos comparados con simulaciones del Modelo ECHAM  
fuente: Hoffman, Ramírez et al. 2003

## Evidencias del Cambio Climático en Sudamérica

Para poder entender los cambios en el clima es necesario remontar en el tiempo más allá de la información que pueden proporcionar las mediciones a través de estaciones meteorológicas. Para ello se hace uso de los denominados “Proxys” o datos reconstruidos a través de indicadores indirectos tales como: anillos de árboles, sedimentos en fondos marinos y lacustres, casquetes de hielo, etc.

Para el caso de Sudamérica se han realizado importantes esfuerzos para la reconstrucción del clima pasado a través de la interpretación de núcleos o testi-

gos de hielo extraídos de las principales cumbres nevadas. Este esfuerzo realizado principalmente por el IRD y sus contrapartes locales ha permitido la reconstrucción del clima pasado de la región de los últimos 25000 años.

De acuerdo a estos estudios, se sabe que para el caso de Bolivia, el clima hace 18000 años durante el periodo del “Ultimo Máximo Glaciar” era más frío y más húmedo respecto a las condiciones actuales (Ramirez, Hoffman *et al.* 2003).

En el pasado reciente, último siglo, las interpretaciones de los núcleos de hielo a través de la medición de los contenidos de los isótopos estables del agua,

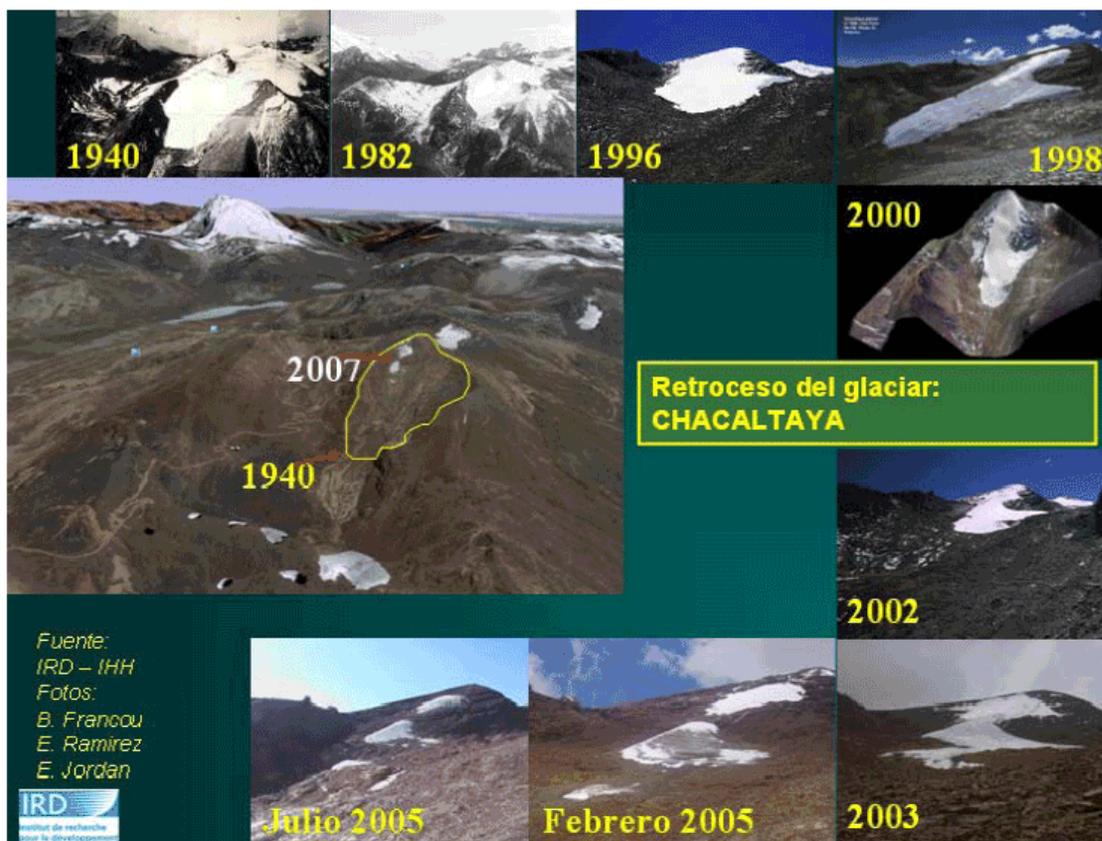


Figura 3. Evolución del glaciar Chacaltaya desde 1940  
fuente: B. Francou, E. Ramírez, E. Jordan

muestran variaciones a nivel de décadas. Estos indicadores climáticos isotópicos, para el caso de la región tropical, están relacionados de forma inversamente proporcional a la cantidad de lluvia que cae sobre el sitio y directamente proporcional al incremento de las temperaturas (Hoffman, Ramirez *et al.* 2003). Por lo tanto siguiendo esta lógica y observando las curvas isotópicas del conjunto de núcleos de hielos analizados (Figura 2), podría interpretarse que en los últimos 30 años existiría una tendencia a un incremento de las temperaturas y a una disminución en la cantidad de las precipitaciones.

Para el estudio del periodo actual, se han realizado desde el año 1991 cuantificaciones del balance de masa principalmente de los glaciares Zongo en el nevado Huayna Potosí, Charquini y Chacaltaya. Para tal efecto se efectuaron mediciones de las variables meteorológicas, mediciones sobre las variaciones de

espesor de nieve y cuantificación de los volúmenes de agua que escurren a la salida de las cuencas que contienen estos glaciares.

El ejemplo más contundente, sobre el impacto de los cambios climáticos actuales es el caso del Glaciar Chacaltaya (Ramirez, Francou *et al.* 2001), el cual ha prácticamente desaparecido. En la Figura 3, se muestra una secuencia de fotografías de archivo desde el año 1940 hasta la fecha, que muestra un retroceso no tan pronunciado entre 1940 hasta los años 1980, sin embargo es a partir de los 80's donde se ha observado un derretimiento acelerado que ha provocado la desaparición del glaciar. Esto se corrobora a través de las mediciones de balance de masa que muestran que desde los años 80 la proporción de derretimiento se ha triplicado respecto a los periodos precedentes a esta fecha. Este fenómeno sin embargo no es particular de los glaciares pequeños como el caso de Chacal-

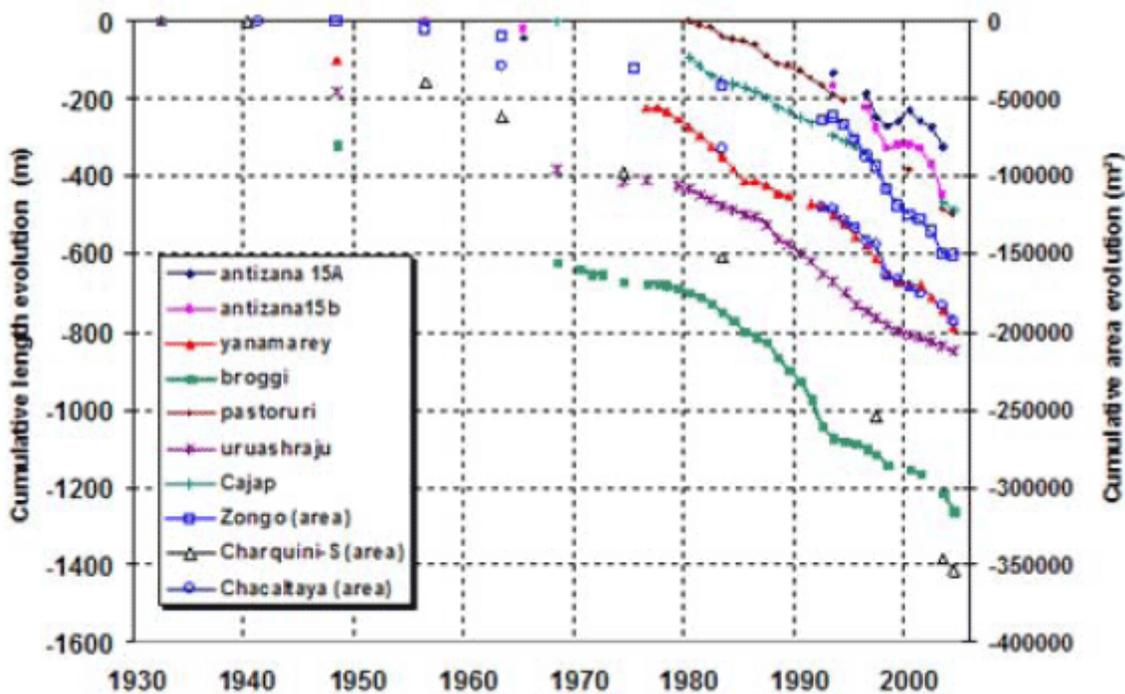


Figura 4. Evolución de la longitud y área de diez glaciares en los Andes Centrales  
fuente: IRD, IHH, SENAMHI-Bolivia, INRENA, INAMHI, EMAAP-Q

taya (< 1 km<sup>2</sup>), sino que se ha observado un comportamiento similar en el conjunto de glaciares que son monitoreados en la región: Ecuador, Perú y Bolivia, tal como lo muestra la Figura 4 que resume la evolución de 10 glaciares tropicales de Sudamérica.

Las mediciones realizadas por el Programa GREATICE y sus contrapartes muestran que en todos los glaciares monitoreados el comportamiento es similar, es decir que es a partir de mediados de los años 70 e inicios de los 80 donde se observa un quiebre significativo en la evolución de los glaciares andinos.

### Relación Clima-Glaciario

De acuerdo a las observaciones, mediciones y estudios realizados en los glaciares tropicales, se constata que un glaciar responde a diferentes factores tales como: la precipitación (nieve/lluvia), la temperatura, la humedad relativa, la nubosidad, la intensidad de la

radiación solar y la presencia de eventos climáticos importantes como los Fenómenos Niño/Niña. Este último fenómeno, denominado “El Niño” tiene consecuencias dramáticas sobre los balances de masa glaciares en los Andes en región tropical (Figura 5), manifestándose principalmente como un déficit de precipitación durante la época de lluvias (diciembre, enero, febrero), lo que provoca a su vez una cobertura de nieve menos abundante, la cual induce a una radiación solar mejor absorbida y consecuentemente un derretimiento acentuado de los glaciares (Favier, Wagnon *et al.* 2004), (Francou, Vuille *et al.* 2003), (Francou, Vuille *et al.* 2004), (Wagnon, Ribstein *et al.* 1999).

### Usos del agua y pérdidas de superficie glaciario

Las ciudades de La Paz y El Alto en Bolivia tienen características particulares tomando en cuenta su proximidad con la Cordillera de Real (Figura 6), cu-

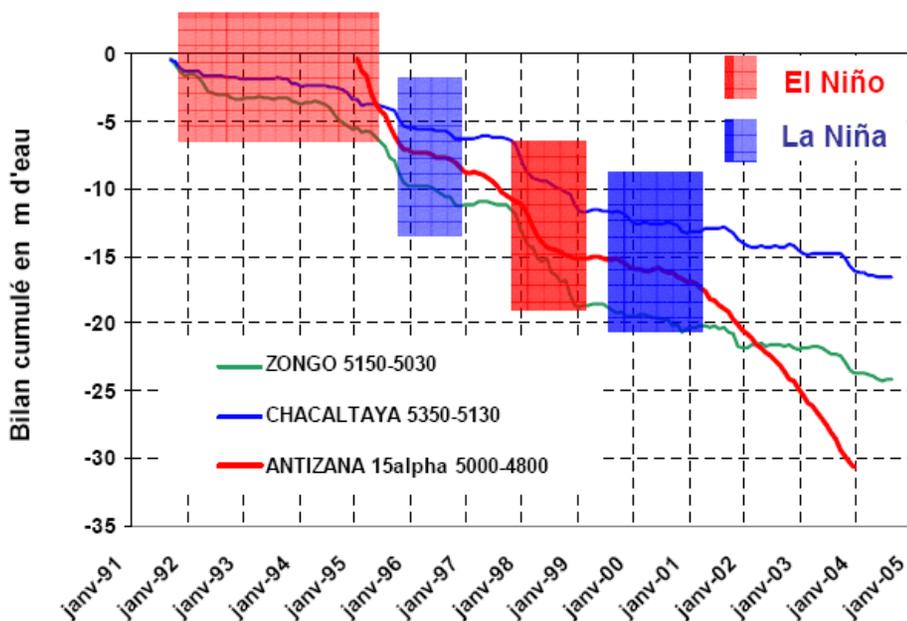


Figura 5. Balance de masa acumulado y su relación con los eventos El Niño  
fuente: IRD, IHH, SENAMHI. INAMHI

yas actividades en términos de consumo de agua y generación de energía eléctrica están relacionadas a cuencas que cuentan con presencia de glaciares. Es por lo tanto razonable pensar que el derretimiento de los glaciares, provocado por los cambios globales actuales, podría tener implicaciones en la respuesta hidrológica de las cuencas que son utilizadas actualmente para el suministro de agua potable y la generación de energía. Se han identificado cuatro cuencas importantes (Figura 6) que cuentan con glaciares: Tuni y Condoriri (agua potable), Zongo y Takesi (generación de energía eléctrica).

Se ha tomado como caso de estudio las cuencas de Tuni (9.87 km<sup>2</sup>) y Condoriri (14.87 km<sup>2</sup>), las cuales forman parte del sistema de abastecimiento de agua potable de las ciudades de “El Alto” y las laderas de la ciudad de “La Paz” con cerca de 1 millón de habitantes. Tanto las precipitaciones como el escurrimiento de fusión de glaciar son almacenadas en un reservorio artificial (Presa Tuni) con una capacidad

de 24700 m<sup>3</sup> que luego es conducida a la planta de Tratamiento El Alto para su posterior distribución a la red de abastecimiento de la ciudad de “El Alto”. A fin de cuantificar los caudales a las salidas de las cuencas estudiadas, en el marco del programa GREATICE del IRD, se instalaron dos estaciones hidrométricas en la zona de estudio (Figura 7), Condoriri y Tuni-Bajo. A su vez, a objeto de cuantificar las pérdidas de la superficie glaciar de las cuencas estudiadas se han recopilado fotografías de vuelos aerofotogramétricos en la zona correspondientes a los años: 1956, 1983, 1986, 1997, 2000 y 2006. A través de una restitución fotogramétrica digital de las fotografías, realizada en el Laboratorio de Fotogrametría del IHH-UMSA, se ha logrado conseguir un conjunto de ortofotos que permitieron un análisis multitemporal de los glaciares de las cuencas Condoriri y Tuni. Este análisis muestra que la cuenca Condoriri ha perdido 44% de su superficie glaciar y la cuenca Tuni el 55% entre 1956 y 2006. Las curvas de tendencia muestran que en ambos casos el conjunto de glacia-

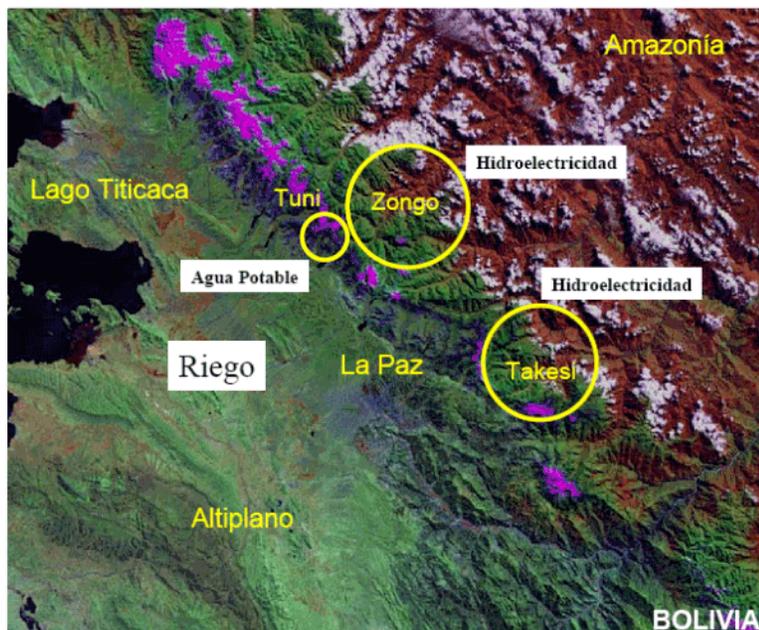


Figura 6. Cuencas con cobertura glaciar que están relacionadas con actividades de uso de agua para consumo humano y generación de hidroenergía  
fuente: IHH-UMSA

res tienden a desaparecer por completo en los próximos 30 años, sin embargo este análisis no toma en cuenta los posibles efectos de borde que podrían acelerar aun más el proceso de derretimiento.

### Oferta vs. Demanda de agua

A objeto de evaluar la relación entre oferta y demanda de agua del sistema Tuni-Condoriri se han recopilado datos de operación de la represa Tuni, la cual juega un rol de elemento de control, donde la diferencia entre entradas y salidas provoca una variación del volumen almacenado en un periodo de tiempo. Para este caso, las entradas están constituidas por el aporte

por precipitación sobre la cuenca y la fusión nival. Las salidas a su vez están constituidas por la demanda del sistema o uso de la población. El análisis efectuado ha permitido la elaboración de una curva de oferta de agua acumulada o “curva de masa” y otra curva de demanda en función a las características actuales de funcionamiento. Estas curvas cuando son sobrepuestas permiten el identificar el equilibrio entre oferta y demando, lo que quiere decir que si estas curvas se cruzan la demanda sobrepasa la oferta de agua en cuenca. La figura 8 muestra las curvas de oferta y demanda para el caso de la presa Tuni, la cual integra los aportes de las cuencas de Tuni y Condoriri. De acuerdo a esta evaluación se observa que bajo las condiciones actuales de funcionamiento

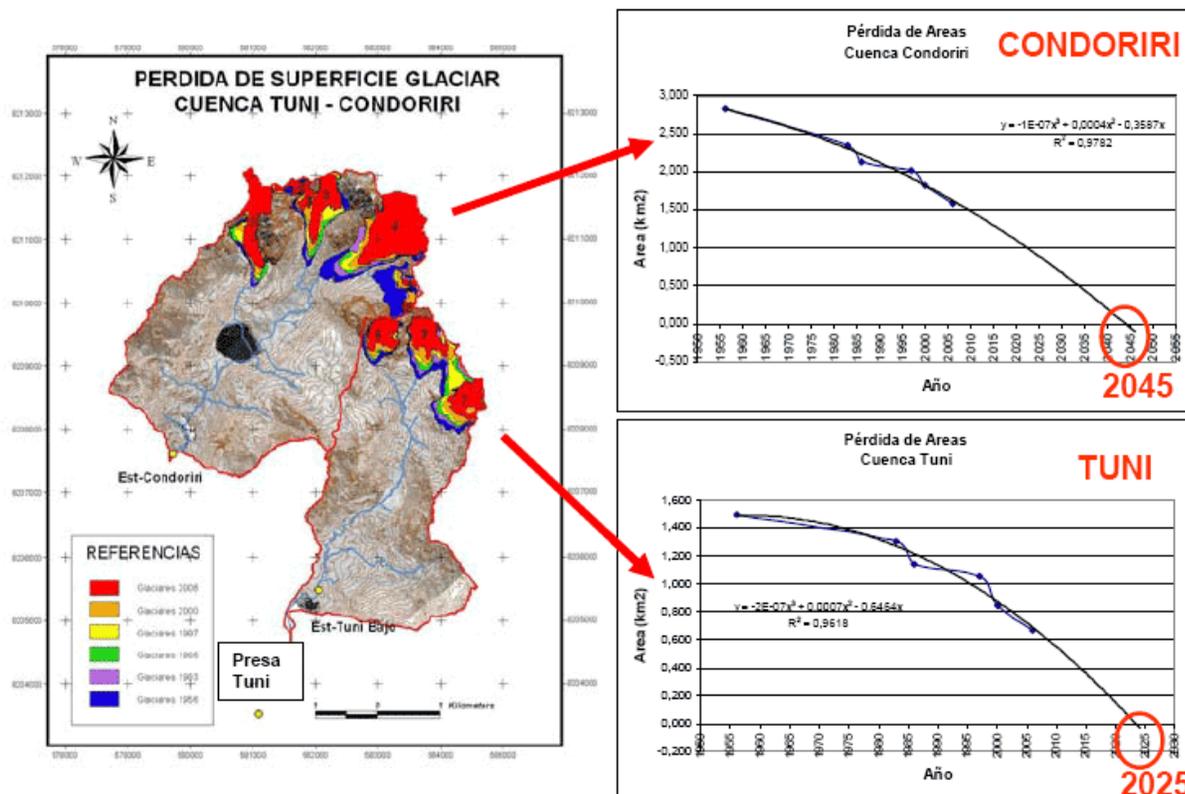


Figura 7. Evolución de la pérdida de superficie glaciar para las cuencas Condoriri y Tuni  
fuente: IHH-UMSA, IRD

y siguiendo las tendencias de crecimiento de la demanda establecidas en base a las estadísticas de operación la demanda supera a la oferta hacia el año 2009. Sin embargo este dato NO DEBE explicarse como un “desabastecimiento de agua” sino como el año de inicio en el cual progresivamente habrá menos agua de la que se usa. Es de hacer notar que en este análisis no se tomó en cuenta los efectos de pérdida de cobertura nival ni los cambios que se experimentarán en el futuro sobre las variables climáticas producto de los cambios climáticos se están experimentando, simplemente muestra un estado actual del funcionamiento del sistema de abastecimiento en base a los datos de operación existentes.

### Discusión

De acuerdo a los estudios realizados existen pruebas suficientes de los impactos del Cambio Global sobre

el derretimiento acelerado de los glaciares tropicales. Es importante recalcar sin embargo que se entiende como cambio global a una sobreposición de la variabilidad natural del clima con los efectos provocados por las actividades humanas que provocan el denominado cambio climático. A la hora actual es difícil cuantificar la proporción del efecto antropogénico frente a la variabilidad natural, pero se debe considerar que se trata de un efecto significativo y que implica una toma de acciones conjuntas entre los todos los países lo más antes posible.

Para el caso de estudio analizado se debe considerar que se han identificado vulnerabilidades que podrían implicar para el futuro posibles escenarios de desabastecimiento de agua para consumo humano y generación de energía eléctrica. Se debe sin embargo considerar que estas vulnerabilidades no están asociadas solamente a los impactos del cambio climático sino también a la gestión de los recursos hídricos actuales.

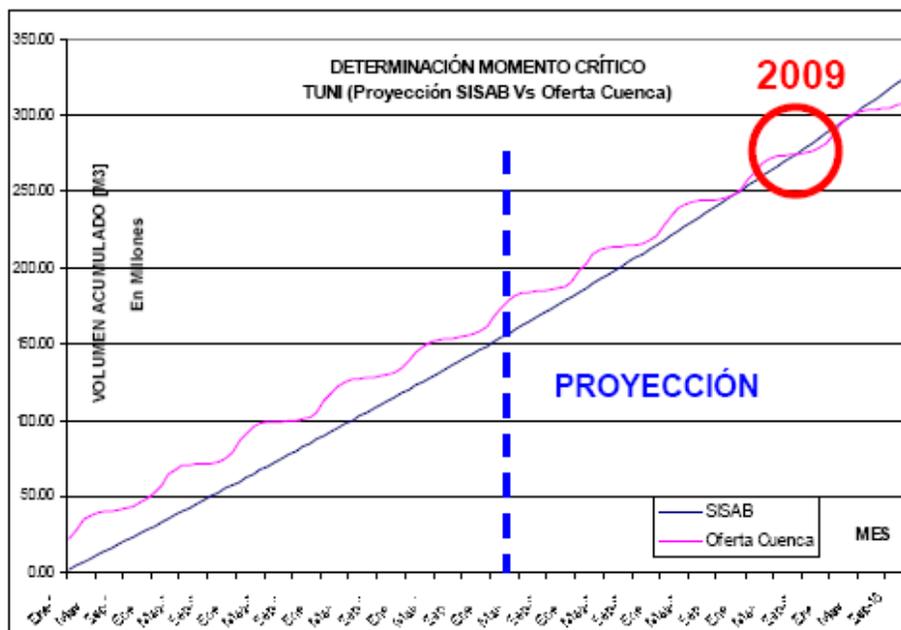


Figura 8. Curvas de oferta y demanda de agua del Sistema Tuni-Condoriri  
fuente: IHH-UMSA , IRD

En términos de los impactos del cambio climático, estos inciden sobre la desaparición de los glaciares de las cuencas estudiadas, los cuales juegan principalmente un papel de reguladores de caudal o reservorios naturales. Por lo tanto su desaparición implicaría la pérdida en la capacidad de regulación de estas cuencas. Se debe tomar en cuenta por otra parte que el aporte hídrico de las cuencas tiene un segundo componente que proviene de las precipitaciones (lluvia) sobre las cuencas. Ahora la pregunta es si en el futuro las cantidades de lluvia serán constantes o variarán por efecto de los cambios climáticos. De momento se conoce muy poco sobre la proporción efectiva en caudal que proveen los glaciares, ya que esta varía notablemente en función de la proporción de su superficie respecto a la superficie total de la cuenca y el comportamiento que tiene cada glaciar en función a su exposición respecto al sol. Se han realizado algunas modelaciones de la respuesta hidrológica de las cuencas frente a la pérdida de su cobertura nival. En algunos casos esta puede ser representativa y en otros insignificantes, dependiendo de las características propias de cada cuenca. Para el caso de las cuencas de Tuni-Condoriri probablemente el aporte glaciar sea del orden del 30% de acuerdo a estimaciones a través de modelos Precipitación - Escorrentía, no habiéndose cuantificado de forma directa dicho aporte. Por lo tanto este resultado no puede ser generalizado al resto de los glaciares de la Cordillera Real ya que cada caso es diferente y responde a diferentes factores.

En términos de pérdida de la superficie glaciar es evidente un retroceso acelerado desde inicios de los años 80 que juntamente con una aparición cada vez más recurrente e intensa de los eventos El Niño estarían provocando esta desaparición de varios de los glaciares tropicales. Sin duda en los próximos 30 años varios glaciares pequeños menores a 1 km<sup>2</sup> habrán desaparecido de forma similar a lo que ocurrió con el glaciar Chacaltaya y lo que está ocurriendo con los glaciares de Tuni-Condoriri.

Es importante mencionar que el proceso de derretimiento acelerado de los glaciares ha sido provocado por un incremento en la temperatura media del orden de 0.6°C y de acuerdo a estimaciones que fueron rea-

lizadas a través de modelos climáticos, se estima que de continuar las proporciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> las temperaturas medias a nivel mundial podrían incrementarse hasta 5°C para finales del siglo (Bradley, Vuille *et al.* 2006). Se debe considerar no obstante que las estimaciones que proporcionan los actuales modelos climáticos tienen niveles de incertidumbre todavía altos, pero esto no deja de preocupar sobre escenarios críticos futuros.

En términos de oferta de agua no podemos considerar la alternativa de producir más agua ni más lluvia, por el contrario bajo el escenario de una posible disminución en las cantidades lluvia en el futuro y un incremento de las temperaturas es posible pensar en condiciones desfavorables para el almacenamiento de agua en las represas, ya que por una parte se tendrán menos entradas por lluvia y mayores pérdidas por evaporación. Pero este escenario “apocalíptico” y la problemática de abastecimiento de agua no deben ser abordados solamente desde el punto de vista un solo lado de la balanza, ya que si bien a nivel de oferta en cuenca existen vulnerabilidades relacionadas al cambio climático, al otro lado de la balanza se encuentra el uso ineficiente del agua. Para el caso de la ciudad de “El Alto” por ejemplo se han llegado a contabilizar pérdidas en la red de distribución entre el 40 y 50%. De acuerdo a datos de la empresa de aguas para que llegue 1 lt de agua a un consumidor se requieren 1.6 lt en la fuente, lo que muestra claramente que existe en la actualidad un uso ineficiente del recurso hídrico. Esto quiere decir que si se logra mejorar la eficiencia del sistema es posible que las actuales curvas de oferta y demanda puedan separarse de tal forma que el año crítico se desplace más allá del año 2009.

## Conclusiones

Debido a los efectos de los actuales cambios globales sumados a una recurrencia cada vez mayor de los eventos “El Niño”, los glaciares tropicales han experimentado en los últimos 30 años una aceleración en su proceso de derretimiento. Este proceso puede incidir por lo tanto en una modificación en la respuesta

hidrológica de las cuencas que son utilizadas para actividades de suministro de agua para consumo humano y generación de hidroenergía. En la actualidad no se percibe desabastecimiento, por el contrario es probable que en el futuro inmediato pudiera observarse una sobreoferta de agua producida por un aumento en los volúmenes de agua provenientes de la fusión glaciaria. Este incremento será seguido por una disminución de los caudales cuando los glaciares hayan desaparecido y solamente se tengan los aportes por lluvia. Sin embargo se deben considerar posibles variaciones en el régimen de las precipitaciones como consecuencia de los cambios climáticos. El escenario más desfavorable sería una disminución en la cantidad de las precipitaciones. Frente a esta problemática es necesario tomar acciones para afrontar posibles impactos del cambio climático sobre la disponibilidad de recursos hídricos. Existen dos tipos de acciones a seguir, la primera que implica la acción de las naciones para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> que provocan el actual calentamiento del planeta. Sin duda esta se constituye en la acción más compleja y de más largo plazo. Sin embargo de no tomar acciones los impactos futuros pueden ser aun peores que los escenarios que se vislumbran en la actualidad. La segunda acción es de tipo local y está relacionada a la implementación de medidas de adaptación que hagan frente a los impactos del cambio climático. Sin embargo para la implementación de estas medidas es necesaria la identificación de las medidas y la priorización de las mismas en su implementación. Desafortunadamente en el estado actual del conocimiento, si bien se han logrado identificar algunos de los posibles impactos del cambio climático sobre las fuentes de agua, de momento se conoce muy poco o prácticamente no se conoce en términos cuantitativos el potencial hídrico existente, ni cual es el grado de aporte proveniente del conjunto de los glaciares de la Cordillera Real. Por otra parte no se cuenta aun con series de datos para escenarios futuros bajo el contexto del cambio climático a la escala de cuenca que puedan ser utilizados para la simulación de aportes de agua

futuros y hacer estimaciones del grado de pérdida que se presentaría en las décadas venideras. Es por lo tanto difícil en el estado actual de las investigaciones definir cuáles son las medidas y obras a ejecutar de forma prioritaria que tendrán un impacto significativo frente al problema. Una de las dificultades notables es que los países en vías de desarrollo tienen poca capacidad de responder de forma rápida y efectiva a los impactos del cambio climático que se puedan presentar, tal como lo harían los países más desarrollados, siendo que los primeros son en su mayoría los que menos contribuyeron al problema del cambio climático pero son los que tendrán que pagar la factura más cara. Si bien existen hoy en día muchas iniciativas de los organismos de cooperación internacional en poder financiar medidas de adaptación, la pregunta de fondo es: ¿Cuáles?

Es por lo tanto fundamental dar énfasis a los estudios que permitan definir una estrategia de “Gestión de Recursos Hídricos bajo el contexto del Cambio climático”. Esto implica que se deberán desarrollar mayores investigaciones para cuantificar los potenciales hídricos: glaciares, superficiales, subterráneos y definir nuevas metodologías de diseño de obras civiles que tomen en cuenta el efecto de cambio climático. Hasta la fecha los diseños de ingeniería se han realizado en base a la información del pasado, es decir del análisis de las series históricas de datos hidrometeorológicos. Sin embargo de ahora en adelante deberán tomarse en cuenta además las variaciones que se irán presentando en el futuro producto del cambio climático. Como medidas inmediatas de adaptación se debe resolver el problema del uso ineficiente del agua y trabajar sobre la toma de conciencia de la población en el ahorro de agua y energía. De momento la población hace caso omiso de las recomendaciones ambientales porque el problema todavía no lo sentimos, existe agua suficiente, no obstante cuando el verdadero problema lo tengamos en un futuro próximo y debamos confrontarnos a racionamientos de agua y energía puede que sea muy tarde para tomar accio-

nes. Se discute bastante sobre la identificación de nuevas fuentes de agua para su explotación tal como el caso de las aguas subterráneas, sin embargo la respuesta no está en explotar nuevos recursos sino optimizar los que estamos utilizando y guardar el resto para cuando realmente se los necesite. Por otra parte todavía no se conoce a detalle cuál es el potencial hídrico subterráneo existente ni cual es la velocidad de recarga de los acuíferos. En algunos casos se promueven iniciativas de explotación de aguas subterráneas en el área rural con tecnologías muy eficientes de extracción sin haber cuantificado siquiera el potencial hídrico no garantizando una explotación sostenible.

El reto es el de gran envergadura tanto para las naciones, los tomadores de decisión del país así como para la sociedad en su conjunto, pero los resultados no

serán significativos si no adoptamos un serio compromiso de ser parte de la solución.

---

## Referencias

- Bradley, R., M. Vuille, H. Diaz and W. Vergara (2006). "Threats to Water Supplies in the Tropical Andes." Science 312: 1755-1756.
- Favier, V., P. Wagnon, J. P. Chazarin, L. Maisincho and A. Coudrain (2004). "One-year measurements of surface heat budget on the ablation zone of Antizana Glacier 15, Ecuadorian Andes." JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH 109(D18105): 15.
- Francou, B., M. Vuille, V. Favier and B. Cáceres (2004). "New evidence for an ENSO impact on low-latitude glaciers: Antizana 15, Andes of Ecuador, 0280S." JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH 109(D18106): 17.
- Francou, B., M. Vuille, P. Wagnon, J. Mendoza and J. M. Sicart (2003). "Tropical climate change recorded by a glacier in the central Andes during the last decades of the twentieth century: Chacaltaya, Bolivia, 16S." JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH.
- Hoffman, G., E. Ramirez, J. D. Taupin, B. Francou, P. Ribstein, R. Delmas, H. Dürr, R. Gallaire, J. Simoes, U. Schotterer, M. Stievenard and M. Werner (2003). "Coherent isotope history of Andean ice cores over the last century." GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS 30(4): 4.
- Ramirez, E., B. Francou, P. Ribstein, M. Descloitres, R. Guerin, J. Mendoza, R. Gallaire, B. Pouyaud and E. Jordan (2001). "Small glaciers disappearing in the tropical Andes: a case-study in Bolivia: Glaciar Chacaltaya (16°S)." Journal of Glaciology 47(157): 187-194.
- Ramirez, E., G. Hoffman, J. D. Taupin, B. Francou, P. Ribstein, N. Caillon, F. A. Ferron, A. Landais, J. R. Petit, B. Pouyaud, U. Schotterer, J. Simoes and M. Stievenard (2003). "A new Andean deep ice core from Nevado Illimani (6350 m), Bolivia." Earth and Planetary Science Letters 212: 337-350.
- Wagnon, P., P. Ribstein, G. Kaser and P. Berton (1999). "Energy balance and runoff seasonality of a Bolivian glacier." Global and Planetary Change 22: 49-58.



# Integrando la adaptación al cambio climático en las políticas de desarrollo: ¿Cómo estamos en Chile?

---

Edmundo Claro \*

\* Director de Proyectos, Recursos e Investigación para el Desarrollo Sustentable, RIDES  
[edmundoclaro@rides.cl](mailto:edmundoclaro@rides.cl)

Este artículo fue presentado originalmente en la Revista Ambiente y Desarrollo 23 (2): 15 -22, Santiago de Chile, 2007.

## Resumen

*El autor sostiene que al ser Chile una economía altamente dependiente de los recursos naturales, su adaptación al cambio climático contribuirá a su desarrollo económico sustentable ya iniciado. Sin embargo, reconoce que Chile está recién empezando en estas materias, lo cual lo constata en la carencia de estudios y análisis sobre los efectos del cambio climático en los distintos sectores productivos del país, así como la inexistencia de estudios acerca de los impactos del cambio climático sobre la gestión pública, incluyendo el desarrollo urbano, la gestión del borde costero, provisión de salud, entre otros. A nivel institucional, el autor recomienda que las políticas públicas debieran velar por no entorpecer las iniciativas que el sector privado emprenderá en función de los incentivos económicos que lo impulsarán a adaptarse al cambio climático. El probable ingreso de Chile a la OCDE implicará que el país actúe con mayor celeridad para cumplir con las exigencias impuestas por esta Organización.*

## Introducción

Al interior de la comunidad científica internacional existe un amplio consenso respecto de los significativos impactos que el cambio climático ya está teniendo sobre el planeta. A nivel global, el panel de científicos expertos que integran el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) concluyó en su Cuarta Evaluación que para fines del siglo XXI la temperatura promedio global podría llegar a aumentar en 3 grados Celsius y que el nivel del mar podría subir hasta 59 centímetros (Reid y Huq, 2007).

¿Qué podemos hacer al respecto? Básicamente existen dos tipos de respuesta. La primera, la mitigación, corresponde a reducir las emisiones de gases efecto invernadero de modo de desacelerar o parar el proceso del cambio climático. La segunda, la adaptación, corresponde a aprender a sobrellevar el aumento en las temperaturas, el nivel del mar y los demás impactos meteorológicos asociados al cambio climático (Reid y Huq, 2007).

Si bien el cambio climático debe ser abordado en ambos frentes, actualmente la atención se concentra en la adaptación. Esto es especialmente relevante para los países en desarrollo, básicamente debido a dos motivos. Primero, los expertos se están dando cuenta de que algunos de los impactos del cambio climático son inevitables. Aunque las emisiones de

todos los gases efecto invernadero se congelasen de una vez, las temperaturas promedio seguirían aumentando por algún tiempo debido a lapsos en los procesos naturales de la Tierra. Segundo, si bien los científicos son enfáticos en la necesidad de reducir la emisión de gases efecto invernadero para detener el calentamiento global, las respuestas concretas de mitigación por parte de políticos, empresas e individuos han sido lentas e insuficientes, lo que hace que la necesidad de adaptarse al cambio climático sea aún más importante (Reid y Huq, 2007).

Para un país como Chile, con una economía altamente dependiente de los recursos naturales, la adaptación al cambio climático es crucial para garantizar el desarrollo económico sustentable. Lo anterior es relevante no solo a nivel de proyectos específicos, sino que especialmente en la elaboración de políticas, planes y programas de desarrollo. De este modo, es pertinente formularse la siguiente pregunta: ¿qué estamos haciendo en Chile para integrar la adaptación al cambio climático en las iniciativas tendientes al desarrollo?

Este artículo persigue hacer una colaboración inicial en el desarrollo de la respuesta a esta pregunta. El documento está estructurado de la siguiente manera. Mientras la sección siguiente resume los principales desafíos que el cambio climático representa para Chi-

le, la que le sigue refleja el correspondiente nivel de conocimiento al interior del país. Luego sigue una sección que resume los principales pasos que el país está dando para adaptarse al cambio climático. Las secciones siguientes presentan los obstáculos y las fortalezas existentes en Chile para integrar la adaptación al cambio climático en la elaboración de políticas de desarrollo. Luego, se entregan antecedentes sobre los roles de diversos actores e instituciones, para finalizar con la entrega de algunas reflexiones sobre las prioridades que debe abordar Chile para avanzar hacia la integración de la adaptación al cambio climático en la elaboración de políticas de desarrollo.

### Impactos y desafíos del cambio climático que enfrenta Chile

Chile presenta importantes grados de vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, principalmente debido a la presencia de zonas costeras bajas, zonas áridas y semiáridas, áreas susceptibles a la deforestación, la erosión, los desastres naturales, la sequía y la desertificación. En este sentido, también es relevante la existencia de áreas urbanas altamente contaminadas y ecosistemas frágiles (Olmo, 2007).

El “Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI” (DGF, 2006), desarrollado por el Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, indica que a fines del siglo XXI Chile sería afectado por significativos cambios en la precipitación. Mientras la zona altiplánica chilena podría experimentar un incremento en la pluviometría en primavera y verano, en el Norte Chico el incremento de las precipitaciones se daría principalmente en otoño. Por su parte, mientras en la zona central habría una pérdida generalizada de precipitación, del orden del 40% en las tierras bajas, la zona sur del país exhibiría patrones similares durante otoño e invierno pero la precipitación disminuiría significativamente en verano (40%) y primavera (25%). Finalmente, si bien la zona austral presentaría pérdidas durante el verano de hasta un 25%, las que se normalizarían hacia el in-

vierno, existiría un leve aumento en el extremo sur que prevalecería todo el año.

Con relación a cambios en las temperaturas, el mismo estudio estima que serán positivos (calentamiento) en todas las regiones del país. El cambio medio con respecto al clima actual sobre el territorio continental variaría entre 2°C y 4°C, siendo más intensificado en las regiones andinas y disminuyendo de norte a sur. De este modo, los climas se tornarían considerablemente más cálidos. Por ejemplo, las condiciones actualmente existentes en la costa de la II Región se extenderían por todo el litoral hasta la IV Región. Algo similar ocurriría en el centro del país, en donde los climas también se tornarían más cálidos.

Por su parte, los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos nacionales también serían severos. Producto del aumento en la temperatura, las áreas andinas capaces de almacenar nieve entre las estaciones del año se verían reducidas. Por ejemplo, en la región cordillerana de las regiones con mayor productividad desde el punto de vista silvoagropecuario y en la que se ubica una buena proporción de la generación hidroeléctrica del país, habrían reducciones en todas las estaciones del año, pérdidas que serían muy significativas durante los cuatro primeros meses del año calendario. Además, si al fenómeno anterior se le añade que las precipitaciones disminuirían a nivel nacional, con excepción de la región altiplánica en verano y el extremo austral en invierno, las perspectivas para los recursos hídricos nacionales son preocupantes, especialmente para las zonas centro y centro-sur (DGF, 2006).

Estos cambios en los patrones climáticos afectarán significativamente diversas actividades productivas, tales como la generación de energía, la actividad minera, la agricultura, la actividad forestal, la pesca, la acuicultura y el turismo. Por su parte, las actividades nacionales asociadas al manejo del espacio y los recursos naturales, tales como el desarrollo urbano, la gestión del borde costero, la gestión de desastres y el manejo de los recursos hídricos, también se verán significativamente afectadas por estos cambios. Otras actividades que se verán afectadas por el cambio cli-

mático son la gestión municipal y la provisión de salud.

Más concretamente, tomando como caso la actividad silvoagropecuaria, se espera que los cambios climáticos que afectarán al territorio chileno implicarán una serie de impactos a los cuales habrá que adaptarse. Por ejemplo, durante el taller de expertos (ver nota 2) se enfatizó que para adaptarse al aumento de la temperatura y la disminución de la pluviosidad en la zona central, los cultivos de frutales y las viñas deberán desplazarse hacia zonas más australes o a sectores más altos. De manera similar, asistentes al taller de expertos indicaron que la actividad forestal deberá recurrir a esfuerzos similares o deberá desarrollar mejoramientos genéticos que le permitan permanecer en las áreas que actualmente ocupa sin trastornos productivos. Más específicamente, es probable que la potencial disminución del recurso hídrico implique esfuerzos tendientes a mejorar la eficiencia del riego y a determinar y fiscalizar los caudales ecológicos.

Lo anterior demuestra que la adaptación al cambio climático es crucial para garantizar el desarrollo económico sustentable de Chile, no solo a nivel de proyectos específicos, sino que especialmente en la elaboración de políticas, planes y programas de desarrollo.

### Información disponible frente a los desafíos de adaptación

Si bien en Chile la información existente no es abundante, al menos parece suficiente con respecto a los cambios esperados en las variables meteorológicas producto del cambio climático. En términos generales, se estima que la información disponible es confiable, seria y de buena calidad. Más específicamente, se puede argumentar que si bien en estas fuentes de información los aspectos físicos están bien modelados y los pronósticos son bastante certeros, los impactos biológicos son bastante más difusos.

Aunque se considera que el acceso a una buena parte de esta información es razonablemente bueno, tam-

bién es cierto que queda mucho por hacer en materia de difusión. En este sentido, existe la necesidad de desarrollar y diseminar masivamente documentos en base a la información disponible en los estudios de carácter menos técnico, de modo de que sean comprendidos por el común de la gente. En este sentido, la prensa y los medios de comunicación tienen un rol fundamental que jugar.

Por su parte, es evidente que todavía falta bastante trabajo asociado al análisis de la información disponible, de modo de poder dimensionar los impactos que los cambios en las variables climáticas implicarán para los sectores productivos del país, tales como la agricultura, el sector forestal, la minería, la pesquería, el sector energético y otros, y para ciertos ecosistemas, tales como los glaciares. En ausencia de una evaluación de estos impactos, es imposible desarrollar iniciativas o políticas de adaptación relevantes.

Un ejemplo lo constituye la carencia de información acerca de los impactos del cambio climático sobre el mar; por ejemplo, ¿cuáles serán los impactos del alza de los niveles del mar sobre la industria salmonera?, o ¿cómo se verá afectada la pesca artesanal con los cambios en la temperatura del mar? Otras carencias evidentes son la falta de estudios que relacionen el cambio climático con la generación de plagas y enfermedades, y la disponibilidad de recursos hídricos, especialmente con relación a cómo serían afectados los tranques de riego y los embalses hidroeléctricos.

### Lo que estamos haciendo en adaptación

En 1996 fue creado el Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global. Sus principales funciones son: a) asesorar al Ministerio de Relaciones Exteriores con respecto a la posición nacional frente a la Convención de Cambio Climático; b) asesorar a CONAMA con respecto al cambio global en el territorio chileno y en la implementación de planes y programas en el nivel nacional; c) asesorar a las instituciones dedicadas a la investigación del cambio global y a todas aquellas que así lo requieran y/o lo soliciten; y d) servir de mecanismo de coordinación entre todas las

entidades vinculadas a los temas relativos a los cambios climáticos y globales.

Si bien hasta la fecha las labores del Comité se han concentrado en la definición de posiciones nacionales a ser presentadas en las reuniones intergubernamentales sobre cambio climático, en 1998 también elaboró unos Lineamientos Estratégicos, aprobados por el Consejo Directivo de CONAMA en diciembre del mismo año:

- Reafirmación de los compromisos establecidos en la Convención Marco de Cambio Climático.
- Promoción de la ratificación del Protocolo de Kyoto.
- Participación de sectores relevantes y expertos chilenos en la discusión de los mecanismos económicos establecidos en el Protocolo de Kyoto.
- Utilización del mecanismo de desarrollo limpio (MDL).
- Diseño de orientaciones básicas respecto de nuevas formas de limitación y/o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para los países en desarrollo.
- Generación y aplicación de un Plan de Acción Nacional en Cambio Climático.
- Creación de un fondo especial para la investigación técnica y científica y la capacitación en cambio climático en Chile.

A pesar de estos avances, a grandes rasgos, se puede argumentar que la adaptación al cambio climático no se ha plasmado en iniciativas concretas y sistemáticas; más bien se aprecia una gran distancia entre los discursos oficiales y la implementación de acciones concretas.

Sin embargo, recientemente se han divisado señales que, de materializarse, podrían revertir esta situación. En este sentido se destaca un mayor dinamismo en CONAMA y el Ministerio de Agricultura en el sector público, y los productores de vino, los generadores de electricidad hidroeléctrica, los forestales y los agricultores, en general, en los sectores productivos.

Al parecer, lo más avanzado corresponde a lo contenido en la Estrategia Nacional de Cambio Climático, desarrollada por CONAMA y aprobada por su Consejo Directivo en enero de 2006, y el correspondiente Plan de Acción, que debiese estar definido en diciembre de 2007 (Olmo, 2007). Para el tema de la adaptación, el Plan de Acción establece las siguientes actividades para el período 2007-2012:

- Definición de escenarios futuros de vulnerabilidad en sectores de agricultura, energía, minería y pesca (2007-2009), y biodiversidad (2008-2012).
- Determinación de los costos económicos de los impactos, y de las medidas de adaptación posibles.
- Propuesta y selección de medidas de adaptación en dichos sectores y elaboración de mecanismos de financiamiento y gestión (2010-2012).
- Sistema Nacional de Monitoreo de Glaciares.
- Desarrollo de un Plan Nacional de Adaptación, con miras a ser implementado a partir del año 2012.

También existe consenso de que la actividad silvoagropecuaria es la que está más avanzada en estas materias. Si bien todavía no se han adoptado medidas concretas, existe un convenio entre la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), ambas dependientes del Ministerio de Agricultura, y CONAMA para estudiar la adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático, cuyos resultados guiarán la definición de una política de adaptación específica para el sector. Mientras CONAMA será responsable de desarrollar los análisis de vulnerabilidad y ODEPA de las evaluaciones socioeconómicas de los impactos productivos asociados al cambio climático, FIA investigará las experiencias nacionales e internacionales de adaptación. En base a estos estudios, las tres entidades desarrollarán en conjunto la política de adaptación.

Por su parte, no existen instrumentos desarrollados por organismos gubernamentales nacionales, o pro-

venientes de organismos internacionales, que incorporen los riesgos del cambio climático en la evaluación e implementación de políticas de desarrollo. Sin embargo, existen antecedentes que permiten pensar que MINAGRI está trabajando en esta materia y que seguramente será el primer organismo público en integrar la adaptación al cambio climático en el desarrollo de políticas públicas. Por ejemplo, MINAGRI está analizando algunos instrumentos de fomento que contribuyen a la lucha contra la desertificación y la sequía en función del impacto del cambio climático sobre estos fenómenos, y el objetivo es modificarlos buscando su coherencia.

### **Obstáculos para integrar la adaptación al cambio climático en las políticas de desarrollo**

Si bien existen diversos obstáculos, es posible agruparlos en tres grandes áreas: falta de voluntad política, falta de capacidades técnicas y falta de integración institucional. Con respecto a la falta de voluntad política, el hecho de que el cambio climático implica políticas de largo plazo, las que van más allá de los períodos presidenciales, hace difícil que los políticos le den la prioridad que requiere.

Con relación a la falta de capacidades técnicas, se destacan la poca capacitación del sector público y privado en materia de manejo de riesgos, la carencia de programas de investigación que apoyen a la generación de conocimiento y tecnología para una producción sectorial (por ejemplo agrícola) en ámbito de riesgo, la ausencia de información sobre la efectividad de distintas medidas de adaptación, y la ausencia de masa crítica capaz de abordar esta temática de manera seria y técnica.

Por su parte, otro obstáculo corresponde a la falta de articulación entre los distintos organismos relacionados con el cambio climático y la adaptación.

### **Fortalezas para integrar la adaptación al cambio climático en las políticas de desarrollo**

Si bien Chile enfrenta varios obstáculos para avanzar en la integración de la adaptación al cambio climático, también es cierto que presenta diversas e importantes fortalezas. Estas se pueden agrupar en tres grupos: institucionales, geográficas y económicas. Con relación al tema institucional, unas de las fortalezas de Chile para abordar de manera exitosa la tarea de la adaptación corresponden al alto nivel de la academia nacional y a promisorios antecedentes de cooperaciones público-privadas, que de prosperar permitirían el desarrollo de importantes iniciativas en temas de adaptación.

Un ejemplo interesante de lo anterior corresponde al “Sistema Agroclimático conjunto FDF-INIA-DMC”, alianza entre la Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), que complementa las redes de estaciones meteorológicas y establece una operación conjunta a nivel nacional, que le permite al sector productivo disponer de información agroclimática en tiempo real.

Dentro de las fortalezas u oportunidades geográficas presentes en Chile, se destaca la configuración del territorio, el cual corta muchos paralelos, condición que le otorga una amplia variedad de climas con diversas eventuales posibilidades de adaptación. Por su parte, también se destacan las siguientes fortalezas económicas: a) las buenas relaciones que mantiene Chile con Estados Unidos y Europa; b) la gran experiencia del país en materia exportadora, lo que le permitiría dirigir su producción a diferentes mercados, dependiendo del contexto internacional en que se produzcan los impactos del cambio climático; y c) los altos recursos financieros presentes en las arcas fiscales corresponden a un elemento que facilita el financiamiento de las tareas de adaptación. En este sentido, el Ministerio de Hacienda podría incluir explícitamente una glosa sobre cambio climático; asimismo se podría destinar parte del Royalty Minero hacia estas materias, de modo que las instituciones

públicas cuenten con los recursos necesarios para trabajar el tema de manera apropiada.

### El rol de los diversos actores e instituciones

Con respecto a qué actores e instituciones deben involucrarse en la integración de la adaptación al cambio climático en la elaboración de políticas públicas, es opinión común que tanto el sector público, el Parlamento, los académicos, el sector privado y las organizaciones sociales tienen un rol preponderante que jugar.

En primer lugar, el Estado debe liderar estas iniciativas y ser capaz de involucrar al resto de los actores, buscando coincidencias y aproximaciones comunes a todos ellos. Esto debe resultar en una visión con respecto a la adaptación coherente e integrada a nivel nacional, que marque una ruta clara, y que sea perdurable en el tiempo, de modo que sea estable frente a los cambios de gobierno. Más específicamente, el Estado debe prestar especial atención a las poblaciones más vulnerables, a los más desposeídos y a las PYMEs, ya que cuentan con escasos recursos para hacer frente a los desafíos del cambio climático y es difícil que por sí mismos los enfrenten de manera exitosa. Sin embargo, esto no significa descuidar a los actores con más recursos, los que deben ser abordados a través de incentivos y regulaciones que los encaminen al desarrollo de iniciativas de mitigación y adaptación apropiadas.

Los centros académicos deben ser fuentes de información y conocimiento científico, elementos indispensables para el desarrollo de políticas y medidas de adaptación. Algunos organismos públicos, tales como el Instituto Meteorológico de Chile, también deben ser considerados en esta función.

Por su parte, el rol atribuido al sector privado corresponde mayoritariamente a las funciones de financiamiento y educación. Sin embargo, también se le reconoce un importante rol en el diseño de las políticas de adaptación, ya que si no participa en el desarrollo de estas políticas, se dificulta su participación en la im-

plementación y efectividad de las mismas. Como una forma de captar la atención del sector privado en iniciativas de adaptación, se recomienda introducir este concepto como parte de las estrategias privadas asociadas a la Gestión de Riesgo (Risk Management), elemento común y ampliamente utilizado por las grandes empresas.

Finalmente, el rol de las organizaciones sociales y ONGs es atribuido al de disseminar o socializar las políticas e iniciativas a la población en general. También deben jugar un rol importante en el desarrollo de estudios que entreguen resultados de más fácil comprensión que los elaborados por los centros académicos.

### Reflexiones finales

La información presentada refleja que en Chile estamos recién comenzando a abordar la adaptación al cambio climático y que queda mucho trabajo por desarrollar. No solo existe una generalizada carencia de políticas públicas específicas que fomenten la adaptación al cambio climático, sino que también es nula la presencia de iniciativas tendientes a modificar políticas existentes, o a evaluar las nuevas, en función de este requerimiento. Si bien no caben dudas de que esta situación no es positiva, Chile no parece ser el único país en estas condiciones. Mientras la mayoría de los países en desarrollo presentan un panorama similar, el caso tampoco es ajeno a muchos de las naciones desarrolladas. Tal como argumentan Kok y De Coninck (2007), la integración de la adaptación al cambio climático está en su infancia.

A pesar de lo anterior, es relevante destacar que su probable calidad de país Miembro de la OCDE implica que Chile deberá actuar con celeridad en estas materias. Tal como lo expresa la “Guía para la Adhesión de Chile a la Convención OCDE” (OCDE, 2007), la posición de Chile frente a la Convención de Cambio Climático será examinada por el Comité de Política Ambiental de la OCDE con la expectativa general de que haya asumido los mismos compromisos que la mayoría del resto de los países Miembros. Más específicamente, la “Declaración Sobre la Integración de la Adaptación al Cambio Climático en la

Cooperación para el Desarrollo” (OCDE, 2006) expresa que los Países Miembros trabajarán para integrar la adaptación al cambio climático en la planificación del desarrollo tanto en el marco de sus actividades domésticas como en iniciativas desarrolladas con países asociados.

Para que Chile pueda avanzar en la adaptación al cambio climático, y cumplir con los requerimientos de la OCDE, existen diversos aspectos que deben ser priorizados en nuestro país. Lo que sigue a continuación destaca las prioridades más resaltadas durante el ejercicio de levantamiento de información que permitió la elaboración de este artículo.

A grandes rasgos, la carencia más importante corresponde a la ausencia de estudios y análisis que evalúen los impactos que los cambios en las variables climáticas implicarán sobre los sectores productivos del país, tales como la generación de energía, la actividad minera, la agricultura, la actividad forestal, la pesca, la acuicultura y el turismo. También es necesario contar con estudios acerca de los impactos del cambio climático sobre la gestión pública, incluyendo el desarrollo urbano, la gestión del borde costero, la gestión de desastres, el manejo de los recursos hídricos, la gestión municipal y la provisión de salud. En este sentido, un aspecto prioritario es incrementar el conocimiento acerca de los impactos sociales y económicos del cambio climático.

Por su parte, existe una serie de aspectos a nivel institucional que Chile debe abordar de manera prioritaria para avanzar de manera concreta en materia de adaptación. Dado que tanto el Estado como el mercado tendrán un rol relevante en las futuras acciones de adaptación, las políticas públicas deben velar por no entorpecer las iniciativas que el sector privado em-

prenderá en función de los incentivos económicos que lo impulsarán a adaptarse al cambio climático, principalmente en los mercados asociados a los bienes de exportación, tales como la agricultura y el sector forestal (Mendelsohn, 2006). A su vez, el Estado deberá actuar con mayor énfasis en los sectores dominados por bienes públicos, tales como las zonas costeras, las reservas naturales, el desarrollo urbano y la gestión de desastres, desarrollando estrategias dinámicas de adaptación que protejan los bienes públicos a lo largo del tiempo (Mendelsohn, 2006).

Dado que hasta el momento la acción del Gobierno se ha concentrado principalmente en CONAMA y en el Ministerio de Agricultura, para generar una inserción de la adaptación más efectiva y concreta en las decisiones sobre el desarrollo de manera transversal es necesario avanzar en al menos dos frentes:

- en la generación de conciencia en toda la estructura gubernamental acerca de la necesidad de incluir el cambio climático en sus estrategias de desarrollo; y
- en el establecimiento de vínculos de cooperación con los actores no gubernamentales y el sector privado de diversas áreas, tales como la investigación, el financiamiento y la generación de capacidades.

En este sentido, y dada la relevancia de los recursos naturales para la economía nacional, los que se verán claramente afectados por fenómenos como el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones, es fundamental abordar el cambio climático no solo como algo de trascendencia ambiental, sino que como un elemento esencial para las estrategias de desarrollo económico y social del país. Un ejemplo regional de una iniciativa con estas características

## Adaptación al cambio climático e iniciativas de desarrollo en Perú

Un ejemplo regional de integración de la adaptación al cambio climático en las iniciativas de desarrollo corresponde al esquema multisectorial tendiente a incorporar el análisis del riesgo climático en la formulación y evaluación de los proyectos públicos, impulsado por la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público (DGPM) del Ministerio de Economía y Finanzas del Perú.

Este organismo, encargado de orientar, integrar, hacer seguimiento y evaluar los Planes Estratégicos Multianuales del Sector Público del Perú, no solo ha desarrollado guías tendientes a incorporar el análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública, sino que también está impulsando la investigación tendiente a contribuir a la definición de políticas públicas, estrategias o instrumentos adecuados para lograr que los programas, proyectos o acciones de inversión para el desarrollo sostenible no generen nuevas vulnerabilidades en la sociedad, más aún en el actual contexto de cambio climático.

corresponde a la desarrollada por el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (ver Recuadro para detalles).

Para avanzar de manera concreta en la adaptación al cambio climático, también es necesario desarrollar procesos participativos que incluyan a diversos actores y sectores. Por ejemplo, se deben agrupar y coordinar diversas instituciones con intereses comunes para el desarrollo de estudios y políticas. De manera similar, se requiere desarrollar iniciativas público-privadas con una alta participación del sector académico.

Finalmente, otros aspectos que deben ser priorizados para avanzar en la integración de la adaptación al cambio climático en las iniciativas de desarrollo son los siguientes:

- incorporar el cambio climático y la adaptación como un elemento central del desarrollo de políticas públicas;
- desarrollar sistemas de investigación y desarrollo orientados a generar tecnología de producción para los nuevos escenarios climáticos (recursos genéticos, conservación de aguas, manejo de sequías, control biológico de plagas);
- crear espacios de comunicación y difusión para el ciudadano corriente del conocimiento sobre las amenazas del cambio climático y las formas de enfrentarlas;
- incorporar más contenidos en la formación profesional, referidos a la mitigación de riesgos climáticos en la agricultura y en otros sectores de la economía;
- implementar un sistema nacional de monitoreo de indicadores que permita tener una alerta temprana de la manifestación de los cambios globales en nuestro territorio, lo que permitirá reaccionar a tiempo, reduciendo los costos de la remediación.

---

## Referencias

- CONAMA (2007). La ciencia del cambio climático. (<http://www.sinia.cl/1292/article-37761.html>).
- DGF (2006). Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Realizado por el Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias. Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Kok, M. T. J. y De Coninck, H. C. (2007). Widening the scope of policies to address climate change: directions for mainstreaming. *Environmental Science and Policy* 10: 587-599.
- Martínez, K. (2007). Acciones de reducción ante la vulnerabilidad del cambio climático: el caso de Chile. RIDES, Santiago.
- Mendelsohn, R. (2006). The role of markets and governments in helping society adapt to a changing climate. *Climatic Change* 78: 203-215.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2006). Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas. Lima, Perú (<http://www.gestiondelriesgo.org.pe/Documento4.pdf>).
- OCDE (2006). Declaration on integrating climate change adaptation into development co-operation. In: Proceedings of the Meeting of the OECD Development Assistance Committee and the Environment Policy Committee, April 4, 2006, OCDE, París.
- OCDE (2007). Roadmap for the Accession of Chile to the OECD Convention. December 17, 2007, OCDE, París.
- Olmo, M. (2007). Plan de Acción: Estrategia Nacional de Cambio Climático. Presentación en el Seminario Internacional "El Cambio Climático y sus efectos en la producción silvoagropecuaria en zonas áridas y semiáridas", organizado por INFOR, INIA y el Gobierno Regional de Coquimbo, La Serena, 2 y 3 de octubre de 2007.
- Reid, H. y Huq, S. (2007). Adaptation to climate change: how we are set to cope with the impacts. An IIED Briefing. IIED, Londres.
- Urwin, K. y Jordan, A. (2008). Does public policy support or undermine climate change adaptation? Exploring policy interplay across different scales of governance. *Global Environmental Change* 18: 180-191.



# La adaptación al cambio climático en Colombia

---

Carlos Costa Posada \*

\* Ph.D. Director general del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá D.C. Colombia  
[direccion@ideam.gov.co](mailto:direccion@ideam.gov.co)

Este artículo fue presentado originalmente en la Revista de Ingeniería #26. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.  
rev.ing. ISSN. 0121-4993. Noviembre de 2007.

## Resumen

*Recientemente se alcanzó el consenso político y científico de que el cambio climático es una realidad y que es causado por el hombre. Sin embargo esto tomó demasiado tiempo y, mientras tanto, el fenómeno ya está afectando al planeta hasta llegar a un nivel considerado irreversible, sin que se adoptaran medidas efectivas para enfrentar el problema. Además de tratar de reducir emisiones de GEI para controlar la magnitud del impacto, es indispensable iniciar acciones para anticiparse a dichos impactos. Esto requiere innovación para aprovechar el conocimiento y la tecnología disponible de manera ingeniosa, mientras se desarrolla conocimiento y tecnología específica.*

---

## Introducción

Desde hace varios años, hay prácticamente un consenso científico universal sobre el hecho de que el cambio climático es una realidad y que su causa es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), como resultado de la actividad humana. Sin embargo, la posición oficial de varios gobiernos como el de Estados Unidos, China y Australia era la de explicar las alteraciones recientes del clima como parte de la variación climática normal que se presenta de año a año denominada “variabilidad climática”.

Esta posición sólo es explicable por el temor a las implicaciones económicas y probablemente por la convicción de que era posible desarrollar una solución tecnológica en un plazo corto.

En 1994, la mayoría de los países firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, con la intención de cooperar para mantener el fenómeno bajo control. No obstante, cuando años después se negoció el protocolo de Kyoto y se asignaron compromisos de reducir las emisiones de GEI, casi no se logra suficiente respaldo para que entrara en vigor. La razón es que la convención y el protocolo parten de que la responsabilidad, aunque

compartida, es diferenciada; es decir, hay una responsabilidad histórica de aquellas naciones que han emitido más GEI en el pasado. Esto explica por qué las naciones en desarrollo no tienen compromisos de reducción de emisiones de GEI aunque hoy sean grandes emisores, como China. Asumir los compromisos de Kyoto implica costos y restricciones al crecimiento industrial para las naciones desarrolladas y una ventaja competitiva para las naciones en desarrollo que todavía no tienen compromisos.

Por esta razón, un número importante de naciones se negaron a firmar el protocolo de Kyoto y respaldaron públicamente su posición argumentando la supuesta falta de evidencia concluyente. Este motivo cambió a partir de febrero de este año, cuando el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) se reunió en París para revisar y adoptar el documento “Cambio Climático 2007: La base científica física”, en el cual se evidenció científicamente que las actividades humanas en gran medida modifican la química de la atmósfera y, por lo tanto, el clima. Este documento es oficialmente respaldado por los países miembros de las Naciones Unidas, incluido Estados Unidos. Esto permite esperar un fuerte cambio de actitud política internacional que haga que todos los

países adopten medidas responsables, aunque no necesariamente adopten el protocolo de Kyoto.

Mientras tanto, la demora en alcanzar el consenso retrazó las decisiones e inversiones en materia de reducción de emisiones; pero, más aún, retrazó decisiones e inversiones en preparativos para enfrentar los impactos del cambio climático. Hoy el tema está conceptualmente retrazado a nivel mundial y a pesar de que se requiere mucha profundización en el conocimiento y el desarrollo de nuevas tecnologías, también es necesario utilizar el conocimiento y la tecnología disponible de manera creativa para recuperar el tiempo perdido.

### Evidencias cambio climático en Colombia

La evidencia sobre el calentamiento del planeta es incontrovertible. El monitoreo sistemático del IDEAM permite afirmar que, de manera similar al igual al resto del planeta, los glaciares colombianos pierden entre 50 centímetros y un metro de espesor al año, retrocediendo consecuentemente entre diez y veinte metros al año. El nevado de Santa Isabel tiene hoy veinticinco metros (25 m) de espesor en el sitio de más profundidad, si consideramos que está per-

diendo un metro (1.0 m) de espesor al año, su existencia no debe superar treinta años.

Desde 1960, el nivel del mar aumentó en promedio 1.8 milímetros al año en el planeta, mientras que en los últimos diez años viene aumentando en 3.1 milímetros por año. En Colombia se percibe un comportamiento parecido. El IDEAM ha registrado, en Cartagena y en Tumaco, incrementos de entre 3 y 5 milímetros por año durante los últimos cincuenta años, lo cual ha hecho que en este período el nivel medio del mar en las costas colombianas haya aumentado 10 cm. en el Caribe y 22 cm. en el Pacífico.

Por otra parte, durante los últimos 50 años la temperatura promedio de la superficie aumentó 0.65°C. No puede ser coincidencia que, a partir de 1995, prácticamente todos los años hayan sido los más calientes de la historia. El IDEAM tiene evidencias de que el incremento de la temperatura es mayor a mayores alturas, lo que permite suponer que los impactos serán mayores a mayor altitud.

### Los impactos futuros

El IPCC respaldó el hecho de que, inclusive si se detuviera súbitamente la emisión de todo gas de efec-

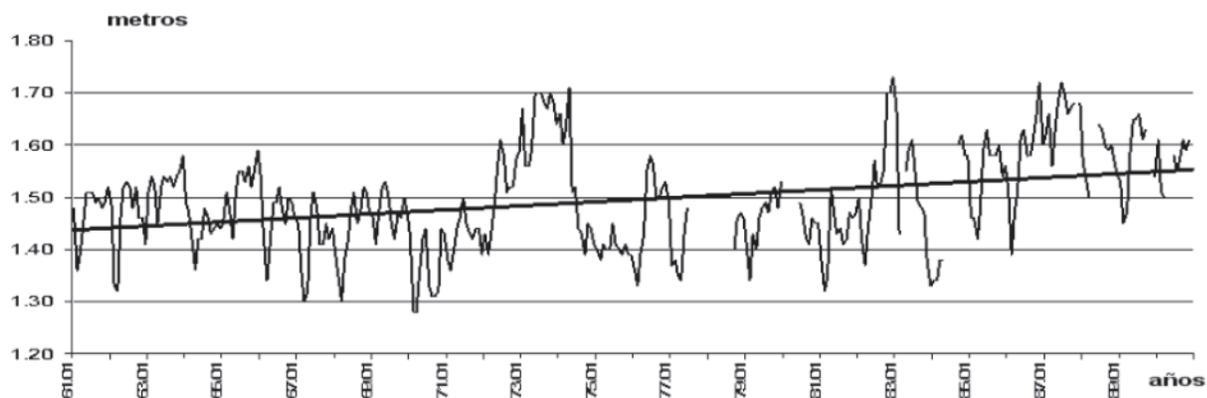


Figura 1. Evolución del nivel del mar en Tumaco

to invernadero, el planeta seguiría calentándose casi medio grado centígrado más durante los próximos treinta años. Esto debido a que los gases ya emitidos permanecerán actuando en la atmósfera, algunos hasta cien años. Impedir el calentamiento global ya no es posible, de manera que el asunto ahora es si se lo puede mantener bajo niveles que no amenacen la estabilidad ambiental del planeta.

La magnitud del cambio climático y sus impactos dependerá totalmente de las decisiones políticas que los grandes emisores de gases efecto invernadero tomen durante los próximos cinco años. Los escenarios de emisiones futuras avalados por el IPCC muestran que, si no se imponen controles efectivos a la emisión de gases efecto invernadero, para el año 2100 el aumento de la temperatura promedio puede llegar a ser de tres grados y medio, el nivel promedio del mar puede subir hasta 60 centímetros. Por otra parte las lluvias se redistribuirán; en general, las zo-

nas áridas y secas serán más áridas y secas aumentando los desiertos y zonas inhabitables.

Estos impactos se irán presentando paulatinamente y Colombia será afectada de manera importante. El IDEAM estima que en el 2050 habrá desaparecido el 80% del área glaciar del país y el 60% del área de páramos estará altamente degradada. Esto tendrá diversas, lo cual tendrá implicaciones globales si consideramos que la mayor biodiversidad de páramos del mundo se encuentra en Colombia. Por otra parte, la degradación de los páramos también afectará la oferta hídrica de Bogotá y las capitales del eje cafetero. Por el momento no es posible saber la magnitud de esta afectación, dado que no existen modelos del ciclo del agua para alta montaña que consideren adecuadamente el aporte del páramo.

Por otra parte, y aunque la cantidad de lluvia no ha cambiado mucho, lo que sí es evidente en los datos

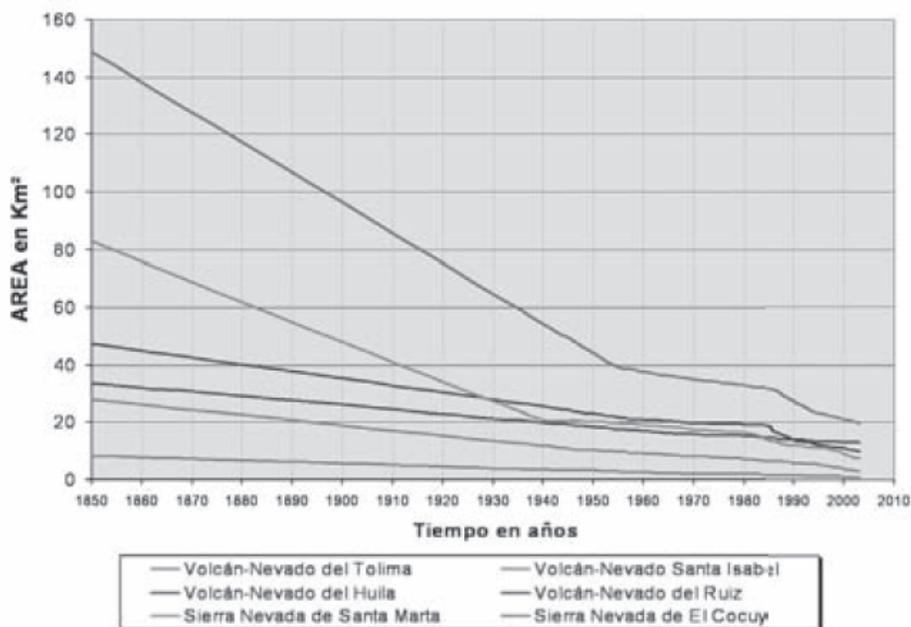


Figura 2. Retroceso glaciar en Colombia

del IDEAM es que la intensidad de las lluvias ha aumentado. Esto coincide con las conclusiones del IPCC: aumento de la intensidad de lluvias y huracanes en todo el planeta. Esto tiene implicaciones serias para la población y los sectores en riesgo de desastres naturales, porque una mayor intensidad de las lluvias y los huracanes implica mayor número de crecientes súbitas, de inundaciones y de deslizamientos de tierra que son los eventos que generan el 90% de los desastres del país.

Los modelos globales de clima también pronostican una redistribución de las lluvias debido a cambios en la circulación de la atmósfera. La mayoría de los modelos prevén aumento de la precipitación en el pacífico colombiano y reducción en la cuenca del caribe. A la fecha, el IDEAM ha detectado un pequeño pero estadísticamente significativo aumento de la precipitación en el occidente del país (Figura 3) lo que corrobora los modelos globales.

La reducción de las lluvias, por otro lado, coincide con zonas que de partida son zonas secas, lo que contribuiría con el proceso de desertificación del que Colombia no es ajeno. Según el IDEAM, Colombia posee 24.534.200 hectáreas en ecosistemas de zonas secas (21,5% del país), de los cuales 19.351.000 hectáreas se encuentran en desertificación (16,95% del país).

Los corales del caribe también serán fuertemente afectados. El territorio marino colombiano alberga el treinta por ciento de la cuenca del caribe y la tercera barrera coralina del planeta. Eventos recientes de calentamiento temporal del Mar Caribe han demostrado que dos grados de temperatura por encima del promedio histórico son suficientes para causar la muerte o “blanqueamiento” de comunidades de coral. Ante un aumento permanente en la temperatura en el mar y de este orden de magnitud, los corales del caribe enfrentan un alto riesgo de desaparecer.

Los impactos de la degradación de los corales son múltiples. Primero, la pérdida de la biodiversidad

asociada. Segundo, el sector pesquero y la seguridad alimentaria de las comunidades costeras se verán amenazados debido a que el 65% de las especies pesqueras dependen de los corales durante sus primeras etapas de desarrollo. Además, paulatinamente se perderá la protección contra marejadas y huracanes que las barreras coralinas ofrecen a islas y costas. Todo esto sin considerar la importancia de los corales para el sector turismo ni su valor cultural.

El aumento del nivel del mar también puede traer impactos negativos. Este aumento se debe a que el agua del océano aumenta de volumen al calentarse y al derretimiento de los glaciares y del Polo Norte. Según el IPCC, dependiendo del modelo de desarrollo que elija el planeta, el nivel del mar puede aumen-

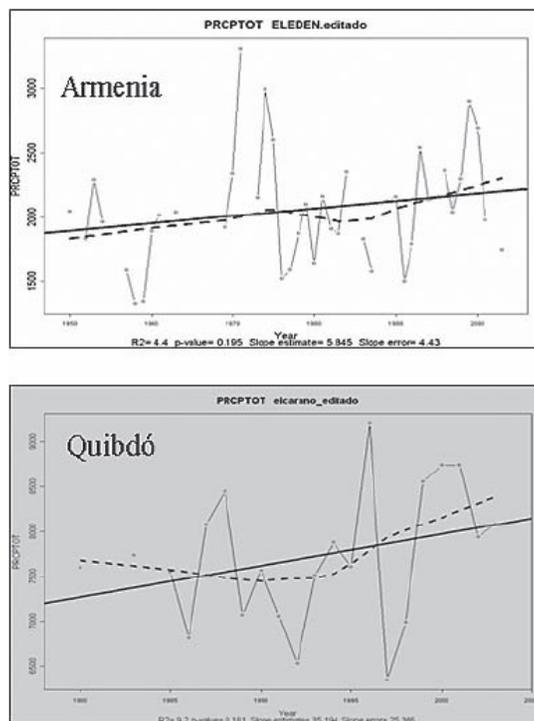


Figura 3. Tendencias de aumento de la precipitación en Armenia (+6 mm/año) y en Quibdó (+35 mm/año) (Cálculo según método RCLimDex desarrollado por el National Climate Data Centre (NCDC) de la NOAA)

tar entre 20 y 60 cm, hacia finales del siglo 21. Esto tendrá consecuencias importantes en las ciudades costeras por el aumento del riesgo de anegamiento por marejadas y de inundación por lluvias fuertes en ciudades como Barranquilla, Cartagena y San Andrés, que hoy enfrentan esos problemas.

Finalmente, otro impacto previsto es el aumento de riesgo de epidemias de dengue y malaria dado que el aumento de la temperatura amplía el área apta para el desarrollo de los mosquitos que transmiten dichas enfermedades.

### ¿Reaccionará el planeta?

Colombia tiene muy poco control sobre el cambio climático dado que genera sólo el 0.25 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, de manera que estamos en las manos de las decisiones del planeta.

La adopción oficial, por parte de la mayoría de las naciones del mundo, de las conclusiones del IPCC en febrero de este año representa un cambio radical. Dicha actitud refleja la decisión universal, no sólo de aceptar los hechos sino de enfrentarlos. Ninguna nación puede hoy continuar actuando pasivamente después de aceptar públicamente que el cambio climático es una realidad y que es el resultado de la actividad humana. Ya no sería una falta de ética como lo ha sido hasta ahora sino un error político. Esto no quiere necesariamente decir que la reacción de los países desarrollados vaya a ser unificada ni necesariamente coherente. Existe la posibilidad de que algunos países actúen de manera independiente, dado que asumir acuerdos universales puede tener implicaciones económicas importantes. De hecho los países en desarrollo, que no son responsables del problema pero que van a sufrir las consecuencias, presionan cada vez más por medidas compensatorias. Estados Unidos ya empezó a actuar de manera independiente, algunos estados ya empezaron a implementar meca-

nismos autónomos de control de emisiones y se espera que el país asuma una estrategia nacional al respecto. La gran incógnita es la manera como reaccionarán los países en desarrollo con alto crecimiento industrial como China, India, Brasil y México. Éstos son países que están creciendo de manera no muy responsable con el ambiente, pero que no son responsables del calentamiento pasado y reclaman su derecho a crecer sin restricciones como crecieron los hoy países desarrollados. De nuevo se habla de compensación en forma de transferencia de tecnología y preferencias arancelarias, pero ¿seremos capaces de absorber los requerimientos de China e India?

Mientras tanto países como el nuestro tienen que mantener su visibilidad y poder de negociación internacional, al tiempo que deben prepararse para enfrentar el cambio climático e incluir en los planes de desarrollo de mediano y largo plazo los escenarios futuros de clima.

### Adaptarse al cambio climático exige creatividad y estar dispuesto a romper paradigmas

Prepararse para enfrenar el cambio climático o “adaptación al cambio climático” tiene barreras conceptuales, tecnológicas, económicas y políticas que han retrasado su implementación. Ante conclusiones como las expuestas anteriormente, era de esperarse que las inversiones en anticipación a los cambios fueran comunes; sin embargo, Colombia es el primer país que consigue financiación para inversiones directas en adaptación de parte del Fondo Mundial para el Medio Ambiente GEF.

Esto se logra como resultado de romper varios de los paradigmas existentes:

Primero, la incertidumbre ante el comportamiento del clima futuro es muy alta ya que esta depende tanto de las decisiones que tomen o no los grandes países emi-

sores de GEI como de la precisión de los modelos globales de clima. Por esta razón, los mecanismos de financiación multilateral se negaban a financiar adaptación. La posición de Colombia es la de enfrentar las tendencias del cambio y no escenarios futuros. Es decir, aunque no sepamos la temperatura final, el porcentaje de cambio en la precipitación o el cambio en la oferta hídrica, sabemos con bastante certeza la dirección del cambio. Reaccionar contra la reducción de la oferta hídrica en San Andrés instalando sistemas de recolección de aguas lluvias, por ejemplo, permite iniciar acciones de prevención aunque no conozcamos la magnitud del cambio.

El segundo paradigma a romper era que un problema de tal magnitud requería del desarrollo de nueva tecnología. Esto también fue desvirtuado con ejemplos como el anterior. También con la reconversión hacia sistemas productivos agropecuarios con uso eficiente de agua en zonas con tendencia a la reducción de oferta hídrica. O también con el fortalecimiento de medidas de prevención de incendios en cuencas abastecedoras de agua sujetas a aumento de incendios por el aumento de la temperatura.

El tercer paradigma a romper era que financiar acciones que tuvieran beneficio presente no podía considerarse como acciones de adaptación al cambio climático. Fortalecer áreas protegidas que hoy son importantes por conservación de biodiversidad pero que bajo cambio climático serán importantes por otras razones como abastecimiento de agua o fuente de alimento, no era considerado adaptación a cambio climático. Para esto se demostró con datos del IDEAM y con respaldo del IPCC que el cambio climático ya lo estamos sintiendo, por lo que hay que enfrentar los impactos desde ya. Por otra parte, se argumentó que inversiones que no tienen beneficio inmediato difícilmente sobrevivirán hasta que sean útiles. En el caso del sistema de recolección de aguas lluvias en San Andrés, las comunidades beneficiarias mejoran desde hoy la disponibilidad de agua potable y reducen los

costos de provisión del servicio. Esto garantiza que el sistema será mantenido por los usuarios hasta que sea indispensable.

Con estos principios a la cabeza, el país se está preparando para los cambios que vienen. El IDEAM inició el primer proyecto de adaptación al cambio climático y, en asocio con el Invemar, Coralina, el Instituto Nacional de Salud y Conservación Internacional, está trabajando para enfrentar los problemas que se avecinan en los corales y la reducción de la oferta hídrica en el caribe; la afectación de los páramos y la reducción de la oferta hídrica en las zonas de alta montaña, y el anticipado incremento de la malaria y el dengue. Adicionalmente, se están preparando los escenarios futuros de clima para que sean incluidos en la planeación a mediano y largo plazo de todos los sectores, de manera que el cambio climático sea un elemento clave en la planeación de un desarrollo sostenible.

## Conclusiones

El cambio climático es hoy un fenómeno plenamente aceptado por científicos y políticos y la demora en el alcance de este consenso requiere del concurso de todos: científicos, tomadores de decisión, sector privado y comunidad en general para recuperar el tiempo perdido.

El proceso de cambio del clima es imposible de detener. Aunque se detuviera por completo la emisión de gases de efecto invernadero, la tierra seguiría calentándose por el efecto de los gases que ya se emitirían.

Un país como Colombia, que tiene poco control sobre las causas del fenómeno, debe dedicarle gran esfuerzo a prepararse para sus impactos. Y estos preparativos deben iniciarse cuanto antes.

La academia debe dedicarse a reducir las incertidumbres de los modelos de clima global y a modelar los

impactos locales en el país. Temas como el impacto de los cambios de precipitación y temperatura en la escorrentía, la tasa de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en las turberas de los páramos, el costo extra en que la nación tendrá que incurrir para enfrentar el cambio climático (que debería ser financiado por los países responsables del cambio climático), entre muchos otros, requieren de investigación.

Los profesionales del país deben contribuir con soluciones innovadoras pero viables en nuestras condiciones socioeconómicas y ambientales para enfrentar las consecuencias del cambio climático.

Los tomadores de decisión pública y la empresa privada deben incluir las tendencias de cambio del clima en sus procesos de planeación a mediano y largo plazo para minimizar decisiones riesgosas y para financiar investigación, desarrollo de tecnología y acciones directas de adaptación ante aquellos impactos que son imposibles de evitar.

La sociedad civil debe tratar de generar la mínima cantidad de emisiones posible usando eficientemente los combustibles y la energía, y reduciendo la presión sobre recursos que se verán afectados por el cambio climático, como la oferta hídrica en algunas regiones.

---

## Referencias

- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). "Cambio Climático 2007: La base científica física". París, 2007. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Primera comunicación nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá D.C.: Trade Link Ltda., 2001.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2004.
- C. Costa Posada, H. G. Rivera, H. Romero Pinzón, C. Contreras Trujillo, G. Olaya Triana, M. Carvajal Contreras. Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua: conocimiento hidrológico para el bienestar de la población. Bogotá D.C.: Acodal, 214, 29 – 34, 2006.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Memorias de la Primera Conferencia Internacional de Cambio Climático: Impacto de los Sistemas de Alta Montaña. Bogotá D.C. Imprenta Nacional de Colombia 2007
- Instituto de Investigaciones Marinas y costeras, José Benito Vives de Andrés, INVEMAR. Acciones de Colombia frente al cambio climático global: definiendo la Vulnerabilidad de la zona costera colombiana. 2007.
- Instituto Nacional de Salud, INS. Documento de trabajo: Cambio climático y salud humana. Bogotá D.C., 2007.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007, 996.

# Resumen para Responsables de Políticas

---

Grupo de Trabajo II del IPCC \*

\* Neil Adger, Pramod Aggarwal, Shardul Agrawala, Joseph Alcamo, Abdelkader Allali, Oleg Anisimov, Nigel Arnell, Michel Boko, Osvaldo Canziani, Timothy Carter, Gino Casassa, Ulisses Confalonieri, Rex Victor Cruz, Edmundo de Alba Alcaraz, William Easterling, Christopher Field, Andreas Fischlin, Blair Fitzharris, Carlos Gay García, Clair Hanson, Hideo Harasawa, Kevin Hennessy, Saleemul Huq, Roger Jones, Lucka Kajfež Bogataj, David Karoly, Richard Klein, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Rodel Lasco, Geoff Love, Xianfu Lu, Graciela Magrín, Luis José Mata, Bettina Menne, Guy Midgley, Nobuo Mimura, Monirul Qader Mirza, José Moreno, Linda Mortsch, Isabelle Niang-Diop, Robert Nicholls, Béla Nováky, Leonard Nurse, Anthony Nyong, Michael Oppenheimer, Jean Palutikof, Martin Parry, Anand Patwardhan, Patricia Romero Lankao, Cynthia Rosenzweig, Stephen Schneider, Serguei Semenov, Joel Smith, John Stone, Jean-Pascal van Ypersele, David Vaughan, Coleen Vogel, Thomas Wilbanks, Poh Poh Wong, Shaohong Wu, Gary Yohe.

## Resumen

*En este Resumen se presentan las conclusiones políticamente relevantes del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC en sus siglas en inglés). El Informe de Evaluación aborda el nivel actual del conocimiento científico sobre los impactos del cambio climático en los sistemas naturales, bajo gestión y humanos, así como su capacidad de adaptación y vulnerabilidad. Este informe se basa en informes de evaluación anteriores del IPCC e incorpora nuevos conocimientos obtenidos desde el Tercer Informe de Evaluación. Las conclusiones de este Resumen se basan en capítulos del Informe de Evaluación y las fuentes principales figuran al final de cada párrafo.*

## Introducción

En este Resumen se presentan las conclusiones políticamente relevantes del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC en sus siglas en inglés).

El Informe de Evaluación aborda el nivel actual del conocimiento científico sobre los impactos del cambio climático en los sistemas naturales, bajo gestión y humanos, así como su capacidad de adaptación y vulnerabilidad. Este informe se basa en informes de evaluación anteriores del IPCC e incorpora nuevos conocimientos obtenidos desde el Tercer Informe de Evaluación.

Las conclusiones de este Resumen se basan en capítulos del Informe de Evaluación y las fuentes principales figuran al final de cada párrafo.

## Conocimiento actual sobre los impactos observados del cambio climático en entornos naturales y humanos

En el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I se examina detenidamente el cambio climático observado. Esta parte del Resumen del Grupo de

Trabajo II trata sobre la relación entre el cambio climático observado y los cambios recientes observados en los entornos naturales y humanos.

Las conclusiones presentadas se basan principalmente en conjuntos de datos que cubren el período a partir de 1970. El número de estudios de tendencias observadas en los medios físicos y biológicos y su relación con los cambios climáticos a escala regional ha aumentado considerablemente desde el Tercer Informe de Evaluación en 2001. La calidad de los datos también ha mejorado. Sin embargo, hay un notable desequilibrio geográfico en los datos y literatura sobre los cambios observados, con marcada escasez en los países en desarrollo.

Estudios recientes han permitido una evaluación más fiable y completa de la relación entre el calentamiento observado y los impactos que la resultante del Tercer Informe de Evaluación. Ese Informe de Evaluación concluyó que “hay una confianza alta en que los recientes cambios climáticos regionales en la temperatura, han tenido impactos perceptibles en muchos sistemas físicos y biológicos”.

A partir del presente Informe de Evaluación concluimos lo siguiente.

*Evidencias observadas en todos los continentes y la mayoría de los océanos muestran que el cambio*

*climático, en particular el aumento de la temperatura, afecta a muchos sistemas naturales.*

Hay una confianza alta de que los sistemas naturales estén afectados con respecto a cambios en la nieve, hielo y terreno congelado (incluido el permafrost). Ejemplos:

- ampliación y aumento del número de lagos glaciares;
- aumento de la inestabilidad del terreno en regiones de permafrost y avalancha de rocas en regiones montañosas;
- cambios en algunos ecosistemas árticos y antárticos, incluidos aquellos en los biomas del hielo marino y también depredadores que ocupan un lugar superior en la cadena alimentaria .

A partir de crecientes evidencias, hay una confianza alta de que los siguientes efectos se están produciendo en los sistemas hidrológicos:

- aumento de la escorrentía y adelanto del nivel máximo de la descarga de primavera en muchos ríos que se abastecen de nieve y de glaciares;
- calentamiento de ríos y lagos en muchas regiones. Esto provoca efectos en la estructura térmica y la calidad del agua.

Existe una confianza muy alta, basada en pruebas de una gama más amplia de especies, de que el calentamiento reciente está afectando severamente a los sistemas biológicos terrestres, incluyendo cambios tales como:

- adelanto de los fenómenos de primavera, tales como el brote de las hojas, migración de las aves y desolación;
- cambios en el desplazamiento hacia la zona polar y zonas de mayor altitud del ámbito en especies vegetales y animales.

Según observaciones de satélite, desde principios de la década de 1980, en muchas regiones hay confianza alta de que ha habido una tendencia hacia un

“reverdecimiento” temprano de la vegetación en primavera vinculado a estaciones térmicas de crecimiento más prolongadas, debido al calentamiento actual.

Existe una confianza alta basada en nuevas evidencias sustanciales de que los cambios observados en los sistemas biológicos marinos y de agua dulce están relacionados con el creciente aumento de la temperatura del agua, así como con cambios conexos en la cubierta de hielo, salinidad, niveles de oxígeno y circulación. Estos incluyen:

- cambios en las zonas de distribución y en la abundancia de algas, plancton y peces en océanos de latitudes altas;
- aumento de la abundancia de algas y zooplancton en lagos de altitudes y latitudes altas;
- cambios en las zonas de distribución y migraciones más tempranas de los peces en los ríos.

*Una evaluación mundial de datos a partir de 1970 muestra que es probable que el calentamiento antropogénico haya tenido una influencia perceptible sobre muchos sistemas físicos y biológicos.*

La absorción de carbono antropogénico desde el año 1750 ha conducido a que el océano se vuelva más ácido con una disminución promedio en el pH de 0,1 unidades, [Cuarto Informe de Evaluación, Grupo de Trabajo I, IPCC]. No obstante, aún no se han documentado los efectos observados de la acidificación de los océanos sobre la biosfera marina.

Durante los últimos cinco años se han acumulado muchas más evidencias que indican sobre que el calentamiento antropogénico está relacionado con cambios en muchos sistemas físicos y biológicos. Existen cuatro conjuntos de evidencias que sustentan esta conclusión:

1. El Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I llegó a la conclusión de que la mayoría del aumento observado en la temperatura media mundial a partir de la mitad del

*(Continúa en la página 86)*

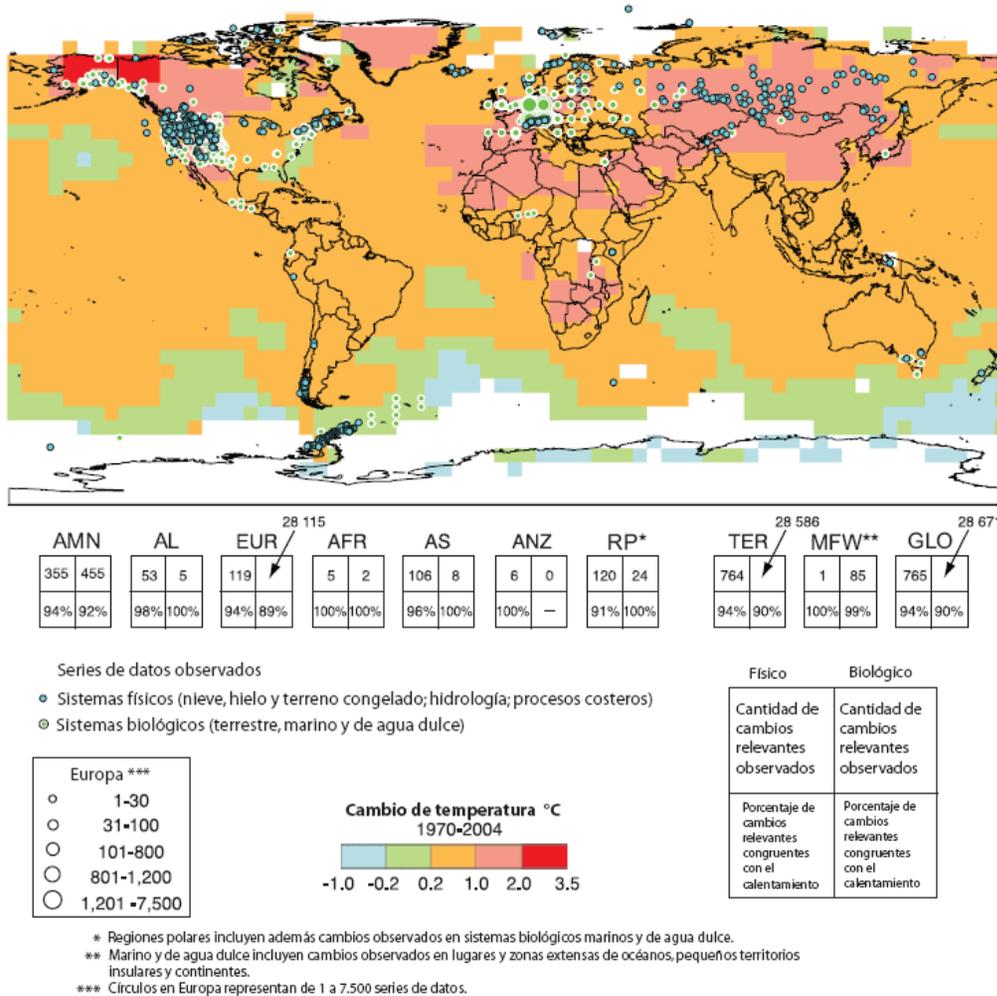
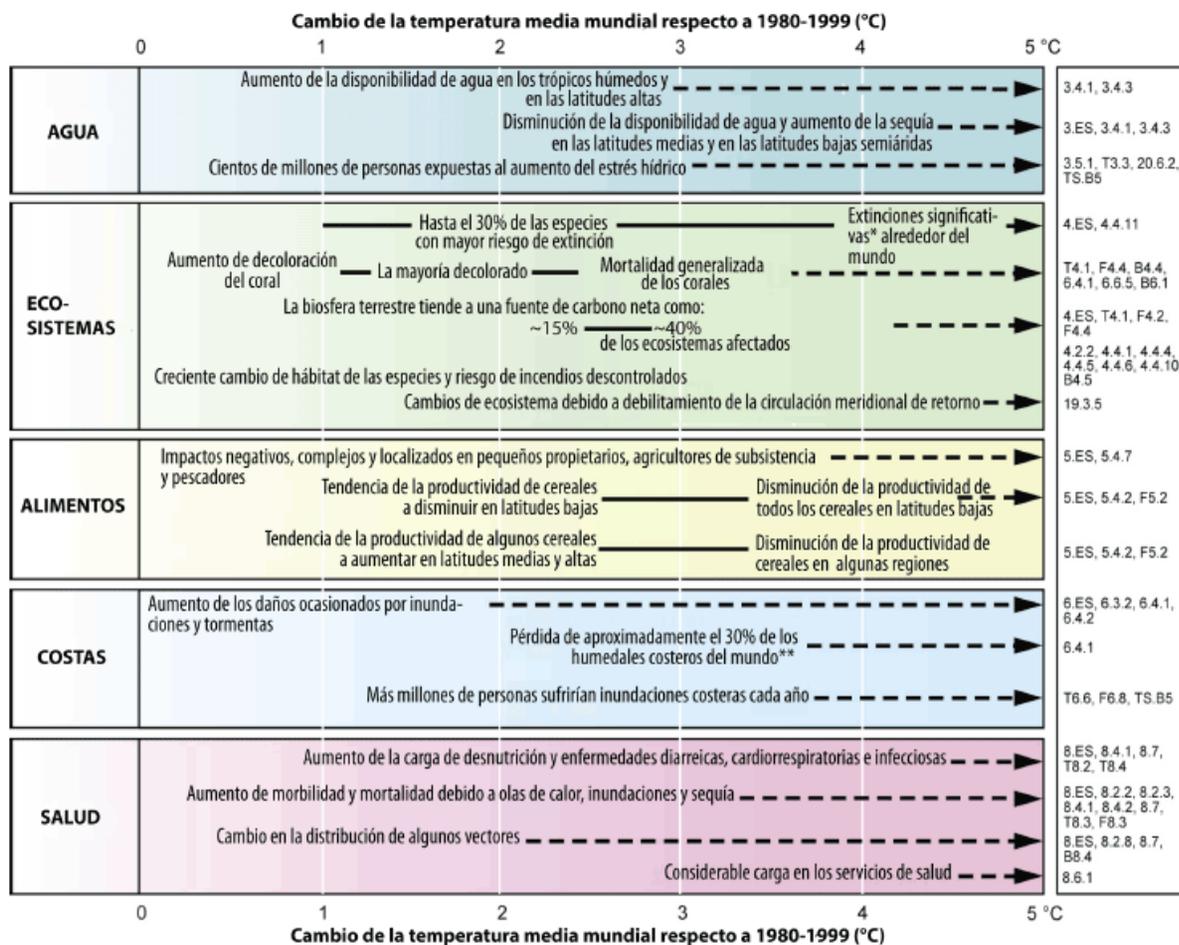


Gráfico RRP-1. Se muestran lugares con cambios significativos observados en sistemas físicos (nieve, hielo y terreno congelado; hidrología y procesos costeros) y biológicos (sistemas biológicos terrestres, marinos y de agua dulce), conjuntamente con los cambios en la temperatura del aire en superficie durante el periodo de 1970-2004. Se seleccionó un subconjunto de unas 29.000 series de datos de aproximadamente 80.000 series de datos de 577 estudios. Estos cumplen con los siguientes criterios: (1) terminan en 1990 o posteriormente; (2) se extienden por un periodo de al menos 20 años; (3) muestran un cambio considerable en cualquier dirección, tal como se evalúa en los estudios individuales. Estas series de datos provienen de aproximadamente 75 estudios (de los cuales ~ 70 son posteriores al Tercer Informe de Evaluación) y contienen unas 29.000 series de datos, de las que alrededor de 28.000 son de estudios europeos. Las zonas blancas no contienen observaciones de datos climáticos suficientes para estimar una tendencia en la temperatura. Los recuadros de 2 X 2 muestran el número total de series de datos con cambios significativos (línea superior) y el porcentaje de aquellas acordes con el calentamiento (línea inferior para (i) regiones continentales: América del Norte (AMN), América Latina (AL), Europa (EUR), África (AFR), Asia (AS), Australia y Nueva Zelanda (ANZ) y Regiones Polares (RP) y (ii) a escala mundial: Terrestre (TER), Marino y de Agua Dulce (MAD) y Mundial (MUN). Los números de los estudios de los recuadros de las siete regiones (AMN...RP) no se suman al total mundial (MUN) porque los números de las regiones, excepto la Polar, no incluyen los números relacionados con los sistemas Marino y de Agua Dulce (MAD). Los lugares con cambios marinos en grandes zonas no se muestran en el mapa [Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II F.1.8, F.1.9; Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I].

**IMPACTOS CLAVE COMO UNA FUNCIÓN DEL CRECIENTE CAMBIO EN LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL**  
 (Los impactos variarán según extensión de la adaptación, tasa de cambio de temperatura y vía socioeconómica)



\* La significación se define aquí como más del 40%

\*\* Basado en un aumento del nivel del mar medio de 4.2mm/año de 2000 a 2080

Gráfico RRP-2 Ejemplos ilustrativos de los impactos mundiales de los cambios climáticos previstos (y el dióxido de carbono a nivel del mar y atmosférico cuando es relevante) asociados a las diferentes cantidades de aumento de la temperatura media global en superficie en el siglo XXI. Las líneas negras vinculan los impactos, las líneas discontinuas con flecha indican los impactos que continúan con el aumento de la temperatura. Las entradas están situadas de tal modo que a la izquierda del texto indican el comienzo aproximado de un impacto dado. Las entradas cuantitativas sobre la escasez de agua y sobre las inundaciones representan el impacto adicional del cambio climático en relación con las condiciones previstas en la serie de escenarios A1F1, A2, B1 y B2 del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE). En estas estimaciones no se incluye la adaptación a los cambios climáticos. Todas las entradas proceden de estudios publicados presentados en capítulos del Informe de Evaluación. Las fuentes se ofrecen en la columna a la derecha de la Tabla. Los niveles de confianza de todas las afirmaciones son elevados.

(Viene de la página 83)

- siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado en las concentraciones de gases de efecto invernadero antropogénicos.
2. Más del 89% de más de 29.000 series de datos de observación de 75 estudios que muestran cambios relevantes en muchos sistemas físicos y biológicos concuerdan con la dirección del cambio previsto como respuesta al calentamiento (Gráfico RRP-1).
  3. Una síntesis general de los estudios de este Informe de Evaluación demuestra fehacientemente que es muy improbable que la concordancia espacial entre regiones con calentamiento relevante alrededor del mundo y los lugares con cambios significativos observados en muchos sistemas congruentes con el calentamiento se deba solamente a la variabilidad natural de la temperatura o de los sistemas (Gráfico RRP-1).
  4. Finalmente, existen varios estudios de modelos que vinculan respuestas relacionadas en algunos sistemas físicos y biológicos al calentamiento antropogénico mediante la comparación de las respuestas observadas en estos sistemas con respuestas obtenidas por modelización. Estos modelos separan explícitamente los forzamientos naturales (actividad solar y volcanes) y los forzamientos antropogénicos (gases de efecto invernadero y aerosoles). Los modelos con forzamientos naturales y antropogénicos combinados simulan las respuestas observadas significativamente mejor que los modelos que sólo utilizan el forzamiento natural.

Limitaciones y lagunas impiden una atribución más completa de las causas de las respuestas de los siste-

mas observadas al calentamiento antropogénico. En primer lugar, los análisis disponibles son limitados en cuanto a la cantidad de sistemas y lugares considerados. En segundo lugar, la variabilidad natural de la temperatura es mayor a escala regional que mundial, por lo que la identificación de cambios ocasionados por del forzamiento externo se ve afectada. Por último, a escala regional influyen otros factores (tales como el cambio en los usos del suelo, la contaminación y las especies invasivas). Sin embargo, la coherencia entre los cambios observados y modelizados en varios estudios y la concordancia espacial entre el calentamiento regional relevante y los impactos congruentes a escala mundial es suficiente para concluir con confianza alta que el calentamiento antropogénico, durante las últimas tres décadas, ha ejercido una influencia perceptible en muchos sistemas físicos y biológicos.

***Están surgiendo otros efectos de los cambios climáticos regionales sobre entornos naturales y humanos, aunque muchos son difíciles de percibir, debido a la adaptación y a impulsores no climáticos.***

Los efectos del aumento de la temperatura se han documentado de la siguiente manera (confianza media):

- efectos en la gestión agrícola y silvicultura en las latitudes altas del hemisferio Norte, tales como la siembra de cultivos más temprano en primavera y modificaciones en regímenes de alteraciones de los bosques debido a incendios y plagas;
- algunos aspectos de la salud humana, tales como la mortalidad relacionada con el calor en Europa, vectores de enfermedades infecciosas en algunas zonas y polen alérgico en

(Continúa en la página 89)

Tabla RRP-1 Ejemplos de posibles impactos del cambio climático debidos a cambios en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, basados en las previsiones para mediados hasta finales del siglo XXI. Estos ejemplos no tienen en cuenta los cambios o desarrollos en la capacidad de adaptación. Ejemplos de todas las entradas figuran en el texto completo del Informe de Evaluación (véase la fuente en la parte superior de las columnas). Las primeras dos columnas de esta tabla (sombreadas en amarillo) están tomadas directamente del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo I. Las estimaciones de probabilidad en la Columna 2 guardan relación con los fenómenos relacionados en la Columna 1. La dirección de la tendencia y la probabilidad de los fenómenos son para las previsiones de cambio climático presentadas en el IE-EE del IPCC.

Fenómeno y dirección de la tendencia <sup>a</sup>	Probabilidad de las tendencias futuras basadas en proyecciones para el siglo XXI según los escenarios del IE-EE	Ejemplos de impactos más importantes previstos por sector			
		Agricultura, silvicultura, ecosistemas [4.4, 5.4]	Recursos hídricos [3.4]	Salud humana [8.2]	Industria, asentamientos humanos y sociedad [7.4]
En la mayoría de las áreas terrestres, días y noches más cálidos y menos fríos, mayor frecuencia de días y noches de calor	Prácticamente cierto <sup>b</sup>	Aumento de rendimiento en ambientes más fríos; disminución de rendimiento en medios más cálidos; aumento de plagas de insectos	Efectos en recursos hídricos según el derretimiento de la nieve; efectos en algunos suministros de agua	Reducción de la mortalidad humana producida por exposición al frío	Disminución de la demanda de energía para calefacción; aumento de la demanda de enfriamiento; descenso de la calidad del aire en las ciudades; reducción de interrupciones del transporte debido a la nieve o al hielo; efectos en el turismo de invierno.
Periodos de calor/ olas de calor. Mayor frecuencia en la mayoría de las áreas terrestres	Muy probable	Reducción del rendimiento en las regiones más cálidas debido al estrés por calor; aumento de los fuegos devastadores	Aumento de la demanda de agua; problemas de la calidad del agua, y florecimiento de algas	Mayor riesgo de mortalidad relacionada con el calor, en especial para ancianos, enfermos crónicos, los muy jóvenes y los aislados socialmente	Disminución de la calidad de vida de las personas en áreas cálidas sin vivienda apropiada; impacto en las personas mayores, los muy jóvenes y los pobres
Fenómenos de fuertes precipitaciones. Aumento de frecuencia en la mayoría de las áreas	Muy probable	Daño a los cultivos; erosión del suelo, imposibilidad para cultivar por saturación hídrica de los suelos	Efectos adversos en la calidad del agua superficial y subterránea; contaminación del suministro de agua; puede aliviarse la escasez de agua	Aumento del riesgo de muerte, heridas y de enfermedades infecciosas, respiratorias y de la piel	Disrupción de asentamientos, comercio, transporte y sociedades debido a inundaciones; presiones sobre las infraestructuras urbanas y rurales; pérdida de propiedad
Aumento de las áreas afectadas por la sequía	Probable	Degradación de la tierra, menor rendimiento/ daño y fracaso de los cultivos; aumento de la muerte del ganado y mayor riesgo de incendios devastadores	Estrés hídrico más generalizado	Aumento del riesgo de escasez de alimentos y de agua; mayor riesgo de desnutrición y de enfermedades transmitidas por el agua	Escasez de agua en asentamientos, industrias y sociedades; reducción del potencial de generación de energía hidroeléctrica; migración potencial de la población
Aumentos de la actividad ciclónica tropical intensa	Probable	Daño a los cultivos; derribo de árboles por el viento; daños a los arrecifes de coral	Afectaciones en el suministro de agua público debidas a apagones	Aumento del riesgo de muerte, de heridas, enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos y trastornos de estrés post-traumático	Afectaciones por inundaciones y vientos intensos; retirada de la cobertura de riesgo en áreas vulnerables por parte de aseguradores privados; migración potencial de la población, pérdida de propiedad
Aumento de la incidencia de niveles del mar extremadamente altos (se excluyen los tsunamis) <sup>c</sup>	Probable <sup>d</sup>	Salinización del agua de irrigación, de estuarios y de sistemas de agua dulce	Disminución de disponibilidad de agua dulce debido a intrusión del agua salada	Mayor riesgo de muerte y lesiones por ahogamiento en crecidas; efectos en la salud relacionados con la migración	Coste de la protección costera contra coste de reubicación de los usos del suelo; movimientos potenciales de población e infraestructuras; véase también los ciclones tropicales más arriba

## Definición de términos claves

Cambio climático, según el uso en IPCC, se refiere a todo cambio producido en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana. Este uso difiere del adoptado en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, donde cambio climático se refiere a un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Capacidad de adaptación es la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluso a la variabilidad del clima y a los fenómenos extremos) para mitigar posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.

Vulnerabilidad es la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

## Tratamiento de Incertidumbres del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II

Un conjunto de términos descriptivos de las incertidumbres de los conocimientos actuales es común a todas las partes del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC.

### Descripción de confianza

Los autores asignaron un nivel de confianza a las principales afirmaciones del Resumen Técnico basándose en su valoración del conocimiento actual, como sigue:

Terminología	Grado de confianza de exactitud
Confianza muy alta	al menos 9 sobre 10 probabilidades de ser correcto
Confianza alta	al menos 8 sobre 10 probabilidades
Confianza media	alrededor de 5 sobre 10 probabilidades
Confianza baja	alrededor de 2 sobre 10 probabilidades
Confianza muy baja	menos de 1 sobre 10 probabilidades

### Descripción de probabilidad

La probabilidad se refiere a la valoración probabilística de algunos resultados bien definidos que han ocurrido o que ocurrirán en el futuro, y puede basarse en un análisis cuantitativo o en opiniones de expertos. En el Resumen Técnico, cuando los autores evalúan la probabilidad de ciertos resultados, los significados asociados son:

Terminología	Probabilidad de ocurrencia/resultado
Prácticamente cierto	>99% de probabilidad de ocurrencia,
Muy probable	90% a 99% de probabilidad
Probable	66% al 90% de probabilidad
Tan probable como improbable	33% al 66% de probabilidad
Improbable	10% al 33% de probabilidad
Muy improbable	1% al 10% de probabilidad
Excepcionalmente improbable	<1% de probabilidad

(Viene de la página 86)

las latitudes altas y medias del hemisferio Norte;

- algunas actividades del ser humano en zonas del Ártico (por ejemplo, la caza y viajes sobre nieve y hielo) y elevaciones alpinas bajas (tales como deportes de montaña).

Los recientes cambios y variaciones climáticas están comenzando a tener efectos sobre muchos otros sistemas naturales y humanos. Sin embargo, según la literatura publicada, los impactos todavía no constituyen tendencias establecidas. Los ejemplos incluyen:

- Los asentamientos humanos en regiones montañosas presentan mayor riesgo de inundaciones súbitas por desbordamiento de lagos de glaciares provocadas por el deshielo de los glaciares. Las instituciones gubernamentales en algunos lugares comienzan a darle respuesta mediante la construcción de embalses y sistemas de drenaje.
- En la región africana del Sahel, condiciones meteorológicas más cálidas y secas provocaron una reducción de la duración de la estación de crecimiento vegetativo, con efectos adversos en los cultivos. En África meridional, estaciones secas más prolongadas y una mayor incertidumbre en las precipitaciones impulsan a tomar medidas de adaptación.
- La subida del nivel del mar y el desarrollo del ser humano están contribuyendo conjuntamente a las pérdidas de los humedales y manglares costeros y al aumento de daños ocasionados por inundaciones costeras en muchas zonas.

### Conocimiento actual sobre impactos futuros

A continuación se presenta una selección de los descubrimientos más relevantes sobre impactos previstos, así como sobre la vulnerabilidad y adaptación en cada sistema, sector y región para el margen de variación de cambios climáticos (no mitigados) previsto

por el IPCC durante el presente siglo considerados pertinentes para las personas y el medioambiente. Los impactos reflejan con frecuencia los cambios previstos en la precipitación y en otras variables climáticas, además de la temperatura, el nivel del mar y la concentración de dióxido de carbono atmosférico. La magnitud y la ocurrencia de los impactos variarán con el tiempo de duración del cambio climático y, en algunos casos, la capacidad de adaptación. Estos temas se debaten con más profundidad en próximas secciones de este Resumen.

**Actualmente se dispone de información más específica a lo largo de una amplia gama de sistemas y sectores sobre la naturaleza de los impactos futuros, incluidos para algunos campos no abordados en informes de evaluación previos.**

### Recursos de agua dulce y su gestión

Para mediados de siglo, se prevé un aumento del 10-40% del promedio de la escorrentía fluvial anual y de la disponibilidad de agua en latitudes altas y en algunas zonas tropicales húmedas, y una disminución del 10-30% en algunas regiones secas en latitudes medias y en las zonas tropicales secas, algunas de las cuales en la actualidad son zonas con estrés hídrico. En algunas zonas y en estaciones específicas, los cambios difieren de estas cifras anuales.

Es probable que aumente la extensión de las zonas afectadas por la sequía. Los fenómenos de fuertes precipitaciones, que muy probablemente aumentarán en frecuencia, incrementarán el riesgo de inundación. [Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I, Tabla RRP-2, Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II].

En el transcurso del siglo, se prevé una disminución de las reservas del agua almacenada en glaciares y en la cubierta de nieve, lo que reduciría la disponibilidad de agua en las regiones abastecidas por el agua del deshielo de los principales grupos montañosos, donde vive en la actualidad más de un sexto de la población mundial.

Se están desarrollando procedimientos de adaptación y prácticas de gestión de riesgos para el sector hídrico en algunos países y regiones que reconocen los cambios hidrológicos previstos con incertidumbres relacionadas.

## Ecosistemas

En este siglo, es probable que la elasticidad de muchos ecosistemas sea superada por una combinación sin precedentes de cambio climático asociado con alteraciones (por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios, insectos y acidificación de los océanos) y otros impulsores del cambio climático mundial (por ejemplo, cambio en los usos del suelo, contaminación, sobreexplotación de recursos).

En el transcurso de este siglo, es probable que la absorción neta de carbono por los ecosistemas terrestres alcance un nivel máximo antes de mediados de siglo y luego se debilite e incluso se invierta, y amplíe el cambio climático.

Es probable que aproximadamente entre el 20-30% de las especies de plantas y animales evaluadas hasta el momento estén en mayor riesgo de extinción si los aumentos de la temperatura media mundial exceden de 1,5-2,5°C.

Para aumentos en la temperatura media mundial que excedan los 1,5-2,5°C y en las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico concomitantes, se prevén cambios importantes en la estructura y función de los ecosistemas, las interacciones ecológicas de las especies y en los ámbitos geográficos de las especies. Estos cambios acarrearían consecuencias predominantemente negativas para la biodiversidad y los bienes y servicios de los ecosistemas, por ejemplo, en el abastecimiento de agua y alimentos.

Se espera que la acidificación progresiva de los océanos, debida al aumento del dióxido de carbono atmosférico, tenga impactos negativos en la formación del caparazón de organismos marinos (por ejemplo, corales) y sus especies dependientes.

## Alimentos, fibra y productos forestales

Se prevé un aumento ligero del rendimiento de los cultivos en latitudes de medias a altas, cuando aumente la temperatura media local de 1-3°C, según el tipo de cultivo, y una disminución a partir de ahí en algunas regiones.

En latitudes más bajas, principalmente regiones tropicales estacionalmente secas, se prevé la disminución del rendimiento de los cultivos incluso cuando la temperatura local aumente ligeramente (1-2°C), lo cual puede aumentar el riesgo de hambruna.

A nivel mundial, se prevé el aumento del potencial para la producción de alimentos con aumentos en la temperatura promedio local en una tasa de 1-3°C, pero se proyecta una disminución por encima de este valor.

Se prevé que los aumentos en la frecuencia de sequías e inundaciones afecten negativamente a la producción local de cultivos, principalmente los sectores de subsistencia en latitudes bajas.

Para un calentamiento moderado, adaptaciones como la modificación de cultivos y de su período de plantación permiten mantener o superar los rendimientos de cereales de latitudes bajas y de media a altas.

A nivel mundial, la productividad de la madera de uso comercial aumenta moderadamente con el cambio climático de corto a mediano plazo, con gran variabilidad regional a lo largo de la tendencia mundial.

Se esperan cambios regionales en la distribución y producción de especies específicas de peces debido al calentamiento continuado, con efectos adversos para la acuicultura y pesquerías.

## Sistemas costeros y zonas bajas

Se prevé que las costas estén expuestas a crecientes riesgos, incluida la erosión costera, a causa del cambio climático y la subida del nivel del mar. El aumen-

to de las presiones provocadas por el ser humano en zonas costeras exacerbará este efecto.

Los corales son vulnerables al estrés térmico y presentan baja capacidad de adaptación. Se prevé que el aumento de la temperatura de la superficie marina de 1 a 3°C aumente la frecuencia de decoloración de corales y la extensión de su mortalidad, a no ser que haya adaptación térmica o aclimatación.

Se prevé que la subida del nivel del mar afecte negativamente a los humedales costeros, incluidos marismas de agua salada y manglares, principalmente donde existe contención del lado que da a la tierra o privación de sedimentos.

Se prevé que muchos millones de personas se vean afectadas por inundaciones cada año, a raíz del aumento del nivel del mar para la década de 2080. Se encuentran en riesgo principalmente las regiones densamente pobladas y zonas bajas donde la capacidad de adaptación es relativamente baja, y que ya afrontan otros desafíos tales como tormentas tropicales o hundimiento de las costas locales. El número de damnificados será mayor en los mega-deltas de Asia y África, mientras que serán especialmente vulnerables los pequeños territorios insulares.

La adaptación de las costas será un reto mayor para los países en desarrollo que para los países desarrollados debido a las limitaciones de la capacidad de adaptación.

### **Industria, asentamientos humanos y sociedad**

Los costes y beneficios del cambio climático para la industria, los asentamientos humanos y la sociedad variarán ampliamente según la escala y el lugar. Sin embargo, en conjunto, los efectos netos tenderán a ser más negativos a medida que aumente el cambio climático.

Generalmente, las industrias, asentamientos humanos y sociedades más vulnerables son aquellos situados

en llanuras de inundaciones costeras y fluviales, aquellas cuyas economías están estrechamente relacionadas con los recursos sensibles al clima y aquellos ubicados en zonas proclives a fenómenos meteorológicos extremos, especialmente donde tiene lugar una rápida urbanización.

Las comunidades pobres pueden ser especialmente vulnerables, en particular las concentradas en zonas de alto riesgo. Tienden a tener una capacidad de adaptación más limitada y son más dependientes de recursos sensibles al clima tales como abastecimiento local de agua y alimentos.

Donde aumente la intensidad y/o frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos, aumentará el coste económico y social de estos fenómenos, y estos aumentos serán sustanciales en las zonas afectadas directamente. El impacto del cambio climático se extiende de zonas y sectores afectados directamente a otras zonas y sectores mediante complejos y extensos vínculos.

### **Salud**

Es probable que las exposiciones relacionadas con el cambio climático previsto afecten la salud de millones de personas, específicamente las personas que poseen capacidad de adaptación baja, mediante:

- aumento de la malnutrición y sus consiguientes trastornos, con implicaciones para el desarrollo y crecimiento de los niños;
- aumento de muertes, enfermedades y lesiones a raíz de las olas de calor, inundaciones, tormentas, incendios y sequías;
- aumento de la carga de las enfermedades diarreicas;
- aumento de la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias ocasionadas por mayores concentraciones de ozono a nivel del suelo debidas al cambio climático, y;
- modificación de la distribución espacial de algunos vectores de enfermedades infecciosas.

Se espera que el cambio climático ocasione algunos efectos mezclados tales como la disminución o aumento de la tasa y del potencial de transmisión del paludismo en África.

Estudios en zonas templadas muestran que se prevé que el cambio climático proporcione algunos beneficios, tales como la reducción de muertes por exposición al frío. En general, se prevé que los efectos negativos en la salud provocados por el aumento de la temperatura a nivel mundial, principalmente en países en desarrollo, superen estos beneficios.

El equilibrio entre impactos positivos y negativos en la salud humana variará de un lugar a otro y se modificarán en el tiempo, a medida que continúe el aumento de las temperaturas. De importancia crítica son los factores que conforman directamente la salud de las poblaciones, tales como educación, asistencia sanitaria, iniciativas e infraestructuras de salud pública y desarrollo económico.

Actualmente, hay disponible información más específica sobre la naturaleza de los impactos futuros en las regiones del mundo, incluidos algunos lugares no abordados en evaluaciones anteriores.

## África

Para 2020, se prevé que entre 75 y 250 millones de personas estén expuestas al aumento del estrés hídrico debido al cambio climático. Si a eso se le une el aumento de la demanda, afectará adversamente a los medios de subsistencia y exacerbará los problemas relacionados con el agua.

Se prevé que el cambio y variabilidad climáticos pongan en peligro seriamente a la producción agrícola, incluido el acceso a los alimentos, en muchos países y regiones africanas. Se espera una disminución de las áreas cultivables, de la duración de las estaciones de crecimiento vegetativo y del potencial productivo, específicamente a lo largo de zonas semiáridas y áridas. Esto afectaría aún más a la seguridad alimentaria y exacerbaría la malnutrición en el continente.

En algunos países, podría reducirse el rendimiento de la agricultura de secano hasta un 50% para 2020.

Se prevé que la disminución de los recursos pesqueros en los lagos grandes debido al aumento de las temperaturas del agua afecte al abastecimiento local de alimentos de manera negativa. El exceso de pesca puede empeorar esta situación.

Hacia finales del siglo XXI, el aumento del nivel del mar previsto afectará a las zonas costeras bajas con grandes asentamientos poblacionales. El coste de la adaptación podría ascender al menos a 5-10% del Producto Interior Bruto (PIB). Se prevé que los manglares y arrecifes de coral se degraden aún más en el futuro, con consecuencias adicionales para las pesquerías y el turismo.

Nuevos estudios confirman que África es uno de los continentes más vulnerables a la variabilidad y al cambio climático debido a los factores de tensión múltiples y a su baja capacidad de adaptación. En la actualidad se están llevando a cabo algunas adaptaciones a la variabilidad climática, sin embargo, esto puede ser insuficiente para el cambio climático futuro.

## Asia

Se prevé que el derretimiento de los glaciares del Himalaya aumente el peligro de inundaciones y avalanchas de rocas de laderas desestabilizadas y afecte a los recursos hídricos en las próximas dos o tres décadas. A esto le seguiría la disminución del caudal de los ríos, a medida que se reduzcan los glaciares.

Se prevé que disminuya la disponibilidad de agua dulce en el centro, sur, este y sudeste de Asia, específicamente en las grandes cuencas fluviales debido al cambio climático, lo cual, unido al crecimiento demográfico y al aumento de la esperanza de vida, podría afectar a más de mil millones de personas en el decenio de 2050.

Las zonas costeras, especialmente las regiones de mega-deltas densamente pobladas del sur, este y su-

deste asiático, tendrán mayor riesgo de inundaciones marinas y, en algunos mega-deltas, de inundaciones fluviales.

Se prevé que el cambio climático incida sobre el desarrollo sostenible en la mayoría de los países en desarrollo de Asia, puesto que intensifica la presión sobre los recursos naturales y el entorno asociada a la rápida urbanización, industrialización y desarrollo económico.

Se estima que el rendimiento de los cultivos podría aumentar hasta un 20% en el este y sudeste de Asia, a la vez que podrían disminuir hasta un 30% en el centro y sur de Asia para mediados del siglo XXI. Se prevé que el riesgo de hambruna se mantenga alto, si se considera en conjunto la influencia del rápido crecimiento demográfico y la urbanización en muchos países en desarrollo.

Se prevé un aumento de la morbilidad endémica y la mortalidad debidas a enfermedades diarreicas asociadas principalmente a inundaciones y sequías en el este, sur y sudeste de Asia, debido a los cambios proyectados en el ciclo hidrológico asociados al calentamiento global. El aumento de las temperaturas de las aguas costeras podría exacerbar la abundancia y/o toxicidad del cólera en el sur de Asia.

### **Australia y Nueva Zelanda**

Como resultado de la reducción de precipitaciones y del aumento de la evaporación, se prevé la intensificación de los problemas de seguridad del agua para 2030 en Australia meridional y oriental y en Northland y algunas regiones orientales de Nueva Zelanda.

Se espera una pérdida significativa de biodiversidad para 2020 en algunos lugares ecológicamente ricos incluida la Gran Barrera de Arrecife y la zona tropical húmeda de Queensland. Otros lugares en riesgo incluyen los humedales de Kakadu, el sudoeste de Australia, los territorios insulares subantárticos y las zonas alpinas de ambos países.

Se prevé que el desarrollo continuado de las costas y el crecimiento demográfico en áreas como Cairns y el sudeste de Queensland (Australia) y desde Northland hasta la Bahía de Plenty (Nueva Zelanda) agraven los riesgos de la subida del nivel del mar y el aumento de la severidad y la frecuencia de tormentas e inundaciones costeras para 2050.

En gran parte del sur y del este de Australia meridional y en partes del este de Nueva Zelanda se prevé una disminución de la producción de la agricultura y la silvicultura para 2030 debido al aumento de los incendios y sequías. Sin embargo, en Nueva Zelanda, se esperan beneficios iniciales en zonas occidentales y meridionales y cerca de los ríos principales debido a la prolongación de la estación de crecimiento vegetativo, la disminución de las heladas y el aumento de las lluvias.

La región tiene una capacidad de adaptación considerable debido a economías bien desarrolladas y a la capacidad científica y técnica, pero existen importantes limitaciones en la ejecución y grandes desafíos a causa de los cambios en los fenómenos extremos. Los sistemas naturales tienen una capacidad de adaptación limitada.

### **Europa**

Por primera vez se documenta una amplia gama del impacto en el clima actual: retroceso de glaciares, estaciones de crecimiento vegetativo más prolongadas, cambios en los ámbitos de las especies e impactos en la salud, ocasionados por una ola de calor de magnitud sin precedentes. Los cambios observados descritos anteriormente son congruentes con los previstos para el cambio climático futuro.

Se prevé que algunos impactos futuros del cambio climático afecten negativamente a la mayoría de las regiones europeas; estos impactos impondrán retos a muchos sectores económicos. Se espera que el cambio climático aumente las diferencias regionales de los recursos y los valores naturales de Europa. Los impactos negativos incluirán aumento del riesgo de

inundaciones repentinas en el interior, inundaciones costeras más frecuentes y aumento de la erosión (debido a tempestades y al aumento del nivel del mar). La mayoría de los ecosistemas y organismos se adaptarán con dificultad al cambio climático. Las zonas montañosas se enfrentarán al retroceso de glaciares, reducción de la cubierta de nieve y del turismo de invierno y a extensas pérdidas de especies (en algunas zonas hasta un 60% en escenarios de emisiones altas para 2080).

En Europa meridional, se prevé que el cambio climático empeore las condiciones (temperaturas altas y sequía) en una región ya vulnerable a la variabilidad del cambio climático y reduzca la disponibilidad de agua, el potencial de generación hidroeléctrica, el turismo de verano y, en general, el rendimiento de los cultivos. Se esperan, además, más riesgos para la salud humana debido a las olas de calor y frecuencia de incendios descontrolados.

En Europa central y oriental, se prevé una disminución de las precipitaciones en verano, lo cual causaría un mayor estrés hídrico. Se espera que las olas de calor aumenten los riesgos de salud humana. Se prevé una disminución de la productividad de los bosques y el aumento de la frecuencia de incendios en turberas.

En el norte de Europa, se prevé que el cambio climático ocasione inicialmente efectos mezclados, incluidos algunos beneficios tales como reducción de la demanda de calefacción, aumento del rendimiento de los cultivos y del crecimiento de los bosques. Sin embargo, es probable que, a medida que continúe el cambio climático, sus impactos negativos (incluidas inundaciones en invierno más frecuentes, ecosistemas en peligro y aumento de la inestabilidad del terreno) superen a los beneficios.

Es probable que la adaptación al cambio climático se beneficie de la experiencia obtenida en la respuesta a los fenómenos meteorológicos extremos, al aplicar de manera específica planes proactivos de adaptación al cambio climático y de gestión de sus riesgos.

## América Latina

Para mediados de siglo, se prevé que el aumento de temperatura y la disminución asociada del agua del suelo den como resultado el reemplazo gradual de los bosques tropicales por sabanas en el este de la Amazonia. La vegetación árida tenderá a reemplazar a la vegetación semiárida. Existe el riesgo de pérdida significativa de biodiversidad, mediante la extinción de especies en muchas zonas tropicales de América Latina.

En las zonas más secas, se espera que el cambio climático provoque la salinización y desertificación de la tierra agrícola. Se prevé la disminución de la productividad de algunos cultivos importantes y de la ganadería, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria. En las zonas templadas, se prevé el aumento del rendimiento del cultivo de soja.

Se espera que la subida del nivel del mar aumente los riesgos de inundación en zonas bajas. Se prevé que el aumento de la temperatura marina en superficie debido al cambio climático tenga efectos adversos en los arrecifes de coral mesoamericanos y cambie la ubicación de los bancos de peces en el sudeste del Pacífico.

Se prevé que los cambios en las pautas de las precipitaciones y la desaparición de los glaciares afecten significativamente a la disponibilidad de agua para consumo humano, la agricultura y la generación de electricidad.

Algunos países han hecho esfuerzos para lograr una adaptación, específicamente mediante la conservación de ecosistemas fundamentales, sistemas de alerta temprana, gestión de riesgos en la agricultura, estrategias para la gestión de costas, sequías e inundaciones y sistemas de vigilancia de enfermedades. Sin embargo, la efectividad de estos esfuerzos se ve superada por: la falta de información básica, sistemas de observación y supervisión; falta de capacidad de construcción y de marcos políticos, institucionales y

tecnológicos apropiados; ingresos bajos y asentamientos humanos en zonas vulnerables, entre otros.

### **América del Norte**

Se prevé que el calentamiento en las montañas occidentales disminuya la cantidad de nieve, aumente las inundaciones en invierno y reduzca el volumen de los flujos de verano, lo cual exacerbaría la competencia por los recursos hídricos sobreasignados.

Se prevé que las alteraciones de las plagas, las enfermedades y los incendios tengan crecientes impactos en los bosques, con un período más prolongado de alto riesgo de incendios y grandes aumentos de las zonas quemadas.

Durante las primeras décadas del siglo se espera que el cambio climático moderado aumente el rendimiento total de la agricultura de secano entre 5-20%, pero con importante variabilidad entre las regiones. Se esperan mayores dificultades en los cultivos próximos al límite de calor adecuado de su margen de variación o que dependen de recursos hídricos altamente utilizados.

Se prevé que las ciudades que ya experimentan los efectos de las olas de calor se vean cada vez más afectadas debido al aumento, intensidad y duración de las olas de calor en el transcurso del siglo, con impactos potenciales adversos para la salud humana. La población de ancianos tiene un mayor riesgo.

Las comunidades y los hábitats de las costas se verán cada vez más afectados debido a las tensiones producidas por los impactos del cambio climático en interacción con el desarrollo y la contaminación. El crecimiento de la población, unido al creciente valor de las infraestructuras en las zonas costeras, aumenta la vulnerabilidad a la variabilidad climática y al futuro cambio climático, y se espera que las pérdidas sean mayores si la intensidad de las tormentas tropicales aumenta. La adaptación actual se comporta de modo desigual y la preparación para una mayor exposición es baja.

### **Regiones Polares**

En las regiones polares, se prevé que los principales efectos biofísicos sean reducciones en el espesor y la extensión de los glaciares y de los mantos de hielo, así como cambios en los ecosistemas naturales con efectos perjudiciales en muchos organismos, entre los que se encuentran, las aves migratorias, los mamíferos y los superpredadores. En el Ártico, hay otros impactos adicionales como la disminución de la extensión de los hielos marinos y del permafrost, aumento de la erosión de las costas y un incremento de la profundidad del deshielo estacional del permafrost.

Para las comunidades humanas del Ártico, se prevén impactos positivos y negativos, específicamente los resultantes de los cambios en las condiciones del hielo y de la nieve. Los efectos perjudiciales incluirían aquellos que afecten a las infraestructuras y a los modos de vida indígenas tradicionales.

Los impactos beneficiosos incluirían reducción de los costes de calefacción y más rutas marítimas navegables en el norte.

En ambas regiones polares, se prevé la vulnerabilidad de ecosistemas y hábitats específicos, a medida que vayan disminuyendo las barreras que impiden la invasión de especies.

Las comunidades humanas del Ártico ya se han ido adaptando al cambio climático, pero los factores de tensión, tanto externos como internos, desafían a sus capacidades de adaptación. A pesar de la capacidad de resistencia demostrada históricamente por las comunidades indígenas del Ártico, algunos modos de vida tradicionales están siendo amenazados y se precisan inversiones sustanciales para la adaptación o reubicación de estructuras físicas y comunidades.

### **Pequeños territorios insulares**

Los pequeños territorios insulares, tanto los situados en los trópicos como en latitudes más elevadas, poseen características que los hacen especialmente vul-

nerables a los efectos del cambio climático, al aumento del nivel del mar y a los fenómenos extremos.

El deterioro de las condiciones costeras, por ejemplo debido la erosión de las playas y la decoloración de los corales, se espera que afecte a los recursos locales, por ejemplo, la pesca y reduzca el valor de esos destinos turísticos.

Se espera que la subida del nivel del mar agrave las inundaciones, las mareas de tempestad, la erosión y otros riesgos costeros, y que amenace así a las principales infraestructuras, los asentamientos y las instalaciones que sostienen los medios de subsistencia de las comunidades isleñas.

Se prevé que, para mediados de siglo, el cambio climático disminuya los recursos hídricos en los pequeños territorios insulares, por ejemplo, en el Caribe y en el Pacífico, hasta el punto de volverse insuficientes para cubrir la demanda durante los períodos de baja precipitación.

Con la presencia de altas temperaturas, se espera que aumente la invasión de especies no autóctonas, particularmente en las islas de latitudes medias y altas.

**Las magnitudes de los impactos pueden estimarse ahora de modo más sistemático para una gama de posibles aumentos de la temperatura media mundial.**

Desde el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, muchos estudios adicionales, específicamente en las regiones que habían sido poco investigadas, han posibilitado una comprensión más sistemática de cómo la ocurrencia y la magnitud de los impactos pueden verse afectadas por los cambios en el clima y en el nivel del mar asociados con diferentes cantidades y tasas de cambio de la temperatura media global.

En la Tabla RRP-1 se presentan ejemplos de esta nueva información. Se seleccionaron las entradas consideradas pertinentes para las personas y el medio ambiente y para las cuales existe confianza alta en el Informe de Evaluación. Todas las entradas de los impactos provienen de los capítulos de la Evaluación, en los que se ofrece información más detallada.

Según las circunstancias, algunos de los impactos podrían estar asociados a “vulnerabilidades fundamentales” basadas en una serie de criterios que se ofrecen en la literatura (magnitud, tiempo de ocurrencia, persistencia/reversibilidad, potencial para adaptación, aspectos de distribución, probabilidad e “gravedad” de los impactos). La evaluación de las vulnerabilidades fundamentales potenciales intenta proporcionar información sobre las tasas y los niveles del cambio climático, a fin de ayudar a los responsables a adoptar decisiones para dar respuestas apropiadas a los riesgos del cambio climático.

Los “motivos de preocupación” identificados en el Tercer Informe de Evaluación siguen constituyendo un marco viable para considerar las vulnerabilidades más relevantes. Recientes investigaciones han actualizado algunos de las conclusiones del Tercer Informe de Evaluación.

**Es muy probable que haya cambios en los impactos producidos por las frecuencias e intensidades alteradas de los fenómenos extremos meteorológicos, climáticos y del nivel del mar.**

Desde el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, ha aumentado la confianza de que algunos fenómenos y extremos meteorológicos serán más frecuentes, generalizados y/o más intensos durante el siglo XXI; y ahora se posee mayor conocimiento acerca de los efectos potenciales de dichos cambios. Una selección de éstos se presenta en la Tabla RRP-1.

Para el IE-EE del IPCC, la dirección de la tendencia y probabilidad de los fenómenos constituyen previsiones de cambio climático.

**Algunos fenómenos climáticos a gran escala tienen el potencial de ocasionar impactos muy grandes, especialmente después del siglo XXI**

Aumentos muy elevados del nivel del mar resultantes del derretimiento generalizado de los mantos de hielo de Groenlandia y del Antártico occidental implican cambios importantes en las costas y los ecosistemas e inundaciones en las áreas bajas, con mayores efectos en los deltas de los ríos. La reubicación de poblacio-

nes, de la actividad económica y de las infraestructuras sería costosa y constituiría un desafío. Existe confianza media de que ocurriría al menos un derretimiento parcial de los mantos de hielo de Groenlandia y posiblemente de los del Antártico occidental durante un período de tiempo que fluctúa de siglos a milenios, lo cual ocasionaría un aumento de la temperatura media global de 1-4°C (con respecto a 1990-2000), y un aumento del nivel del mar de 4-6 metros o más. El derretimiento total del manto de hielo de Groenlandia y el del Antártico occidental contribuiría a la subida del nivel del mar de hasta 7 m y unos 5 m, respectivamente [Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II; Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II].

Partiendo de los resultados de los modelos climáticos, es muy improbable que la Circulación Meridional de Retorno (CRM en sus siglas en inglés) en el Atlántico Norte experimente una gran transición abrupta durante el siglo XXI. Es muy probable que la CRM sea más lenta en el presente siglo, aunque, no obstante, se prevé un aumento de las temperaturas en el Atlántico y en Europa debido al calentamiento global. Es probable que los impactos a gran escala y los duraderos en la CRM incluyan cambios en la productividad de los ecosistemas marinos, la pesca, la incorporación del dióxido de carbono marino, la concentración oceánica de oxígeno y la vegetación terrestre [Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I; Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II].

**Los impactos del cambio climático variarán regionalmente, pero de manera global y descontados del presente, es muy probable que impongan costes netos anuales, que se incrementarán con el tiempo a medida que aumenten las temperaturas mundiales**

En este Informe de Evaluación queda claro que los impactos de los futuros cambios climáticos serán mixtos a lo largo de las regiones. Para un aumento de la temperatura media global de menos de 1 a 3°C respecto a los niveles de 1990, se prevé que algunos impactos produzcan beneficios en algunos lugares y

sectores y generen costes en otros sitios y sectores. No obstante, se espera que en algunas latitudes bajas y regiones polares se experimenten costes netos incluso por ligeros aumentos de temperatura. Es muy probable que muchas regiones experimenten ya sea disminución en los beneficios netos o aumentos en los costes netos debido a subidas de la temperatura por encima de 2 ó 3°C. Estas observaciones confirman las evidencias reportadas en el Tercer Informe de Evaluación de que, si bien se espera que los países en desarrollo experimenten porcentajes más elevados de pérdidas, las pérdidas mundiales podrían ser de 1 - 5% del PIB para 4°C de calentamiento.

En la actualidad, hay disponibles muchas estimaciones de los costes económicos netos totales debidos al cambio climático a lo largo del mundo (por ejemplo, el coste social del carbono (CSC), expresado en términos de costes y beneficios netos futuros que se descuentan del presente). Estimaciones del CSC, realizadas por expertos, para 2005 presentan un valor promedio de 43 dólares estadounidenses por tonelada de carbono (tC) (por ejemplo, 12 dólares por tonelada de dióxido de carbono) pero la variación de esta media es considerable. Por ejemplo, en un estudio de 100 estimaciones, los valores fluctuaban entre 10 dólares por tonelada de carbono (3 dólares por tonelada de dióxido de carbono) hasta 350 dólares/tC (95 dólares por tonelada de dióxido de carbono).

El amplio margen de variación del CSC se debe, en gran medida, a las diferencias en las hipótesis sobre la sensibilidad del clima, la demora de las respuestas, el tratamiento del riesgo y la equidad, los impactos económicos y no económicos y la inclusión de pérdidas potencialmente catastróficas y tasas de descuento. Es muy probable que las cifras mundiales totales subestimen los costes de los daños porque no pueden incluir muchos impactos no cuantificables. En conjunto, el margen de variación de la evidencia publicada indica que es probable que los costes netos de los daños ocasionados por el cambio climático sean significativos y se incrementen con el transcurso del tiempo.

Es prácticamente cierto que las estimaciones totales de los costes enmascaren diferencias significativas de

los impactos a través de sectores regionales, países y poblaciones. En algunos sitios y entre algunos grupos de personas con elevada exposición, alta sensibilidad, y/o baja capacidad de adaptación, los costes serán significativamente mayores que el total mundial.

### Conocimiento actual de la respuesta al cambio climático

**En la actualidad están teniendo lugar algunas adaptaciones al cambio climático observado y al proyectado para el futuro, pero de modo limitado.**

Desde el Tercer Informe de Evaluación de la IPCC, existe una creciente evidencia de actividades humanas de adaptación a los cambios climáticos observados y a los que están por llegar. Por ejemplo, se tiene en cuenta el cambio climático en el diseño de proyectos de infraestructuras, tales como la defensa costera en las Maldivas y los Países Bajos y en el puente Confederation de Canadá. Otros ejemplos incluyen prevención de crecidas repentinas de lagos glaciares en Nepal y políticas y estrategias tales como gestión del agua en Australia y respuestas gubernamentales a olas de calor, por ejemplo, en algunos países europeos.

**La adaptación será necesaria para enfrentar los impactos resultantes del calentamiento que ya es inevitable debido a las emisiones del pasado.**

Se estima que las emisiones del pasado conllevan cierto calentamiento inevitable (aproximadamente 0,6°C adicionales para fin de siglo con respecto a 1980-1999), incluso si la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera mantienen los niveles de 2000 (véase el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I). Hay algunos impactos para los que la adaptación constituye la única respuesta disponible y apropiada. En la Tabla RRP-2 se ofrece una indicación de esos impactos.

**Existe un amplio conjunto de opciones de adaptación, pero se necesita una adaptación más amplia que la que está teniendo lugar para reducir la vulnerabilidad al cambio climático futuro. Existen**

**barreras, límites y costes, pero no se comprenden del todo.**

Se espera que los impactos aumenten con los incrementos en la temperatura media global, como se indica en la Tabla RRP-2. Aunque muchos impactos tempranos del cambio climático pueden ser asumidos con eficacia mediante la adaptación, las opciones para una adaptación exitosa disminuyen y los costes asociados aumentan con el incremento del cambio climático. En la actualidad, no contamos con una visión clara de los límites de la adaptación, o del coste, en parte porque las medidas eficaces de adaptación dependen, de manera considerable, de factores de riesgo climático específicos y geográficos, así como de restricciones institucionales, políticas y financieras.

La serie de respuestas de adaptación potenciales disponibles para las sociedades humanas es muy amplia, desde las puramente tecnológicas (v.g. defensas marinas), las de comportamiento (v.g. modificación de los alimentos y opciones de ocio), las de gestión (v.g. modificación de las prácticas agrícolas) hasta las políticas (reglamentación de la planificación). Si bien la mayoría de las tecnologías y de las estrategias son conocidas y desarrolladas en algunos países, la literatura evaluada no indica la efectividad de varias opciones para reducir los riesgos totalmente, en particular en los niveles altos de calentamiento e impactos relacionados y en los grupos vulnerables. Además, existen formidables barreras ambientales, económicas, de información, sociales, de actitud y de comportamiento para la aplicación de la adaptación. Para los países en desarrollo, la disponibilidad de recursos y el desarrollo de la capacidad de adaptación son de especial importancia.

No se espera que la adaptación por sí sola pueda hacer frente a todos los efectos de cambio climático previstos, y especialmente a largo plazo puesto que la mayoría de los impactos aumentarán en magnitud [Gráfico RRP-2].

**La vulnerabilidad al cambio climático puede verse incrementada por la presencia de otras tensiones.**

Las tensiones no climáticas pueden incrementar la vulnerabilidad al cambio climático mediante la reducción de la capacidad de resistencia y pueden también disminuir la capacidad de adaptación debido al despliegue de recursos para cubrir necesidades que compiten entre sí. Por ejemplo, los factores de tensión a los que son sometidos, en la actualidad, algunos arrecifes de coral, incluyen contaminación del mar y escorrentías químicas procedentes de la agricultura, así como aumentos en la temperatura del agua y la acidificación de los océanos. Las regiones vulnerables se enfrentan a múltiples tensiones que afectan a su exposición y sensibilidad, así como a su capacidad de adaptación. Estas tensiones provienen, por ejemplo, de los actuales riesgos climáticos, la pobreza, el acceso desigual a los recursos, la inseguridad alimentaria, las tendencias en la globalización económica, los conflictos, y la incidencia de enfermedades tales como VIH/SIDA. Rara vez se adoptan medidas de adaptación en respuesta solo al cambio climático, pero, por ejemplo, pueden ser integradas a la gestión de los recursos hídricos, la defensa de las costas y las estrategias de reducción de riesgos.

**La vulnerabilidad en el futuro no solo depende del cambio climático, sino también de la vías de desarrollo.**

Un avance importante desde el Tercer Informe de Evaluación del IPCC lo constituye la finalización de estudios de impacto de una gama de diferentes vías de desarrollo que toman en consideración no solo el cambio climático, sino también los cambios socioeconómicos previstos. La mayoría de los estudios se basaron en las caracterizaciones de la población y en el nivel de ingresos sustraídos del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE) (véase el Recuadro 3).

Estos estudios muestran que los impactos de cambio climático previstos pueden variar considerablemente según sea la vía de desarrollo asumida. Por ejemplo, pueden existir grandes diferencias en cuanto a la población regional, los ingresos y el desarrollo tecnológico según el escenario alternativo, lo cual constitu-

ye, a menudo, un marcado determinante del nivel de vulnerabilidad al cambio climático.

A modo de ilustración, en un número de estudios recientes acerca del impacto global del cambio climático sobre el suministro de alimentos, el riesgo de inundaciones costeras, la escasez de agua, y el número de personas que se prevé que se verán afectadas, es considerablemente mayor en el escenario de desarrollo tipo A2 (caracterizado por un nivel de ingresos por habitante relativamente bajo y un extenso crecimiento de la población) en comparación con otros escenarios futuros del IE-EE. Esta diferencia se explica en gran medida, no por las diferencias en los cambios del clima, sino por las diferencias en la vulnerabilidad.

**El desarrollo sostenible<sup>14</sup> puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático y el cambio climático podría impedir que la capacidad de las naciones logre vías de desarrollo sostenible.**

El desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático mediante el aumento de la capacidad de adaptación y de resistencia. No obstante, en la actualidad, pocos planes de fomento de la sostenibilidad han incluido explícitamente la adaptación a los impactos del cambio climático o la promoción de la capacidad de adaptación.

Por otra parte, es muy probable que el cambio climático pueda disminuir el ritmo del progreso hacia un desarrollo sostenible, ya sea de modo directo incrementando la exposición a impactos adversos, o indirectamente erosionando la capacidad de adaptación. Esta cuestión se demuestra claramente en las secciones de los capítulos sobre sectores y regiones de este informe en los que se analizan las implicaciones para el desarrollo sostenible.

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) constituyen una medida del progreso en pos del desarrollo sostenible. Durante la próxima mitad del siglo, el cambio climático podría impedir el logro de los ODM.

### **Muchos impactos pueden ser evitados, reducidos o retrasados por mitigación.**

Ya se ha realizado un pequeño número de evaluaciones de los impactos para escenarios en los cuales las futuras concentraciones de gases de efecto invernadero se encuentran estabilizadas. Aunque estos proyectos no toman totalmente en cuenta la incertidumbre en el clima previsto bajo estabilización, proporcionan no obstante indicaciones de los daños evitados o de las vulnerabilidades y riesgos reducidos por disminución de diferentes cantidades de emisiones.

### **Una cartera de medidas de adaptación y de mitigación puede disminuir los riesgos asociados al cambio climático.**

Incluso los esfuerzos de mitigación más rigurosos no pueden evitar impactos ulteriores del cambio climático en las próximas décadas, lo que hace esencial la adaptación, en particular al enfrentarse a los impactos a corto plazo. El cambio climático no mitigado podría, a largo plazo, probablemente ser mayor que la capacidad de adaptación de los sistemas naturales, los que se encuentran bajo gestión y los humanos.

Esto sugiere el valor de una cartera o estrategias mixtas que incluyan mitigación, adaptación, desarrollo tecnológico (para aumentar la adaptación y la mitigación) e investigación (sobre el clima, impactos, adaptación y mitigación). Dichas carteras podrían combinar políticas con enfoques basados en incentivos y acciones a todos los niveles, desde el ciudadano individual hasta los gobiernos nacionales y las organizaciones internacionales.

Una forma de aumentar la capacidad de adaptación es introducir la consideración de los impactos del cambio climático en la planificación del desarrollo, por ejemplo:

- incluyendo medidas de adaptación en la planificación de los usos del suelo y en el diseño de infraestructuras;
- incluyendo medidas para reducir la vulnerabilidad en las estrategias existentes de reducción de riesgos de desastre.

### **Observación sistemática e investigación**

Aunque la ciencia para proporcionar a los responsables de políticas información sobre impactos potenciales del cambio climático y de adaptación ha mejorado desde el Tercer Informe de Evaluación, aún quedan muchas cuestiones importantes sin respuesta. Los capítulos del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II incluyen una cantidad de opiniones sobre prioridades de observación e investigación ulteriores, y estas recomendaciones deberían ser consideradas seriamente.

## Los Escenarios de Emisiones del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE) del IPCC

A1. La línea evolutiva y la familia de escenarios A1 describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados de siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidades y el aumento de las interrelaciones culturales, y sociales acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a los ingresos por habitante. La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que describen direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema de energía. Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustible de origen fósil (A1FI); utilización de fuente de energía de origen no fósil (A1T), ó utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B), (entendiéndose por "equilibrada" que no se dependerá excesivamente de un tipo de fuente de energía, en el supuesto de que todas las fuentes de suministro de energía y todas las tecnologías de uso final experimentan mejoras similares).

A2. La línea evolutiva y la familia de escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las entidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

B1. La línea evolutiva y la familia de escenarios B1 describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados de siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios en las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañadas de una utilización menos intensiva de los materiales y la introducción de tecnologías limpias, con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social, y ambiental, así como a una mayor igualdad, pero de ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.

B2. La línea evolutiva y la familia de escenarios B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo cuya población aumenta a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios y con un cambio tecnológico más lento y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles locales y regionales.

Se seleccionó un escenario ilustrativo de los seis grupos de escenarios A1B, A1F1, A1T, A2, B1, y B2. Todos son igualmente correctos.

Los escenarios del IE-EE no abarcan otras iniciativas en relación con el clima; en otras palabras, no se ha incluido ningún escenario basado explícitamente en la implementación de la Convención Marco sobre el Cambio Climático o en los objetivos de emisiones del Protocolo de Kioto.



esta revista se edita con el auspicio de:



## Próximamente...

Revista Virtual REDESMA  
febrero 2009  
Vol. 3(1)

**TEMA: Minería sustentable**

Se recibirá como colaboración artículos científicos, resultado de investigaciones específicas relacionadas con el tema, los que serán sometidos a la revisión y dictamen del Consejo Editorial. Se seleccionarán artículos de estudiantes universitarios, técnicos y profesionales, así como también de experiencias institucionales que se hayan desarrollado dentro de esta temática.

Se publicará:

- Reseñas de libros, revistas y otros documentos, además de programas de conservación e investigación.
- Tesis de maestría y doctorado relacionadas al tema.
- Semblanzas de instituciones académicas, instituciones de investigación, profesionales, comunitarias, etc.

Se destacará:

- Artículos publicados en revistas, libros y otros (citando adecuadamente su origen, autorías, derechos, etc.)
- Experiencias de colaboración entre diferentes actores.

Fecha límite para entrega de artículos, reseñas y colaboraciones:

30 de enero de 2009

Envíos a: [revistaredesma@cebem.org](mailto:revistaredesma@cebem.org)