

# La ciencia del cambio climático

*Desde 1990, se han hecho grandes adelantos en la comprensión del cambio climático y se continúan realizando análisis y obteniendo nuevos datos.*

---

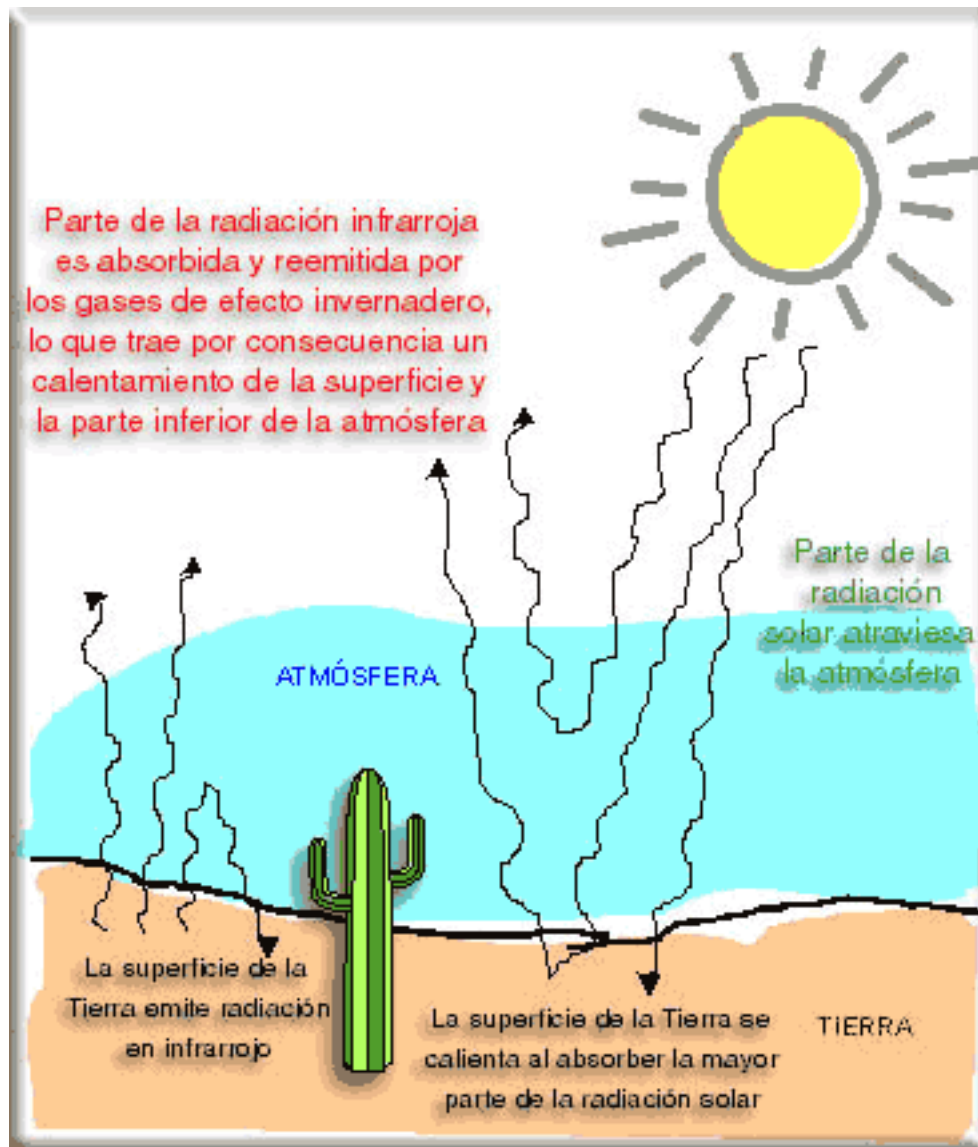
## Efecto invernadero

La temperatura del aire en la superficie terrestre resulta del balance entre la energía que llega al planeta a través de la radiación solar, y aquella que se pierde por enfriamiento, principalmente mediante radiación infrarroja (ver Figura 3-1).

El sol es la única fuente externa de calor de la Tierra. Cuando su superficie es alcanzada por la radiación solar, en forma de *luz visible*, una parte de ella es absorbida por la atmósfera y reflejada por las nubes, desiertos y nieves. La radiación remanente es absorbida por la superficie terrestre, calentándose y entibiando la atmósfera, generándose a su vez, la emisión de *radiación infrarroja invisible*. Debido a que la atmósfera es relativamente transparente a la radiación solar, pequeñas cantidades de gases presentes en ella - conocidos como *gases de efecto invernadero*, GEI - absorben dicha radiación infrarroja, actuando como una sábana que previene el escape de la radiación hacia el espacio, calentando la superficie de nuestra Tierra al disminuir la emisión de radiación enfriante. Este es el llamado *efecto invernadero*, el cual ha operado en la atmósfera de la Tierra por billones de años, debido a la presencia de los GEI naturales: el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano, (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>). # Si no existiesen estos gases, la temperatura promedio de la Tierra sería 30oC más baja que en la actualidad, haciéndola inhabitable.

Sin embargo, aumentos en las concentraciones de los GEI reducen la eficiencia con que la Tierra se enfría hacia el espacio, resultando en un *forzamiento radiativo* positivo que tiende a calentar la baja atmósfera y superficie terrestre. Este es el *efecto invernadero aumentado*, cuya magnitud dependerá de la proporción del aumento en la concentración de cada gas invernadero, de las propiedades radiativas de los gases involucrados, y de las concentraciones de otros GEI ya presentes en la atmósfera.

**Figura 3-1: Diagrama que muestra el efecto invernadero simplificado**



Los GEI pueden dividirse en tres categorías: (1) los radiativamente activos, tales como el vapor de agua, dióxido de carbono, ozono, metano, óxido nítrico y los clorofluorocarbonos (CFCs), que ejercen un efecto climático directo; (2) los química / fotoquímicamente activos, tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), que ejercen efectos climáticos indirectos a través de reacciones químicas que afectan el balance de sustancias capaces de "limpiar" la atmósfera, y, en el caso del SO<sub>2</sub>, a través de contribuir a la formación de aerosoles reflectantes y núcleos de condensación de nubes.

Actualmente, existe gran preocupación porque el aumento de la concentración atmosférica de estos gases por actividad industrial (principalmente CO<sub>2</sub> proveniente de la quema de combustibles fósiles), podría intensificar el efecto invernadero natural, llevando a un aumento en las temperaturas y a un cambio asociado en el clima mundial, lo que podría traer consecuencias insospechadas para la humanidad.

## Aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero

Con el fin de comprender lo que significa la perturbación antropógena del efecto invernadero, y de obtener un entendimiento cuantitativo de cuáles deberían ser las concentraciones de gases de efecto invernadero que no producirían esta interferencia peligrosa en el sistema climático, primero se deben conocer las concentraciones actuales de los GEI en la atmósfera, sus tendencias, y las consecuencias -tanto presentes como futuras- para el

sistema climático.

Desde la época preindustrial (es decir, desde 1750 aproximadamente), las concentraciones de estos gases han producido un forzamiento radiativo positivo del clima que tiende a calentar la superficie y a producir otros cambios climáticos.

Las concentraciones atmosféricas promedio globales de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, han crecido considerablemente: el CO<sub>2</sub> de unos 280 a casi 360 ppmv (30%), el CH<sub>4</sub> de 700 a 1720 ppbv (145%), y el NO<sub>2</sub> de unos 275 a unos 310 ppbv (15%) (valores para 1992). Estas tendencias pueden atribuirse en gran parte a las actividades humanas, sobre todo al uso de combustibles fósiles, al cambio de uso de la tierra y a las prácticas agrícolas.

Las tasas de crecimiento de las concentraciones de dichos gases se mantuvieron bajas a principios del decenio de 1990. Si bien esta variación aparentemente natural no se puede explicar del todo, datos recientes indican que las tasas de crecimiento se pueden comparar en la actualidad con las tasas medias del decenio de 1980.

El forzamiento radiativo directo de los gases de efecto invernadero de larga duración (2.45 Wm<sup>-2</sup>) se debe sobre todo a los aumentos de las concentraciones de CO<sub>2</sub> (1.56 Wm<sup>-2</sup>), CH<sub>4</sub> (0.47 Wm<sup>-2</sup>) y NO<sub>2</sub> (0.14 Wm<sup>-2</sup>) (valores para 1992).

Numerosos gases de efecto invernadero permanecen en la atmósfera durante mucho tiempo (desde varios decenios hasta siglos para el CO<sub>2</sub> y el NO<sub>2</sub>), por lo tanto afectan el forzamiento radiativo en escalas de tiempo largas.

El forzamiento radiativo directo debido a los CFC y los HCFC combinados es de 0,25 Wm<sup>-2</sup>. Sin embargo, su forzamiento radiativo neto se reduce a 0,1 Wm<sup>-2</sup> porque han ocasionado el agotamiento del ozono estratosférico que produce un forzamiento radiativo negativo. Se prevé que las concentraciones de CFC y HCFC, y el resultante agotamiento del ozono, disminuirán considerablemente para el año 2050 gracias a la implementación del Protocolo de Montreal y sus enmiendas y ajustes.

En la actualidad, otros gases de efecto invernadero de larga duración (en especial el HFC, un sustituto del CFC, el PFC y el SF<sub>6</sub>), contribuyen poco al forzamiento radiativo, pero su crecimiento previsto podría contribuir en varios puntos porcentuales al forzamiento radiativo en el siglo XXI.

Si las emisiones de dióxido de carbono se mantienen a niveles parecidos a los actuales (1994), se producirá una tasa de crecimiento casi constante de las concentraciones atmosféricas durante, al menos, dos siglos, y se alcanzarían unos 500 ppmv para fines del siglo XXI (aproximadamente el doble de la concentración de la época preindustrial que era de 280 ppmv).

Una serie de modelos del ciclo del carbono indica que se podría alcanzar la estabilización de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> en 450, 650 ó 1000 ppmv sólo si las emisiones mundiales antropogénicas de CO<sub>2</sub> descienden a los niveles de 1990, en unos 40, 110 ó 240 años a partir del presente, respectivamente, y si a la postre disminuyen hasta alcanzar niveles inferiores a los del decenio de 1990.

Cualquier estabilización posible de la concentración depende más de las emisiones antropogénicas acumuladas de CO<sub>2</sub> desde el presente hasta que se alcance la estabilización, que de la manera en que esas emisiones cambien en el período. Esto significa que, para un valor dado de concentración estabilizada, mayores emisiones en los primeros decenios precisan menores emisiones posteriormente. En la serie de casos de estabilización estudiados, la estabilización a 450, 650 ó 1000 ppmv de emisiones antropogénicas acumuladas en el período de 1991 a 2100 se situaba en 630 GtC, 1080 GtC, y 1410 GtC, respectivamente (+ - el

15% en cada caso).

La estabilización de las concentraciones de CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub> a los niveles actuales supone reducciones de emisiones antropógenas del 8% y más del 50%, respectivamente.

Hay indicios de que las concentraciones del ozono troposférico en el hemisferio norte han aumentado desde la época preindustrial debido a las actividades humanas, produciendo un forzamiento radiativo positivo. Este forzamiento todavía no está bien definido, pero se estima que es de unos 0,4 Wm<sup>-2</sup> (15% del cual se debe a los gases de efecto invernadero de larga duración). Sin embargo, las observaciones de los últimos decenios muestran que la tendencia ascendente ha disminuido o se ha detenido. Sin embargo, se esperan cambios futuros en zonas tropicales y sub-tropicales.

## Los aerosoles antropógenos

Los aerosoles antropógenos, es decir, aquellas partículas microscópicas que resultan de la combustión de combustibles fósiles, de la combustión de la biomasa y de otras fuentes, han dado lugar a un forzamiento negativo directo de unos 0,5 Wm<sup>-2</sup>, como media mundial, y es posible que también sean la causa de un forzamiento negativo indirecto de la misma magnitud. Si bien el forzamiento negativo se centra en determinadas regiones y zonas subcontinentales, puede afectar los esquemas climáticos a escala continental o hemisférica.

Los aerosoles antropógenos, a diferencia de los gases de efecto invernadero de larga duración, tienen poca duración en la atmósfera, por lo tanto su forzamiento radiativo negativo se ajusta muy rápido a los aumentos y reducciones de las emisiones. Por lo tanto, su efecto de enfriamiento no compensa el calentamiento generado por los GEI de larga duración.

## Cambios del clima en el último siglo

En cualquier lugar, las variaciones año a año del tiempo pueden ser grandes, pero los análisis de los datos meteorológicos, oceanológicos u otros datos, correspondientes a zonas extensas y durante períodos de varios decenios o más, han entregado evidencias de la existencia de cambios sistemáticos importantes:

La temperatura media global del aire cerca de la superficie terrestre ha aumentado entre unos 0,3 y 0,6°C desde fines del siglo XIX. Los datos adicionales obtenidos desde 1990 y los análisis que se han vuelto a realizar desde entonces, no alteran de forma significativa el rango del aumento estimado.

Los últimos años han sido de los más cálidos desde 1860, es decir, en el período de registro instrumental, a pesar del efecto de enfriamiento de 1991 producido por la erupción volcánica del Monte Pinatubo.

En general, las temperaturas nocturnas sobre tierra han aumentado más que las temperaturas diurnas.

Los cambios regionales son también evidentes. Por ejemplo, el reciente calentamiento ha sido mayor sobre los continentes de latitud media en invierno y en primavera, con algunas zonas de enfriamiento, como el Atlántico Norte. Las precipitaciones han aumentado sobre la tierra en latitudes altas del hemisferio norte, sobre todo durante la estación fría.

El nivel mundial del mar ha aumentado entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años y gran parte de ese aumento está relacionado con el incremento de la temperatura media mundial.

No se dispone de los datos adecuados para determinar si a lo largo del siglo XX, se han producido cambios duraderos en la variabilidad climática o en los valores extremos de las variables meteorológicas a nivel mundial. A nivel regional, hay indicios claros de cambios en algunos valores extremos, así como en indicadores de la variabilidad climática. Varios de estos cambios se han producido en el sentido del aumento de la variabilidad. En otros casos, lo que ha habido es un descenso de ella.

Entre 1990 y mediados de 1995, la fase de calentamiento constante del fenómeno *El Niño-Oscilación Austral*, que causa sequías e inundaciones en numerosas zonas, fue excepcional respecto a la acostumbrada en los últimos 120 años.

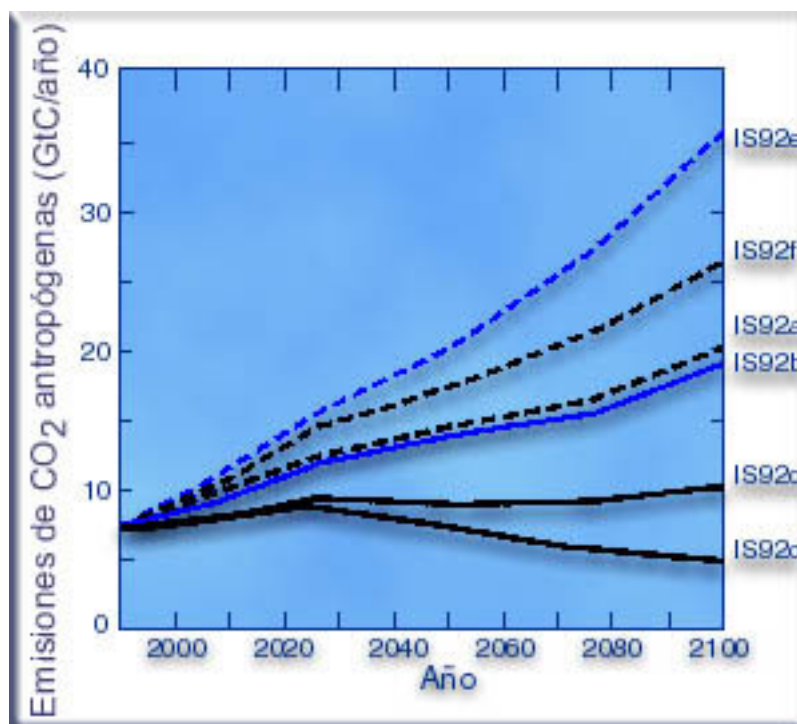
## **Influencia humana perceptible en el clima mundial**

Desde el Informe del PICC (1990), se han hecho grandes adelantos para tratar de distinguir entre las influencias naturales y las antropogénicas en el clima. Este progreso se ha logrado al incluir los efectos de los aerosoles sulfatados, además de los gases de efecto invernadero, obteniéndose así estimaciones más precisas del forzamiento radiativo debido a las actividades humanas. Los resultados más importantes relativos a las esferas de detección y atribución son:

Las limitadas pruebas disponibles de indicadores climáticos sugieren que la temperatura media mundial del siglo XX es, al menos, tan cálida como la de cualquier otro siglo a partir de 1400 A.C. Los datos anteriores a este siglo son muy escasos para poder obtener una estimación fiable de la temperatura media mundial.

En las evaluaciones del significado estadístico de la tendencia observada de la temperatura media mundial durante el último siglo, se han utilizado una variedad de nuevas estimaciones de la variabilidad natural interna así como la forzada por factores externos. Esas estimaciones se derivan de datos instrumentales, paleodatos, modelos climáticos sencillos y complejos, y modelos estadísticos adaptados a las observaciones. La mayoría de esos estudios ha detectado un cambio importante y muestra que es probable que la tendencia del calentamiento observado no sea totalmente de origen natural.

**Figura 3-2: Emisiones antropógenas anuales de dióxido de carbono, de acuerdo a los escenarios de emisión IS92**



Pruebas recientes más convincentes que atribuyen a las actividades humanas un efecto sobre el clima han surgido de estudios basados en patrones, en los cuales la respuesta climática que dan los modelos, cuando en ellos se tiene en cuenta tanto el forzamiento de los gases de efecto invernadero como el de los aerosoles sulfatados antropogénicos, se compara con patrones geográficos, estacionales y verticales observados de la variación de la temperatura atmosférica. Esos estudios muestran que las correspondencias de dichos esquemas aumentan con el tiempo, como podría esperarse dado que la señal antropogénica aumenta en fuerza. Además, es muy poco probable que esas correspondencias puedan ocurrir por casualidad como resultado sólo de una variabilidad interna natural. Los esquemas verticales del cambio también son incompatibles con los previstos para un forzamiento solar o volcánico.

La capacidad para cuantificar la influencia humana en el clima mundial está limitada actualmente porque la señal prevista apenas está surgiendo del ruido de la variabilidad natural, y porque existen incertidumbres en factores clave. Entre estos se incluyen la magnitud y los patrones de la variabilidad natural a largo plazo, así como el forzamiento que evoluciona con el tiempo, y la respuesta, a causa de los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero y los aerosoles, y los cambios en la superficie terrestre. Sin embargo, el balance de las pruebas sugiere que existe una influencia humana perceptible en el cambio climático a escalas regional y global.

## Se prevé que el clima seguirá cambiando en el futuro

A falta de políticas de mitigación o de avances tecnológicos importantes que permitan reducir las emisiones y/o aumentar los sumideros, se espera que las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles crezcan durante todo el siglo próximo.

El PICC ha elaborado una serie de escenarios, IS92 a-f, de futuras emisiones de gases de efecto invernadero y precursores de aerosoles sobre la base de hipótesis relacionadas con el crecimiento de la población y crecimiento económico, el uso de la tierra, los cambios tecnológicos, la disponibilidad de energía y la combinación de combustibles en el período 1990 a 2100 (ver Figura 3-2). Según estos escenarios, se prevé que las emisiones de dióxido de carbono en el año 2100 se sitúen en la gama de unas 6GtC al año, aproximadamente igual a las emisiones actuales, hasta unas 36 GtC al año (con el extremo inferior de la gama del

PICC), suponiendo un bajo crecimiento demográfico y económico hasta el año 2100. Se ha previsto que las emisiones de metano se sitúen entre 540 y 1170 Tg CH<sub>4</sub> al año (las emisiones fueron en 1990 de unas 500 Tg CH<sub>4</sub>), que las emisiones de óxido nitroso se sitúen entre 14 y 19 Tg N al año (las emisiones en 1990 fueron de unos 13 Tg N).

En todos los casos, las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y el forzamiento radiativo total siguen aumentando durante el período de simulación de 1990 a 2100.

*Incrementos potenciales de Temperatura.* Para el escenario de emisiones del PICC a mediano plazo, IS92a, partiendo de la hipótesis del valor de la "mejor estimación" de la sensibilidad del clima, incluidos los efectos de los futuros aumentos de las concentraciones de aerosoles, en los modelos se prevé un incremento de la temperatura superficial media global con relación a 1990 de unos 2°C para el año 2100.

Esta estimación es aproximadamente inferior en un tercio a la "mejor estimación" en 1990. Se debe principalmente a escenarios de menores emisiones (en particular de CO<sub>2</sub> y CFC), a la inclusión del efecto de enfriamiento de sulfatos en aerosol, y a las mejoras en el tratamiento del ciclo de carbono. Combinando el escenario de emisiones más bajas del PICC (IS92c), con un valor "bajo" de sensibilidad al clima, e incluyendo los efectos de futuros cambios en las concentraciones de aerosoles, se llega a un aumento previsto de 1°C aproximadamente para el año 2100. La proyección correspondiente para el escenario de mayores emisiones del PICC (IS92e), combinado con un valor "alto" de sensibilidad climática, da un calentamiento de unos 3,5°C. En todos los casos, la tasa media de calentamiento probablemente sea mayor que cualquiera de las observadas en los últimos 10.000 años, pero en los cambios reales anuales a decenales habrá una considerable variabilidad natural. Los cambios regionales de temperatura pueden diferir sustancialmente del valor medio global.

Debido a la inercia térmica de los océanos, para el 2100 sólo tendría lugar entre el 50% y el 90% del cambio de temperatura de equilibrio final, y la temperatura seguiría aumentando después del 2100, incluso si se estabilizara entonces la concentración de gases de efecto invernadero.

*Incrementos potenciales en el nivel del mar.* Se espera que el nivel medio del mar aumente como resultado de la expansión térmica de los océanos y de la fusión de glaciares y capas de hielo. En el escenario IS92a, suponiendo los valores de la "mejor estimación" de sensibilidad del clima y de sensibilidad de la fusión de los hielos al calentamiento, incluidos los efectos de los futuros cambios en las concentraciones de aerosoles, en los modelos se prevé un aumento del nivel del mar de unos 50 cm desde ahora hasta 2100. Tal estimación es un 25% inferior aproximadamente a la "mejor estimación" de 1990, debido a la menor proyección de la temperatura, pero refleja asimismo mejoras en los modelos del clima y de fusión de hielos. Combinando el escenario de las emisiones más bajas (IS92c) con las "bajas" sensibilidades del clima y de la fusión de hielos, incluidos los efectos de los aerosoles, se obtiene una elevación del nivel del mar prevista de unos 15 cm desde ahora hasta 2100.

La proyección correspondiente para el escenario de emisiones más altas (IS92e), combinado con "elevadas" sensibilidades del clima y de la fusión de hielos, da una elevación del nivel del mar de unos 95 cm desde ahora hasta el 2100. El nivel del mar seguirá subiendo a un ritmo similar en los próximos siglos después del 2100, incluso si para entonces se estabilizaran las concentraciones de gases de efecto invernadero, proceso que continuaría incluso después de estabilizarse la temperatura media global.

Los cambios regionales en el nivel del mar pueden diferir del valor medio global debido a movimientos de tierras y a los cambios de las corrientes oceánicas.

La confianza es mayor en las proyecciones a escala hemisférica # continental de modelos climáticos acoplados atmósfera # océano que en las proyecciones regionales, donde la confianza sigue siendo reducida. Hay más confianza en las proyecciones de temperatura que en las previsiones de cambios hidrológicos.

Todas las simulaciones realizadas con los modelos, tanto aquellas en las que se tienen en cuenta los gases de efecto invernadero y los aerosoles, como aquellas otras en las que solamente se tienen en cuenta los gases de efecto invernadero, muestran las siguientes características: un calentamiento máximo en superficie sobre las tierras de latitudes septentrionales altas en invierno, poco calentamiento en superficie sobre el Ártico en verano; una intensificación del ciclo hídrico mundial medio, y más precipitaciones y humedad del suelo en elevadas latitudes en invierno. Todos estos cambios están vinculados a mecanismos físicos identificables.

Temperaturas más tibias llevarán a un ciclo hidrológico más vigoroso, lo que se traduce en perspectivas de sequías y/o crecidas más severas en unos lugares y menos severas en otros. Varios modelos indican un aumento de la intensidad de las precipitaciones, lo que sugiere la posibilidad de fenómenos de precipitaciones más extremos. Los conocimientos actuales no son suficientes para afirmar si habrá cambios en la ocurrencia o distribución geográfica de fuertes tormentas; por ejemplo, ciclones tropicales.

## **Incertidumbres**

Existen numerosas incertidumbres, y muchos factores limitan de momento nuestra capacidad para predecir y detectar el cambio climático. Es difícil predecir, por su propia naturaleza, los cambios inesperados, grandes y rápidos del sistema climático en el futuro (lo mismo que ha ocurrido en el pasado). Esto presupone que los futuros cambios climáticos pueden deparar también "sorpresas". En particular, esto se debe al carácter no lineal del sistema climático. Cuando se produce un rápido forzamiento, los sistemas no lineales están sometidos especialmente a un comportamiento imprevisto.

Pueden realizarse avances investigando procesos no lineales y subcomponentes del sistema climático. Entre los ejemplos de comportamiento no lineal cabe citar rápidos cambios de circulación en el Atlántico Norte y retroacciones asociadas con los cambios del ecosistema terrestre.

## **Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad en América Latina**

El PICC, en su informe especial sobre los impactos regionales del cambio climático, hace una evaluación de la vulnerabilidad regional frente al cambio climático, centrándose en los posibles impactos a largo plazo sobre los ecosistemas, la hidrología y los recursos hídricos, la producción de alimentos y fibras, los sistemas costeros, los asentamientos humanos, la salud humana y otros sectores o sistemas importantes (incluido el sistema climático), todos los cuales son vitales para un desarrollo sostenible.

El análisis se realizó respecto de 10 regiones que, conjuntamente, abarcan la superficie total de la Tierra: África, Regiones Polares (el Ártico y el Antártico), Asia Occidental árida (Oriente Medio y Asia árida), Australasia, Europa, América Latina, América del Norte, pequeños Estados Insulares, Asia Templada y Asia Tropical.

Mientras que en numerosas regiones el cambio climático probablemente ocasionará

efectos adversos # en algunos casos, posiblemente irreversibles #, algunos de los efectos de dicho cambio serán probablemente beneficiosos. Estos cambios a largo plazo y en gran escala, inducidos por los seres humanos, interactuarán con la variabilidad natural a escalas temporales de días o decenas de días [como ocurre, por ejemplo, con el fenómeno El Niño # Oscilación Austral (ENOA)] afectando, con ello, al bienestar social y económico.

## **Vulnerabilidad**

Según el PICC, la vulnerabilidad se define como el grado en que un sistema natural o social podría resultar afectado por el cambio climático. La vulnerabilidad es función de la sensibilidad de un sistema a los cambios del clima (el grado en que un sistema responderá a determinado cambio del clima, incluidos los efectos beneficiosos y perjudiciales), y de su capacidad para adaptarse a dichos cambios (el grado en que los ajustes introducidos en las prácticas, procesos o estructuras pueden moderar o contrarrestar los posibles daños o beneficiarse de las oportunidades creadas, por efecto de determinado cambio del clima).

## **Adaptación**

Un mensaje clave que se desprende de las evaluaciones regionales es que muchos sistemas y políticas no están adecuadamente ajustados ni siquiera al clima actual o a su variabilidad. En términos de vidas humanas y de capital, un aumento de los costos que acarrearán las crecidas, las tempestades y las sequías, reafirma la vulnerabilidad actualmente existente.

En muchos países, las políticas y condiciones económicas que determinan las decisiones individuales, las estrategias de desarrollo y las pautas de utilización de los recursos dificultan la puesta en práctica de medidas de adaptación. Por ejemplo, en diversos países el agua está subvencionada, con lo que se propicia un uso excesivo, y se desfavorece la conservación, que podría ser uno de los elementos de las futuras estrategias de adaptación. Por otro lado, una zonificación inadecuada de las tierras en función de los tipos de utilización, y/o la subvención de los seguros de desastre, que fomenta el desarrollo de infraestructuras en áreas propensas a las crecidas o a otros desastres naturales y cuya vulnerabilidad podría aumentar aún más por efecto de un cambio climático.

Las evaluaciones regionales sugieren que la adaptación requerirá previsión y planificación: de no preparar los sistemas para los cambios proyectados de las medias climáticas, de la variabilidad y de los valores extremos, grandes cantidades de capital podrían canalizarse hacia el desarrollo de infraestructura o de tecnologías inadecuadas a las situaciones futuras, y podrían perderse oportunidades de aminorar los costos de adaptación.

## **La evaluación regional para América Latina**

*Contexto.* Algunos de los países, especialmente los del istmo de América Central, más Ecuador, Brasil, Perú, Bolivia, Chile y Argentina, se ven actualmente muy afectados por las consecuencias socioeconómicas de la variabilidad del clima a escala entre estacional e interanual, y particularmente por el fenómeno El Niño Oscilación Austral (ENOA). La mayoría de la producción está basada en los extensos ecosistemas naturales de la región, y el impacto de la actual variabilidad del clima sobre los recursos naturales sugiere que la repercusión de los cambios climáticos previstos podría ser suficientemente importante para ser tomada en cuenta en las iniciativas de planificación nacionales y regionales. La utilización de las tierras es actualmente una de las causas más importantes del cambio que están

experimentando los ecosistemas, mediante sus complejas interacciones con el clima. Este factor hace muy difícil encontrar pautas comunes en cuanto a la vulnerabilidad al cambio climático.

Cabe resaltar que tanto para esta región como para las otras regiones consideradas en el informe del PICC, gran parte de la información se basó en los estudios de vulnerabilidad que algunos países realizaron. Particularmente, en América Latina los estudios han sido escasos en esta área, por lo que la información vertida a continuación es aún insuficiente, y deberá ser mejorada, a medida que los demás países vayan realizando sus estudios de vulnerabilidad correspondientes.

La evaluación regional para América Latina concluyó que un creciente deterioro del medio ambiente en la región (expresado como cambios en la disponibilidad de agua, pérdida de tierras agrícolas o anegamiento de áreas costeras, ribereñas y llanas), a que darían lugar el cambio del clima, la variabilidad climática y las prácticas de utilización de las tierras, agravarían los problemas socioeconómicos y sanitarios, fomentando la migración de las poblaciones rurales y costeras. Más específicamente, la evaluación arrojó los siguientes impactos potenciales:

*Ecosistemas.* Se espera que el cambio climático afecte a grandes extensiones de bosques y pastizales; los ecosistemas de montaña y las zonas de transición entre distintos tipos de vegetación serán especialmente vulnerables. El cambio climático podría agravar los efectos adversos de la continuada deforestación de los bosques pluviales de la Amazonia. Este impacto podría ocasionar una pérdida de diversidad biológica, y reduciría las lluvias y la escorrentía tanto en el interior como en el exterior de la cuenca del Amazonas (al haber un menor reciclado de la precipitación por evapotranspiración), afectando al ciclo del carbono mundial.

*Hidrología y recursos hídricos.* El cambio climático podría afectar notablemente al ciclo hidrológico, alterando la intensidad y la distribución temporal y espacial de la precipitación, de la escorrentía de superficie y de la recarga de agua, generando impactos diversos sobre diferentes ecosistemas naturales y actividades humanas. Las áreas áridas y semiáridas serán particularmente vulnerables a un cambio en la disponibilidad de agua. La generación de energía hidroeléctrica y la producción de cereales y ganado serán especialmente vulnerables al cambio en el suministro de agua, particularmente en Costa Rica, Panamá y el pie De monte de los Andes, así como en áreas adyacentes de Chile y del occidente de Argentina, entre los 25°S y los 37°S. Los impactos sobre los recursos hídricos podrían ser suficientes para provocar conflictos entre usuarios, regiones y países.

*Producción de alimentos y de fibras.* Se prevé una disminución de la producción agrícola # incluso tomando en cuenta los efectos positivos del aumento de CO<sub>2</sub>, sobre el crecimiento de los cultivos y un cierto grado de adaptación de las explotaciones agrarias # para varios tipos de cultivos de México, países del istmo de América Central, Brasil, Chile, Argentina y Uruguay. Además, la producción pecuaria menguará si las praderas de las regiones templadas se ven afectadas por una disminución sustancial de la disponibilidad de agua. Los fenómenos extremos (por ejemplo, crecidas, sequías, heladas o tormentas), podrían perjudicar los pastizales y la producción agrícola (por ejemplo, los cultivos de banana de América Central). Las formas de vida de los pueblos tradicionales, tales como las de muchas comunidades andinas, resultarían amenazadas si disminuyera la productividad o la superficie de los pastizales o de los cultivos tradicionales.

*Sistemas costeros.* En las costas bajas y estuarios de los países del istmo de América Central, Venezuela, Argentina o Uruguay, el aumento del nivel del mar podría reducir la tierra de las costas y la diversidad biológica (en particular, arrecifes de coral, ecosistemas de manglares, humedales de estuario, mamíferos marinos y pájaros), dañar las infraestructuras y

ocasionar intrusiones de agua salada. Si la subida del nivel del mar bloqueara la escorrentía de los ríos de llanura hacia el océano, podría aumentar el riesgo de crecida en esas cuencas (por ejemplo, en la Pampa argentina).

*Asentamientos humanos.* El cambio climático tendría diversos efectos directos e indirectos sobre el bienestar, la salud y la seguridad de los habitantes de América Latina. Además, podría exacerbar el impacto directo como consecuencia del aumento del nivel del mar, de condiciones meteorológicas extremas (por ejemplo, crecidas, crecidas instantáneas, tempestades, desprendimientos de tierra u olas de frío o de calor), así como los efectos indirectos ocasionados por el impacto en otros sectores, tales como el abastecimiento de agua y alimentos, el transporte, la distribución de energía y los servicios de saneamiento. Serán particularmente vulnerables los grupos de población que habitan en barrios pobres en los suburbios de las grandes ciudades, y especialmente si están situados en áreas propensas a las crecidas o en laderas inestables.

*Salud humana.* Los cambios proyectados del clima podrían intensificar los efectos del grave estado crónico de malnutrición y enfermedades en que se ya encuentran algunas poblaciones de América Latina. Si aumentaran la temperatura y las precipitaciones, la distribución geográfica de las enfermedades transmitidas por vectores (por ejemplo, paludismo, dengue, chagas), y de las enfermedades infecciosas (por ejemplo, el cólera), se extenderían hacia el sur y hacia terrenos más elevados. La contaminación y las altas concentraciones de ozono en la superficie, intensificados por un aumento de la temperatura superficial, podrían afectar negativamente a la salud y el bienestar de las personas, especialmente en áreas urbanas.

## **Probables efectos de los cambios climáticos sobre el sistema socioeconómico chileno**

Los efectos potenciales del cambio climático sobre el sistema socioeconómico chileno mostrados a continuación, están basados en la información contenida en el documento "Evaluación de la Vulnerabilidad de las áreas costeras a incrementos en el nivel del mar como consecuencia del calentamiento global, caso de estudio: Bahía de Concepción", elaborado por CPPS/PNUMA. En los estudios sobre vulnerabilidad que se detallan en el punto 7.4.3.2, se considerarán estos impactos probables.

*Centros Poblados.* El efecto del incremento en el nivel del mar (bajo el escenario pesimista de 1 m), se apreciaría con mayor intensidad en las ciudades costeras desde la V Región (33° S.), hasta la XII Región (56° S.), hacia el sur del país que sufrirían situaciones de inundaciones, en especial frente a ocurrencia de marejadas. Se prevé que los sistemas de evacuación de aguas servidas -cuya salida es directa al medio marino - se verían sobrepasados en su capacidad de descarga, provocando problemas de saneamiento urbano.

*Caletas Artesanales.* Desde el punto de vista del incremento en el nivel del mar, el total de pescadores artesanales se ve afectado, en particular en la VIII y X Región, que concentran más del 50% del total; aunque se prevee que el cambio sería menor en términos de la configuración física que poseen (altura de infraestructura habitacional, muelles, etc.). El problema más importante se relaciona con el cambio de temperatura, por la readecuación de la distribución de los recursos pesqueros sobre los cuales los pescadores sustentan su actividad económica. Ello hace presumir una suerte de migración de parte de su población hacia localidades interiores, o un cambio en su estructura de actividad laboral, por sustitución de trabajo.

*Fuentes de agua potable.* Por el incremento en el nivel del mar, en las captaciones

superficiales cuya bocatomía se encuentra bajo la influencia de las mareas, sus aguas pueden tornarse salobres si los caudales de las fuentes son pequeños. Por otra parte, las captaciones subterráneas, mallas de puntas y drenes son especialmente frágiles dado que se las instala en sedimentos arenosos costeros y con niveles estáticos aproximadamente a 2 m.s.n.m.; estos acuíferos podrían contaminarse por el ascenso de interfase agua dulce/salada, o por ingreso de agua de mar desde la superficie. Finalmente, con respecto a los pozos excavados y pozos perforados (norias y sondajes), aquéllos cuya boca se encuentra entre el nivel del mar y los 25 metros de altitud, por efecto de la interfase agua dulce/salada pueden sufrir un incremento en las sales, especialmente en sulfatos. Si al ascenso del nivel del mar se agrega la falta de recarga por sequía, sobreexplotación de los acuíferos aguas arriba, o sobreexplotación de los cauces superficiales que las alimentan, todas las captaciones costeras se verán afectadas.

*Recursos Hídricos.* En las principales cuencas de la zona central del país cuyos cauces alcanzan la depresión intermedia, un aumento de la temperatura significa un ascenso de la línea de nieves y un aumento del área aportante. Esto obligará al reacondicionamiento de numerosas obras y a la construcción de otras para la protección de la población y las actividades ribereñas. En el mismo tipo de cuenca del Norte Chico y Zona Central, el aumento de temperatura acelerará el derretimiento de las nieves, incrementando los caudales de invierno y primavera en desmedro de los de verano y otoño; ello afectará la capacidad de riego de los ríos con un fuerte impacto en la agricultura y demandará la construcción de nuevas obras de regulación estacional.

Tal como se mencionó en el punto anterior, en las localidades bajas se puede ver afectada la salinidad de pozos y vertientes costeras, las obras de protección y la depositación de sedimentos.

*Agricultura.* Para la agricultura se prevén aspectos negativos y otros favorables. El aumento de la temperatura presenta como consecuencia favorable la reducción del período con heladas a las cuales hay muchos cultivos sensibles; pero por otra parte, atenúa el régimen de frío invernal, elemento muy importante en algunas especies frutales, por lo cual estas deberían desplazarse hacia el sur del país. Otro aspecto negativo es la mayor precocidad de los ciclos biológicos, lo cual disminuye la productividad en frutales y cultivos tradicionales. La disminución de la pluviosidad en la zona central y centro-sur afecta negativamente la productividad del secano costero e interior con un menor rendimiento de cereales y leguminosas y una menor productividad de las praderas naturales; además, el contenido de humedad en el suelo puede ser insuficiente para la agricultura hacia fines del verano. La menor disponibilidad de agua de riego por cuenca conlleva un aumento de costos y un desplazamiento de los cultivos menos rentables. En la zona austral, el potencial aumento de la pluviosidad implica mayores dificultades de explotación de los ecosistemas y un acentuamiento de los riesgos de erosión.

*Silvicultura.* En relación a la actividad forestal, se prevee un cambio en la distribución de las especies durante el lapso de calentamiento; probablemente las especies forestales más afectadas sean aquellas más higrófilas y resistentes al frío que actualmente se distribuyen en la cima de la Cordillera de la Costa, como son las coníferas. No obstante, por las condiciones de mayor pluviosidad que se prevee, se podría sugerir una ampliación de las zonas de cultivo de las especies Atriplex, Eucalipto y Pino Radiata. Difícil de predecir, pero de gran importancia, es el aumento de la frecuencia de incendios forestales determinada por la mayor temperatura y la disminución de la humedad del suelo.

*Recursos marinos renovables.* Considerando la gran longitud de la costa chilena y la cantidad y diversidad de recursos existentes a lo largo de ésta, el cambio climático conduciría a una redistribución de las áreas productivas y, por tanto, se presume que no habría tantos cambios desde el punto de vista de la economía global del país. No obstante, sí habría un cambio para las economías de las regiones.

*Turismo (playas).* La actividad de recreación y turismo realizada en las playas del litoral se podría ver afectada de manera importante, por inundaciones totales o parciales.

Asimismo, variadas infraestructuras podrían verse afectadas, en particular en la zona central de Chile.

*Transporte.* Las instalaciones portuarias se verían afectadas negativamente con el incremento del nivel del mar, al cambiar las características originales de operación, debiendo efectuarse adecuaciones de la superficie utilizable de los muelles (superficies, caminos, bodegas, etc.).

## Marco regulatorio

### La convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), es el primer instrumento internacional legalmente vinculante que trata directamente el tema de cambio climático. Su urgente elaboración fue producto de la preocupación expresada en la década de los ochenta por científicos de todo el mundo, en relación a que las emisiones de gases de efecto invernadero estaban aumentando debido principalmente a un mayor consumo de combustibles fósiles, y que esto estaría afectando el delicado balance del sistema climático. Fue abierta para firmas en la Cumbre de Río (1992), ocasión en que 155 países la firmaron, entre ellos Chile, y entró en vigor a nivel mundial el 21 de Marzo de 1994, luego que se depositara la 50ª ratificación.

En Chile, se ratificó el 24 de diciembre de 1994, y entró en vigor como Ley de la República el 13 de abril de 1995, al ser publicada en el Diario Oficial.

### Objetivo de la convención

El objetivo de la CMCC y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, establecido en su Artículo 2, es "*...lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible*".

Para alcanzar este objetivo, la Convención establece una serie de compromisos, cuya adecuación será revisada periódicamente a la luz del objetivo de dicho tratado, nuevos descubrimientos científicos, y la efectividad de los programas nacionales de cambio climático.

*Como tratado marco, la Convención establece principios y compromisos de carácter general, dejando las obligaciones más específicas a futuros instrumentos legales.* Los principios básicos de la CMCC son el principio precautorio, la responsabilidad común pero diferenciada de los estados (lo cual asigna a los estados industrializados el liderazgo para combatir el cambio climático), y el desarrollo sostenible.

## Compromisos para todas las Partes

Los compromisos generales, los cuáles se aplican tanto a países desarrollados como en desarrollo, están establecidos en el Artículo 4, párrafo 1 de la Convención. Entre ellos, destacan como los más relevantes, el elaborar, actualizar y publicar periódicamente tanto un inventario nacional de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero, como programas nacionales y/o regionales de mitigación y adaptación a los impactos derivados del cambio climático.

Los demás compromisos establecidos en el Artículo 4, dicen relación con transferencia de tecnologías, prácticas y procesos que reduzcan las emisiones, conservación y aumento de sumideros, adaptación a los impactos, investigación científica y tecnológica, intercambio de información, y educación y capacitación. Estos compromisos deberían estar en mayor o menor grado, contenidos en los programas nacionales o y/o regionales mencionados más arriba.

*La CMCC también establece obligaciones más específicas para categorías particulares de Estados.* En este sentido, distingue entre miembros OECD (listados en el Anexo II del Convenio); países en transición a una economía de mercado, que son los países de Europa del Este más los países OECD (listados en el Anexo I); y los países en desarrollo. La CMCC requiere que los países OECD tomen las medidas más fuertes, mientras que a los países con economías en transición se les permite cierta flexibilidad.

La Convención reconoce que el cumplimiento de los compromisos de los países en desarrollo dependerá de la ayuda técnica y financiera proporcionada por los países desarrollados; además, se le da especial consideración a los países menos desarrollados y a aquellos que son particularmente vulnerables por condiciones geográficas (Artículo 4, párrafos 2-7). Este enfoque que tiene la Convención es consistente con el principio ampliamente reconocido de las responsabilidades comunes pero diferenciadas de los estados, en sus diferentes niveles de desarrollo.

*Los países desarrollados y con economías en transición deben tomar el liderazgo en adoptar las medidas para combatir el cambio climático.* En este sentido, se acordó que estos países deberían tomar medidas para limitar las emisiones de dióxido de carbono y otros gases invernadero, con el fin de retornar a los niveles de 1990 en el año 2000.

Sin embargo, las diferentes circunstancias económicas de dichos países deben tomarse en cuenta, y varios estados podrían adoptar conjuntamente un objetivo de reducción común.

*Los países OECD deben facilitar la transferencia de tecnología y proveer recursos financieros a los países en desarrollo para que puedan implementar la Convención.* La Convención requiere que los países OECD financien los costos en que incurran los países en desarrollo al elaborar informes de emisiones de gases invernadero y adoptar medidas para implementar la CMCC. Esta ayuda financiera debe ser "nueva y adicional", y no readecuada de los fondos existentes para la ayuda oficial al desarrollo. Además, los países OECD deberán proveer recursos financieros para otros proyectos relacionados con la Convención, que han sido acordados entre un país en desarrollo y el mecanismo financiero de la Convención. Hasta el momento, el mecanismo financiero es el GEF (Global Environmental Facility) o Fondo para el Medio Ambiente Mundial.

## Compromisos para los países en desarrollo

De acuerdo a lo señalado en su Artículo 12 referido a la información sobre la

implementación de los compromisos, y refrendado por las decisiones adoptadas en la 2ª Reunión de la Conferencia de las Partes en relación a los compromisos de los países en desarrollo, éstos deberán presentar sus *primeras comunicaciones nacionales* a la Conferencia de las Partes, las que deberán incluir un inventario de emisiones de gases invernadero y sus sumideros; las políticas y medidas que el país ha desarrollado o piensa desarrollar para implementar la Convención, y si es posible, aportar datos científicos u otros relevantes que ayuden a clarificar las tendencias globales de las emisiones.

Además, estas partes deberán especificar sus prioridades de desarrollo, objetivos y circunstancias bajo las cuáles realizarán actividades relativas al cambio climático y sus impactos. Asimismo, referente a las decisiones de adoptar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, los países en desarrollo no tendrían hasta ahora obligación de tomar dichas medidas.

## **Protocolo de Kioto**

En la Tercera Reunión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático (COP-3), realizada en Kioto en diciembre de 1997, se adoptó el llamado Protocolo de Kioto, instrumento legalmente vinculante que establece principalmente compromisos más estrictos de reducción y limitación de emisiones de gases efecto invernadero para los países del Anexo 1 de la Convención, y un calendario determinado para cumplir dichos compromisos.

El acuerdo principal fue la reducción conjunta -en al menos un 5%- de las emisiones de GEI para el período 2008-2012, comparadas con los niveles de 1990 (expresadas como emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes). Entre los compromisos individuales destacan: una reducción del 8% para la Unión Europea, 7% para EE.UU, 6% para Japón y 6% para Canadá, y aumentos para países en situaciones especiales, tales como Australia (8%) e Islandia (10%).

Un punto importante fue la ampliación del listado original de gases a reducir: además de los gases principales como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>, se incluyeron los hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Otros aspectos importantes fueron la inclusión de los efectos de los cambios de uso del suelo, la transacción de emisiones entre los países, y el establecimiento de un Mecanismo de Desarrollo Limpio, el cual permitirá a los países del Anexo 1 trabajar con otros países - incluidos los países en desarrollo - para reducir las emisiones, y ganar créditos por tales acciones.

El Protocolo de Kioto estará abierto para ratificación a partir de marzo de 1998, y entrará en vigor cuando 55 países de la Convención, que den cuenta de al menos el 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de las partes del Anexo 1, lo hayan ratificado.

## **Progresos logrados en la implementación de los acuerdos de río en el tema de cambio climático**

### **Marco institucional y acciones específicas en algunos sectores**

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), bajo el Ministerio Secretaría General de la Presidencia, y con la asistencia de las instituciones pertinentes vinculadas a los problemas del cambio climático en el país tales como otros organismos gubernamentales, el sector privado, las universidades, y las organizaciones no gubernamentales, está coordinando a nivel nacional las acciones relacionadas con la problemática del cambio climático. Además,

CONAMA es el punto focal en Chile del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF) y del Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos (PICC).

El Ministerio de Relaciones Exteriores (M.RR.EE), representa a Chile en los procesos de negociación internacional relacionados con el cambio climático, incluyendo las reuniones de la Conferencia de las Partes de la Convención de Cambio Climático y sus Organos Subsidiarios.

La Comisión Nacional de Energía (CNE), es responsable de establecer las políticas nacionales en el sector energía. La CNE, lleva a cabo un programa de eficiencia energética, dentro del cual se han desarrollado distintos proyectos en este ámbito, algunos con asistencia externa, en los sectores residencial, público, comercial e industrial. También ha impulsado la utilización de las energías renovables en el programa nacional de electrificación rural. Asimismo, firmó en 1995 una declaración de intenciones con el Departamento de Energía de los Estados Unidos con el fin de explorar y realizar proyectos en el tema de implementación conjunta.

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), dependiente del Ministerio de Agricultura, en conjunto con CONAMA, elaboraron el catastro nacional de recursos vegetacionales nativos. Sus resultados son relevantes para la identificación de sumideros naturales de gases invernadero, al proporcionar información adecuada con respecto a las formaciones de plantas nativas, plantaciones forestales, superficie de terreno usado para prácticas agrícolas, superficie de terreno urbano, zonas sujetas a protección, zonas desertificadas y zonas para usos industriales.

La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), siendo punto focal nacional del Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Areas Costeras del Pacífico Sudeste (bajo el marco de la Comisión Permanente del Pacífico Sur, CPPS), y en conjunto con los demás integrantes del Grupo Nacional de Cambio Climático del citado Plan de Acción, coordinó la elaboración del estudio "Efectos de los cambios climáticos sobre los ecosistemas costeros y marinos de Chile" (1992). Además, este Grupo Nacional coordinó la ejecución del estudio de vulnerabilidad frente a la subida del nivel del mar para la Bahía de Concepción, el cual utilizó la metodología común del PICC. Esta experiencia se replicará para otras zonas costeras consideradas vulnerables.

Asimismo, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), ha intervenido en diversas iniciativas relacionadas con el estudio y monitoreo del fenómeno "El Niño". En el ámbito internacional, destaca su participación en las actividades del Grupo Mixto de Trabajo COI/OMM/CPPS, y a nivel nacional, es relevante su rol coordinador de la Subcomisión Científica del Comité Intersectorial para el fenómeno "El Niño", establecido en 1997, encargado de sugerir al Ministerio del Interior las medidas necesarias para abordar dicho fenómeno.

El Comité Oceanográfico Nacional (CONA), creó en 1995 el Grupo de Trabajo "El Niño y la variabilidad climática", que congrega a destacados científicos nacionales en el tema. Este Grupo ha implementado cursos, talleres, reuniones y ha editado documentos técnicos acerca del fenómeno "El Niño" y los cambios climáticos. El CONA también ha organizado cruceros oceanográficos multidisciplinarios a la zona de los fiordos y canales del sur de Chile, los que permitirán tener una línea base ambiental de esta zona escasamente intervenida, lo que permitirá a su vez, contrastar la situación actual con los posibles cambios ambientales futuros.

La Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA), dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, a través de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad de Concepción, realizó el estudio "Cambio climático global y pesquerías pelágicas en Chile", el cual se utilizará para el estudio de vulnerabilidad en recursos pesqueros que se detalla más

adelante.

## **Comité nacional asesor sobre cambio global.**

En 1996 fue creado el Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global, cuyas principales funciones son: i) asesorar al Ministerio de Relaciones Exteriores en relación con la posición nacional respecto de la Convención de Cambio Climático, del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global, y de los Convenios sobre deterioro de la capa de ozono; ii) asesorar a la Comisión Nacional del Medio Ambiente en aquellas materias que se relacionan con el cambio global en el territorio chileno y en la implementación nacional de planes y programas que se establezcan; iii) asesorar a las instituciones dedicadas a la investigación del cambio global y a todas aquellas que así lo requieran y/o lo soliciten; y iv) servir de mecanismo de coordinación entre todas las entidades vinculadas a los temas relativos a los cambios climáticos y globales.

El Comité es presidido por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, y vicepresidido por el Ministerio de Relaciones Exteriores, y está integrado además, por un representante de las siguientes instituciones: Ministerio de Agricultura, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Comisión Nacional de Energía, Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, Dirección de Meteorología de Chile, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, y la Academia Chilena de Ciencias.

Hasta la fecha, las labores del Comité se han focalizado en la definición de posiciones - país para ser llevadas a las sesiones de los órganos subsidiarios de la Convención y reuniones de la Conferencia de las Partes.

## **Redes de observacionales y actividades científicas en torno al tema de cambio climático en Chile**

### **Redes de observación**

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC), tiene entre otras, la responsabilidad de operar y mantener las redes de observación meteorológica. Desde fines de 1995, lleva a cabo mediciones de ozono superficial en Cerro Tololo y de perfil vertical de ozono en Isla de Pascua. En diciembre de 1996 se iniciaron mediciones de radiación ultravioleta espectral en Valdivia. Las estaciones se instalaron en el marco del Proyecto PNUD/GEF/OMM/DMC RLA 193/G31/A/IG/31 "Network on ozone and greenhouse gases monitoring and research southern cone countries". Además, posee una red propia de medición de radiación ultravioleta en nueve estaciones a lo largo de todo el país. Todas ellas forman parte de la red de Vigilancia de la Atmósfera Global de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

En conjunto con universidades, se realizan observaciones de radiación ultravioleta y ozono total. Durante 1998, se han hecho gestiones para ampliar y reorientar las actividades relativas al monitoreo de ozono troposférico, con el fin de coordinar esfuerzos interinstitucionales (DMC, universidades, CONAMA, otras.), para que dicho monitoreo incluya el análisis y caracterización de la estación de Cerro Tololo. De esta manera se pretende ganar en experiencia y capacidad para enfrentar diversos aspectos de la temática del cambio global.

Asimismo, la DMC elaboró un proyecto como parte del Programa Mundial del Clima de la OMM, que busca (i) mejorar la recolección y disponibilidad de datos climáticos

confiables, (ii) despertar la conciencia pública con respecto a la importancia de la información meteorológica en las actividades humanas, (iii) demostrar la importancia que tienen los aspectos climáticos en la formulación de políticas alternativas coherentes, y (iv) mejorar el conocimiento de los mecanismos causantes del cambio climático. Esta iniciativa está a la espera de financiamiento para su ejecución.

Además, la DMC administra el Banco nacional de datos meteorológicos, el cual posee información climatológica desde 1850, lo cual permite realizar estudios sobre la detección del calentamiento global en nuestro país o posibles tendencias.

El SHOA posee una red de estaciones de marea a lo largo de la costa de Chile, incluyendo las islas oceánicas y la Antártica. Estas estaciones, la primera de las cuales se instaló en 1941, monitorean de manera ininterrumpida la variabilidad del nivel medio del mar y su temperatura superficial. En la actualidad, la red mareográfica nacional está compuesta por 19 estaciones permanentes, cuya información ha permitido el seguimiento del fenómeno "El Niño-Oscilación del Sur"

## Actividades científicas

Varios proyectos e iniciativas se están llevando a cabo en el ámbito del cambio global en diversas instituciones:

En los últimos tres años, la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, a través de su Departamento de Geofísica, ha estado realizando investigaciones en el área de las ciencias atmosféricas, específicamente en los temas de predictibilidad climática por métodos estadísticos, modelación numérica de fenómenos atmosféricos e interacciones océano - atmósfera.

En conjunto con investigadores de centros de investigación extranjeros, el Departamento de Matemáticas de la Universidad de la Serena está implementando proyectos de investigación destinados a desarrollar herramientas de modelación atmosférica aplicables en la IV Región, enfatizando en los aspectos matemáticos, pero se colabora con otras áreas del saber, en particular meteorología y química atmosférica. Además, se colabora con la DMC y otras instituciones afines para ampliar y potenciar la estación de monitoreo de ozono troposférico de Cerro Tololo.

Otras áreas de estudio que se encuentra desarrollando la Universidad de La Serena se refieren a: i) determinación de indicadores de confortabilidad ambiental para actividades turísticas, en el cual se comparan las condiciones climáticas actuales y las tendencias proyectadas de cambio climático para las variables de humedad relativa y temperatura, para las ciudades de La Serena y Coquimbo, ii) determinación del comportamiento de cambio climático potencial del ciclo hidrológico del ecosistema semiárido transicional, mediante la utilización de tendencias de variabilidad de caudales naturales para cuencas y subcuencas hidrográficas específicas (37 subcuencas), que cuentan con registros superiores a los 40 años, y iii) evaluación del impacto potencial del cambio climático global asociado a la variabilidad del nivel del mar para el área intercomunal La Serena - Coquimbo (IV Región), el cual se describe con mayor detalle en el punto 7.4.3.2.

En el Departamento de Física de la Universidad de la Frontera de Temuco, se realiza investigación en el área de modelación numérica de procesos atmosféricos. En particular, se dispone de un modelo fotoquímico para la mesósfera. A su vez, el Departamento de Química de la Universidad Técnica Federico Santa María, está implementando un laboratorio de análisis químico orientado al monitoreo atmosférico.

Por su parte, la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, desarrolló un modelo computacional sobre las dinámicas de desertificación y sus impactos socioeconómicos para la población rural, como consecuencia del posible cambio climático. Esta y otras herramientas de modelación serán utilizadas en el estudio de vulnerabilidad y adaptación en agricultura, recursos hídricos y silvicultura, mencionado en el punto 7.4.3.2.

La Universidad Católica de Valparaíso, a través de su Escuela de Ciencias del Mar, participó activamente durante el período 1991-1997 en el Programa "Joint Global Ocean Flux System, Chile", como parte de los estudios de cambio global del International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). A su vez, este proyecto formó parte de la cooperación científica entre SAREC (Suecia) y CONICYT, en la que además participaron las universidades de Chile, de Concepción, Valparaíso y el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). En los aspectos oceanográficos físicos, se estudió intensamente las condiciones oceanográficas de la zona central de Chile, obteniéndose una serie de 7 años de mediciones de corriente. En los aspectos oceanográficos físicos se realizaron diversos experimentos del flujo de CO<sub>2</sub> y el comportamiento de PCO<sub>2</sub>.

Otros experimentos oceanográficos se realizan a través del programa JGOFS-Chile, con el cual se efectúan mediciones de corriente en diversos puntos de la costa de Chile, lo que permite conocer mejor la dinámica sobre la plataforma continental.

El conocimiento de las condiciones oceanográficas en la zona sur oriental del Océano Pacífico, son una contribución importante para la comprensión de los procesos oceánicos y su relación con el cambio global.

## **Acciones indirectas que han tenido incidencia en la temática del cambio climático en Chile**

### **Sector energético**

Al igual como ha sucedido en otros países, en Chile se han implementado medidas que tienen que ver directamente con las necesidades inmediatas observadas en los diferentes sectores productivos - que no han sido tomadas bajo una estrategia o plan de acción específico sobre cambio climático - pero que podrían haber tenido una incidencia positiva frente a la disminución de las emisiones de gases invernadero. Por ejemplo, son destacables las medidas adoptadas en el sector energético desde comienzos de la década del #70, luego de la crisis del petróleo.

A partir de 1973, en la mayoría de las industrias chilenas se crearon grupos de coordinación que impulsaron proyectos y campañas de aumento de eficiencia para reducir los consumos de energía (refinerías de petróleo, minería del cobre, industria de la celulosa, entre otras). Sin embargo, como este esfuerzo no estuvo acompañado de incentivos complementarios que aseguraran un interés permanente por el tema - como sucedió con los programas y mecanismos desarrollados en los países europeos - se observó que la demanda energética empezó a crecer más rápidamente que el PGB, una vez superado el período de recesión económica de 1980.

Las medidas impulsadas en los últimos años para difundir la importancia y los beneficios del uso racional de energía, y el apoyo a los proyectos e iniciativas de los productores y usuarios finales de energía con ese objetivo, han ayudado a una reducción en las cifras de intensidad energética nacional. Entre estas medidas destaca el Programa Nacional de Uso Eficiente de la Energía, implementado por la Comisión Nacional de Energía, el cual

tiene como meta reducir en un 10% el consumo de energía primaria en el período 1990-2000, lo cual equivale a alcanzar un ahorro total de 2.000 millones de dólares en el mismo período mencionado más adelante.

Estos avances se deben en parte a la toma de conciencia generada por el período crítico experimentado en el país durante la sequía de los años 89 y 90, que coincidió con la Guerra del Golfo Pérsico. Es necesario destacar que esto no habría sido posible si el país no hubiera mantenido vigentes - en los últimos 15 años - una política de precios reales y la libertad de importación de combustibles fósiles (petróleo y carbón).

## **Sector no-energético**

Para el sector no-energético, que comprende principalmente las emisiones provenientes de la agricultura, cambio de uso del suelo y sector forestal, también se han implementado medidas tendientes a un manejo sustentable de los recursos involucrados, y que tendrían una incidencia positiva en las emisiones de metano y CO<sub>2</sub>. Por ejemplo, las prácticas agrícolas relativas al manejo de ganado - que se asemeja en muchos casos al de países desarrollados - los planes de manejo forestal, los programas de forestación con fines energéticos, son ejemplos de las iniciativas que se han venido desarrollando en el país con el objetivo de realizar un manejo sustentable de los recursos, y que estarían estrechamente relacionadas con la disminución de las emisiones y aumento y/o mantención de sumideros.

## **Proyectos de cooperación**

### **Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero**

Luego de firmar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en la Cumbre de Río en 1992, y posteriormente ratificarla, Chile se encuentra actualmente cumpliendo los compromisos establecidos en dicho instrumento legal, especialmente los referidos al Artículo 4.1 incisos a) y b) acerca de la elaboración y actualización periódica del inventario de gases invernadero y a la elaboración de estrategias de mitigación, y al Artículo 12, que trata sobre la transmisión de información relacionada con la aplicación de la Convención (primeras comunicaciones nacionales).

Chile inició en 1996 la ejecución de un *inventario nacional preliminar de gases de efecto invernadero* para el año 1993, siguiendo la metodología del PICC para los inventarios, actividad que forma parte de un acuerdo de cooperación suscrito entre CONAMA y el Departamento de Energía Estados Unidos. Dentro de este acuerdo, profesionales chilenos han asistido a talleres de capacitación en inventarios, mitigación y vulnerabilidad/adaptación, que han sido impartidos y financiados por el Programa de Estudios País de los Estados Unidos (U.S. Country Studies Program).

En el presente año, el inventario-1993 se completará en los sectores de procesos industriales, uso de solventes y manejo de desechos, que son las áreas temáticas que no se abarcaron en la etapa anterior. Asimismo, se inició el inventario completo para el año 1994. Estas dos actividades se están realizando con aportes del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, bajo la modalidad de los proyectos "Enabling Activities" en cambio climático, y se detallan a partir del punto 7.4.3.

## **Plan de acción nacional en cambio climático**

Con el fin de diseñar y aplicar una estrategia nacional a nivel de Gobierno para hacer frente a los potenciales impactos del cambio climático en el mediano y largo plazo, el país ha expresado la necesidad urgente de contar con un plan de acción nacional en cambio climático. En este sentido, se elaboró un documento borrador que fue presentado a instancias de cooperación internacional, con el fin de obtener el financiamiento para su ejecución.

### **Proyecto GEF-CHI/G31/96 "Capacitación de Chile para cumplir sus compromisos con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático".**

En el mes de mayo de 1997, se dio inicio al proyecto GEF-CHI/G31/96 "Capacitación de Chile para cumplir sus compromisos con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", el cual tiene el objetivo principal de capacitar al Gobierno de Chile para elaborar su primera comunicación nacional a la Conferencia de las Partes (CP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC). Con este proyecto se están realizando las siguientes actividades: (a) un inventario de gases de efecto invernadero siguiendo las pautas adoptadas por la CP; (b) una evaluación de los potenciales impactos del cambio climático en Chile; (c) un análisis de las medidas potenciales para mitigar el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en Chile y adaptarse al cambio climático; (d) preparación de un plan de acción nacional para enfrentar el cambio climático y sus efectos adversos; y (e) elaboración de la primera comunicación nacional de Chile a la CP.

Además de la preparación de la primera comunicación nacional, se espera que el proyecto aumente la conciencia general y el conocimiento sobre las cuestiones relacionadas con el cambio climático en Chile y que fortalezca el diálogo, el intercambio de información y la cooperación entre todas las instituciones de apoyo pertinentes, incluyendo los sectores gubernamentales, no gubernamentales, académicos y privados.

El proyecto tiene una duración de 18 meses y un presupuesto total de U.S.\$350.000 aportado por el GEF. El Organismo de Implementación del proyecto, en representación del Gobierno de Chile, es la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

### **Estudios sobre Inventario y análisis de mitigación financiados por el GEF**

#### *Análisis de Mitigación.*

Un análisis de mitigación consiste en una evaluación a nivel nacional de los costos e impactos potenciales de diversas tecnologías y prácticas que poseen la capacidad de mitigar el cambio climático. Con él se busca lograr dos metas básicas: i) entregar a los tomadores de decisión una evaluación de aquellas tecnologías y prácticas que mitiguen el cambio climático, a la vez que contribuyan a los objetivos nacionales de desarrollo, y ii) identificar políticas y programas que potencien la adopción de dichas tecnologías y prácticas.

*Sector Energía.* El sector energía comprende los principales sectores de demanda energética (industria, residencial, comercial, transporte y agricultura), y el sector de suministro de energía, el cual consiste en la extracción del recurso, conversión, y entrega de productos energéticos. Las emisiones de GEI ocurren en varios puntos del sector, desde la extracción del recursos a su uso final, y de la misma forma, las opciones de mitigación existen en varios de estos puntos. En la mayoría de los países, el sector energía es el foco principal para el análisis de mitigación de GEI.

Globalmente, este sector es la fuente predominante de dióxido de carbono, el GEI más importante. La quema de combustibles fósiles da cuenta de alrededor de un 60% a 90% de las emisiones antropogénas netas actuales de este gas. El sector energía es también una fuente de metano y óxido nítrico, y de otros gases que pueden afectar indirectamente el clima de la tierra, tales como óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles sin metano (COVNM). Asimismo, el aporte a las emisiones globales de metano provenientes de la producción y transmisión de carbón, petróleo y gas natural se ha estimado en un quinto del total.

*Sector No-Energía.* Mientras la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del uso de combustibles fósiles, está concentrada en los países industrializados y países con economías en transición, muchas de las emisiones netas provenientes de los cambios de uso del suelo se originan en los países en desarrollo, principalmente por deforestación, degradación de bosques, cosecha y uso de productos forestales e incendios forestales, entre otros.

Las opciones de mitigación en el sector forestal se refieren a aquellas medidas o políticas que pueden llevar a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de la actividad forestal y/o por un aumento en la captura de carbono por los bosques, productos forestales de largo plazo y otra vegetación arbórea. En la mayor parte de los cambios de uso del suelo que involucran descomposición y oxidación, los GEI son emitidos a la atmósfera. Entre ellos se incluye el dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, óxido nítrico, óxidos de nitrógeno y otros como el COVNM.

Aunque el CO<sub>2</sub> forma el grueso de estos gases emitidos por el sector forestal, puede ser reabsorbido por la vegetación, suelos y cuerpos de agua (que actúan como sumideros).

Para el sector agrícola las emisiones primarias de GEI provienen de la crianza de animales, cultivos de arroz, aplicación de fertilizantes, y por el carbono del suelo en suelos cultivados (este último también es un potencial sumidero). La crianza de animales resulta en emisiones de metano a través de fermentación entérica y por manejo del estiércol. En este sentido, las opciones de mitigación se centran en mejorar la eficiencia de producción en el caso de fermentación entérica, y en la recuperación y uso del metano producido en el caso del manejo de estiércol.

La reducción de GEI desde el sector de praderas involucra la reducción de la producción de metano por animales rumiantes domésticos y silvestres, y por el aumento del almacenamiento de carbono, el cual es dependiente de mejorar la salud de las praderas según se requiera.

En el sector de manejo de desechos, las fuentes principales de emisiones incluyen los rellenos sanitarios y el tratamiento de aguas de desecho. Para el primero, la opción de mitigación primaria es recolectar y combustionar el gas (principalmente metano).

Asimismo, el dirigir el residuo orgánico hacia otros sistemas de disposición y tratamiento, alejados del relleno, puede reducir futuras emisiones. En el caso del tratamiento de aguas de desecho, las técnicas más efectivas para reducir las emisiones de metano es implementar sistemas aerobios de tratamiento de dichas aguas.

Bajo el marco anterior, se iniciaron en el mes de enero de 1998 los estudios "Finalización del inventario nacional de gases de efecto invernadero y análisis de mitigación en el sector energético" y "Finalización del inventario nacional de gases de efecto invernadero y análisis de mitigación en el sector no-energético". Las instituciones encargadas de ejecutar ambos estudios son el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, del Ministerio de Agricultura, que realizará las actividades relativas a la parte no-energética, y el Programa de

Investigaciones en Energía, PRIEN, de la Universidad de Chile, que realizará lo relacionado con la parte energética.

El inventario seguirá las pautas e instrucciones en materia de informes establecidas por el PICC, las que han sido adoptadas por la Conferencia de las Partes de la CMCC, y el análisis de mitigación se basará en las guías elaboradas para tal efecto por el Programa de Estudios País de los Estados Unidos.

Los productos centrales de los estudios son a) el *establecimiento de un sistema de recolección y manejo de datos* para proporcionar la información estadística básica y de otro tipo que apoye la actualización periódica del inventario nacional y la realización del análisis de mitigación, lo que se materializará a través de la construcción de un programa computacional diseñado para tal efecto; b) un *análisis de mitigación/estrategia de mitigación*, el que incluirá el desarrollo de escenarios de línea-base para emisiones de GEI y la evaluación de las medidas y opciones tecnológicas de mitigación, considerando aspectos tales como la factibilidad técnica de tales medidas, los aspectos económicos, los impactos ambientales y la coherencia con las metas y planes de desarrollo general de Chile.

## **Estudios sobre Vulnerabilidad y Adaptación financiados por el GEF**

### *Análisis de Vulnerabilidad.*

Un análisis de la *vulnerabilidad* de un país al cambio climático, según el PICC, es una evaluación de cómo los cambios en el clima pueden afectar a los diferentes segmentos del ambiente natural, a los elementos de la economía nacional, la salud y el bienestar humano. Los sectores claves de recursos naturales que pueden ser susceptibles a cambios en el clima incluyen los cultivos agrícolas, ganadería, bosques, recursos hídricos, recursos costeros, pesca y la vida silvestre. Otros sectores potencialmente afectados incluyen la salud humana, energía, infraestructura y asentamientos humanos. Una evaluación de vulnerabilidad consiste básicamente de un análisis del alcance y severidad de los efectos potenciales del cambio climático.

### *Opciones de Adaptación.*

Una evaluación de las *opciones de adaptación* de un país es una identificación y evaluación de los cambios en las tecnologías, prácticas y políticas que pueden desarrollarse para enfrentar los impactos de los cambios climáticos.

Las metas generales de la evaluación de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático son principalmente tres: (1) evaluar cómo el clima afecta las actividades humanas y los sistemas naturales y estimar las probabilidades de estos efectos, (2) evaluar las sensibilidades, umbrales y vulnerabilidades de los sistemas naturales en los posibles escenarios climáticos y (3) identificar y evaluar las posibles opciones de adaptación y políticas. Hay que identificar, de acuerdo a nuestra realidad, objetivos más específicos, considerando los siguientes aspectos:

- # Identificar quién utilizará los resultados de la evaluación.
- # Determinar qué información debiera generar la evaluación.
- # Determinar qué nivel de detalle es necesario para la evaluación

Bajo el marco señalado anteriormente y contando con el apoyo del GEF, se están realizando dos estudios en esta área, cuya ejecución comenzó en enero de 1998: i) Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en Agricultura, Recursos Hídricos y Silvicultura, y ii) Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en Zonas Costeras y Recursos Pesqueros. El primero lo

realizará el Centro AGRIMED, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, y el segundo, será ejecutado por el Centro EULA, de la Universidad de Concepción. Asimismo, dos productos centrales se obtendrán de ambos estudios, a) un análisis de vulnerabilidad y adaptación en los sectores mencionados, y b) la preparación de un borrador de estrategia de adaptación.

*Experiencia nacional específica en el área de vulnerabilidad.*

En el marco del Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste CPPS/PNUMA, se creó en Chile un grupo de trabajo integrado por diferentes instituciones nacionales (estatales y académicas), el cual tuvo como principal misión elaborar el estudio "Evaluación de la vulnerabilidad de las áreas costeras a incrementos en el nivel del mar como consecuencia del calentamiento global: Caso de estudio Bahía de Concepción, Chile". En este estudio se utilizó la metodología recomendada por el PICC para evaluar la vulnerabilidad de zonas costeras ante un aumento del nivel del mar.

Por su parte, el Programa de Geografía Física Aplicada de la Universidad de La Serena, desarrolló el estudio "Impacto Potencial del Cambio Climático Global asociado a la Variabilidad del Nivel del Mar" para el Área Intercomunal La Serena - Coquimbo. IV Región. En dicho estudio, se determinaron las áreas potenciales de anegamiento en virtud de la utilización de modelos globales para estas latitudes, su representación cartográfica y su evaluación en términos de impacto económico sobre las actividades productivas.

La experiencia ganada con estos estudios será repetida en otras zonas consideradas vulnerables, principalmente por localizar en su zona costera asentamientos humanos de densidad poblacional relevante y actividades económicas importantes.

## **Proyecto GEF-CHI/G31/93 "Reducción de gases productores del efecto invernadero en Chile"**

En marzo de 1996, comenzó la ejecución del proyecto GEF-CHI/G31/93 "Reducción de gases productores del efecto invernadero en Chile", cuyo objetivo principal es la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles (e.g., se enmarca dentro de lo que es mitigación). Contempla la realización de un proyecto sobre eficiencia energética en los motores usados en minería, y la utilización de desechos forestales para generar electricidad en zonas rurales. Este proyecto es coordinado conjuntamente entre CONAMA y la Comisión Nacional de Energía, con la participación de la oficina local del PNUD.

A la fecha, los resultados relevantes de este proyecto se pueden resumir en la creación de una sub-empresa de servicios energéticos (SESEFE) en la división El Teniente de CODELCO (la empresa minera estatal), apoyo a otras empresas dedicadas a esta actividad en Chile, identificación y contactos con entidades crediticias que financien proyectos de eficiencia energética en los motores de la minería, proyectos demostrativos de motores eléctricos en importantes empresas mineras del país, programa de capacitación en eficiencia energética en diversas empresas del rubro, realización de convenios de cooperación y asistencia técnica con diversas instituciones.

Asimismo, se encuentra en proceso de construcción un proyecto piloto que permitirá dotar de electricidad, a través de la gasificación de biomasa forestal como combustible, a una localidad rural aislada, evitando la utilización de combustibles fósiles para el abastecimiento eléctrico de este tipo de localidades.

## Proyecto Ozono

Para dar cumplimiento a la ratificación del Protocolo de Montreal (1987) y de sus consecutivas enmiendas de Londres (1990), Copenhagen (1992) y Montreal (1997), el Gobierno de Chile, a través de CONAMA, se encuentra ejecutando el Programa para la Protección de la Capa de Ozono. Su objetivo principal es la reducción en el uso de Substancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO), hasta lograr su eliminación total en los plazos previstos en dicho Protocolo. Entre las sustancias controladas, los CFC (11 y 12) y el Bromuro de Metilo son las de uso más frecuente en Chile. El Programa está financiado por el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, a través del Banco Mundial como agencia ejecutora de las Naciones Unidas.

Este programa se encuentra en su segunda fase de ejecución, habiendo logrado en su primera fase (1994 a 1997), la eliminación de más de 130 toneladas anuales de CFCs. Además de la eliminación directa del consumo de sustancias controladas, se llevaron a efecto una campaña masiva de sensibilización pública durante 1995, cursos de capacitación y seminarios en el uso de tecnologías alternativas, dirigidos a empresarios de los sectores de refrigeración y fabricación de espumas plásticas, y se estableció un Sello Ozono de carácter voluntario y certificado por la empresa SGS Chile, destinado a productos que no dañen la Capa de Ozono.

Desde 1997, se encuentra en ejecución la segunda fase del Programa que tiene por objetivo fundamental la eliminación de aproximadamente 400 toneladas anuales de SAO hasta el año 2000. La eliminación de esta cantidad pondrá a Chile en una buena posición para dar cumplimiento al primer compromiso de congelamiento del consumo de CFCs (1999). Paralelamente, el Estado tiene intenciones de dictar un paquete de regulaciones al consumo y al comercio e importación de SAO, que aseguren el cumplimiento de las obligaciones, particularmente los plazos de eliminación del CFC al año 2010 (o antes) y del Bromuro de Metilo al 2015. En el caso de esta última sustancia, CONAMA se encuentra negociando ante el Protocolo de Montreal, el financiamiento de actividades y proyectos de demostración en el uso de tecnologías alternativas, con el fin de apoyar al sector agrícola en el cambio tecnológico necesario.