

El Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile



El Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile

Febrero de 2010



El Cambio Climático
en el Sector Silvoagropecuario de Chile

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Registro de Propiedad Intelectual N° 190.022
ISBN N° 978-956-328-060-9

AUTOR

Aquiles Neuenschwander Alvarado
Ingeniero Forestal
Fundación para la Innovación Agraria

CON LA COLABORACIÓN DE

Juan Francisco Zabaleta Caicheo,
periodista, en la redacción

DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

IMPRESIÓN

Salviat Impresores S.A.

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida,
siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Contenidos

Prólogo	5
• Capítulo I. Definiciones y situación del cambio climático	11
Cambio Climático.....	11
Efecto Invernadero.....	13
Cambios en concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera terrestre	16
Observaciones directas del cambio climático reciente	18
Responsabilidad de las actividades humanas en el cambio climático y proyecciones ..	20
Efectos del cambio climático a nivel mundial	21
Posibles impactos en la economía mundial	34
• Capítulo II. La respuesta internacional al problema del cambio climático..	41
La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	41
Las negociaciones de la Convención sobre adaptación al cambio climático.....	57
Las negociaciones sobre la reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques (REDD)	60
• Capítulo 3. Cambio climático y el sistema silvoagropecuario chileno	73
Impacto sobre la disponibilidad de agua.....	75
Riesgos agrometeorológicos	77
Vulnerabilidad agrícola	79
Impactos esperados sobre los principales cultivos agrícolas chilenos	81
Síntesis de los impactos proyectados en los regímenes térmicos e hídricos.....	92
Medidas de prevención a los efectos adversos del cambio climático	94
Medidas de adaptación al cambio climático.....	95
Medidas de mitigación y reducción de emisiones de gases efecto invernadero	96
Capacitación.....	97
Investigación y desarrollo.....	98
• Capítulo IV. La respuesta institucional de Chile al cambio climático	101
Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global	101
Plan de Acción Nacional de Cambio Climático.....	103
Acciones en el ámbito del sector silvoagropecuario de Chile	104
Consejo de Cambio Climático y Agricultura	106
Comisión Interministerial de Cambio Climático	109
Acciones de mitigación del sector silvoagropecuario	110
En resumen	112
Bibliografía	115
• Anexos	
1. Gases efecto invernadero, sectores y categorías de fuentes de emisiones	119
2. Glosario sobre cambio climático	121

Prólogo

La presente publicación consiste en un apretado resumen sobre lo que el conocimiento científico ha avanzado hasta el presente con respecto al fenómeno del cambio climático en la tierra y sus impactos; cuál ha sido la respuesta internacional en el sentido de buscar acuerdos y compromisos para encarar este problema; cuáles son los pronósticos sobre la vulnerabilidad y los impactos que podrá causar el cambio climático en el sector silvoagropecuario chileno en los próximos decenios, y cuáles son las acciones sectoriales que se están realizando al respecto.

El cambio climático que está ocurriendo a nivel mundial representa amenazas y oportunidades para el sector silvoagropecuario chileno, donde lo importante es identificar y localizar geográficamente las amenazas para tomar medidas de prevención, mitigación y adaptación frente a los nuevos escenarios. Lo mismo debe hacerse con respecto a las oportunidades que se puedan presentar, teniendo presente que Chile está inmerso en una economía global y que los cultivos de productos de exportación deben competir con muchos otros países.

El propósito de este documento es sobrio y el discurso sencillo. No se pretende explicar a los expertos lo que ya saben, sino acercar al gran público algunas definiciones y pronósticos basados en el conocimiento científico disponible sobre el cambio climático para que puedan contar, si así lo estiman necesario, con nuevos antecedentes e información clave sobre este fenómeno que se convertirá en uno de los grandes protagonistas del siglo XXI.

Desde 1998, la Fundación para la Innovación Agraria ha participado en las discusiones y negociaciones que se llevan a cabo en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, como representante designada por el Ministerio de Agricultura para los temas relacionados con el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal en la delegación chilena, lo que le ha permitido acumular una importante cantidad de información de primeras fuentes y que ahora se pretende compartir con los lectores de esta publicación.

Si bien es cierto que la certeza e inminencia del cambio climático y sus posibles efectos adversos en el mundo, y en Chile en particular, pueden ser discutibles, existen demasiadas pruebas científicas y verificaciones prácticas de que el sistema climático mundial muestra numerosas anomalías cada vez más frecuentes y con una clara tendencia a un acelerado calentamiento global.

La comunidad científica, los gobiernos, los medios de comunicación y la opinión pública han tomado nota de esta situación y existe una justificada inquietud sobre las medidas que se deberían adoptar para enfrentar, de la mejor manera posible, esta amenaza que se cierne sobre el mundo y la humanidad.

En el año 1992, los gobiernos acordaron establecer la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, con el fin de concertar medidas que apunten a reducir las emisiones de gases efecto invernadero causadas por los seres humanos, que, a la luz de la evidencia científica disponible, son los principales causantes de las alteraciones que está sufriendo el sistema climático mundial.

Las negociaciones para alcanzar los acuerdos mínimos para reducir el crecimiento de estas emisiones y aminorar la celeridad de los cambios climáticos han sido difíciles y complejas, debido principalmente a las fuertes diferencias de desarrollo socioeconómico de los países participantes y a las secuelas que puedan tener estas decisiones en la competitividad económica de los países que las adopten.

Cabe destacar la conmoción mundial ocurrida con motivo de la décimo quinta reunión de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre cambio climático, realizada en diciembre de 2009 en la ciudad de Copenhague, en Dinamarca. Diariamente, los medios de comunicación bombardearon a la opinión pública sobre los avances y retrocesos del encuentro, con innumerables interpretaciones acerca de las razones que impidieron alcanzar los resultados que el mundo esperaba con ansiedad.

En Chile, el 14 de mayo de 2008, la Ministra de Agricultura Marigen Hornkohl presidió la formación del Consejo de Cambio Climático y Agricultura, constituido por destacadas personalidades del ámbito público, privado y académico. La función de este Consejo es de asesorar y apoyar al Ministerio en la identificación y definición de los principales aspectos que es necesario considerar en un programa de mitigación y adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile. A su vez, se constituyó un Comité Técnico Intraministerial que elabora las propuestas y presentaciones que se realizan ante el Consejo.

El 4 de diciembre de 2008, la Presidenta de la República, Michelle Bachelet, asistió a la ceremonia de entrega del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático de Chile. En la ocasión, la Mandataria reconoció que los efectos del fenómeno “amenazan el futuro de toda la humanidad” y admitió que “el cambio climático es una realidad que se nos viene, que va a tener impacto importante y que, por lo tanto, ya no hay espacio para la pasividad”. “Tenemos la confirmación abrumadora de la existencia de un fenómeno global de cambio climático

y, asimismo, las evidencias de que tiene una directa relación con las acciones de los seres humanos. Y las consecuencias pueden ser graves, en especial para países y territorios más vulnerables, como lo es Chile” declaró.

Junto al esfuerzo desplegado por el Gobierno de la Presidenta Bachelet, y en el marco de la serie de iniciativas y acciones concretas que está impulsando el Estado para enfrentar de la mejor manera el fenómeno, este documento busca contribuir al conocimiento y comprensión del fenómeno del cambio climático y sus posibles efectos en la agricultura chilena, y forma parte de la serie de Publicaciones Ciudadanas de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), del Ministerio de Agricultura chileno.

En las páginas siguientes, el lector podrá informarse en forma resumida y concreta de lo que la ciencia ha constatado en el pasado reciente y pronostica que podría suceder en las próximas décadas en el mundo, como consecuencia del fenómeno del cambio climático. Esperamos que la lectura de estas páginas sean de utilidad para todos y todas quienes deseen acercarse de manera didáctica al fenómeno del cambio climático, y comprender algunos de sus impactos y consecuencias directas sobre nuestro territorio, nuestra agricultura y nuestra gente.

Cordialmente,

Rodrigo Vega A.
Director Ejecutivo
Fundación para la Innovación Agraria FIA
Febrero de 2010

Capítulo I

Definiciones y situación del cambio climático en el mundo



JACOUES DESCLITRES; MODIS LAND RAPID RESPONSE TEAM; NASA

El lago Chad, antes uno de los mayores cuerpos de agua fresca en Africa, se ha reducido en cuatro décadas a una veintava parte de su tamaño, debido a prolongadas sequías por el fuerte descenso de las lluvias en los últimos cuarenta años y a la demanda humana por agua, y hoy es mayormente una zona pantanosa. Compare la fotografía mayor, de octubre de 2001, con la foto del recuadro, tomada por el satélite Landsat en 1973.

CAPÍTULO I.

Definiciones y situación del cambio climático en el mundo

Cambio Climático

El clima de la Tierra siempre ha estado evolucionando de manera natural, pero numerosas pruebas obtenidas en todo el planeta revelan que en las últimas décadas ha comenzado a evidenciarse un cambio sin precedentes, que podría ocasionar repercusiones graves sobre las personas, las economías y los ecosistemas.

El síntoma más evidente de este fenómeno es el aumento vertiginoso de los niveles de dióxido de carbono y de otros “gases de efecto invernadero” (GEI) en la atmósfera. Este aumento, de acuerdo a todos los estudios disponibles, se relaciona con las actividades humanas, especialmente el consumo de combustibles fósiles y la deforestación.

Los GEI actúan como una manta que envuelve el planeta y retiene la energía térmica que debería expulsarse naturalmente hacia el espacio. Si esa manta se vuelve más gruesa, provoca un consiguiente aumento global de la temperatura del aire y perturbaciones en los patrones naturales del clima alrededor de todo el mundo.

Se calcula que el mundo podría registrar un aumento medio de la temperatura de hasta de 3 o 4 °C durante el siglo XXI, si las emisiones de GEI continúan al ritmo de los últimos años, lo que representaría una cifra dos veces superior a la de su nivel preindustrial.

Según el IPCC, el “cambio climático” es la variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos.

El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, como son las erupciones volcánicas y las variaciones de la actividad solar; y a forzamientos externos, como las intervenciones antropogénicas persistentes en la composición de la atmósfera, como es el caso de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía y el transporte, y el cambio de uso de la tierra, principalmente la deforestación.



GUILLERMO FEUERHAKE

Deforestación en Lago General Carrera, Chile

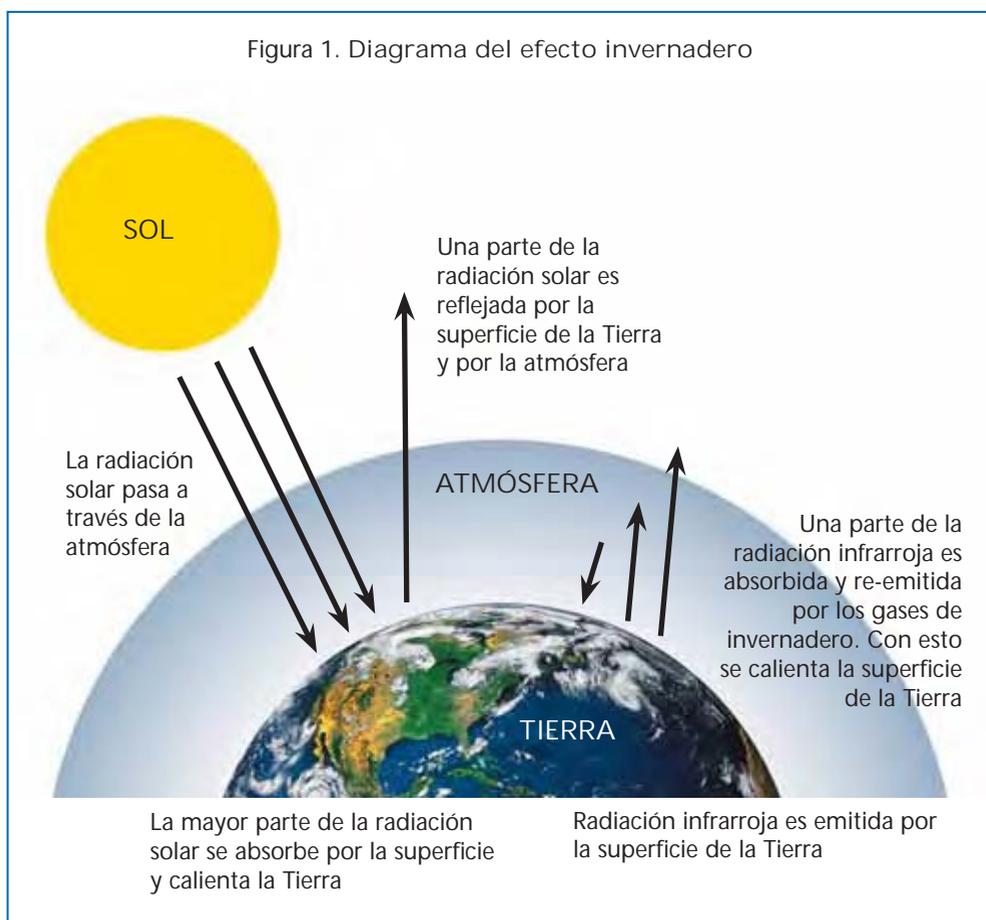
Por su parte, el artículo 1 de la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, define el cambio climático como “un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”.

De esta manera, la CMCC diferencia entre el cambio climático atribuible a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática debida a causas naturales, que ha existido siempre.

En general, el clima se define como el estado promedio del tiempo atmosférico. Más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante periodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El periodo promedio habitual para definir el clima de una localidad es de 30 años, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Efecto invernadero

La tierra recibe la energía del sol en forma de radiación de onda corta que atraviesa la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento debido a procesos de difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases como el ozono y el vapor de agua y por partículas en suspensión. La radiación solar que alcanza la superficie terrestre oceánica y continental es reflejada o es absorbida. La radiación reflejada y absorbida por la superficie terrestre es devuelta hacia el espacio exterior en forma de radiación infrarroja de onda larga.



La atmósfera es un fluido constituido por diferentes gases que pueden absorber la energía de la radiación solar dependiendo de su longitud de onda. En términos de volumen, la atmósfera seca está formada principalmente por 78,1% de nitrógeno y 20,9% de oxígeno. Otros gases presentes son argón y helio, además de gases radiativos de efecto invernadero. Además, la atmósfera contiene una cantidad variable de vapor de agua, que normalmente alcanza al 1% en volumen.

Una importante proporción de la radiación infrarroja que procede de la tierra es absorbida y vuelta a emitir en todas direcciones por los gases radiativos y, una parte de ella es reflejada de vuelta a la superficie terrestre, donde se produce un calentamiento adicional a lo que ocurriría si la tierra no tuviera atmósfera. Este proceso es conocido como efecto invernadero natural.

El vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y el ozono (O_3) son los principales gases de efecto invernadero (GEI), o gases invernadero; que participan naturalmente en el balance entre la energía que llega al planeta a través de la radiación solar, y aquella que se pierde mediante radiación infrarroja. El vapor de agua absorbe aproximadamente cinco veces más radiación terrestre que todos los otros gases combinados.

Si no existiera la atmósfera, la temperatura promedio de la tierra sería de unos $-18\text{ }^\circ\text{C}$, lo que no permitiría la vida tal como la conocemos. En cambio, debido al efecto invernadero natural, la temperatura superficial terrestre es del orden de $14\text{ }^\circ\text{C}$ en promedio.

Sin embargo, el cambio climático observado es el resultado de un aumento desproporcionado de las concentraciones de GEI en la atmósfera, que generan un forzamiento radiativo positivo que tiende a calentar la parte baja de la atmósfera y la superficie terrestre. Este es el llamado efecto invernadero aumentado, que corresponde a una intensificación del efecto invernadero natural.

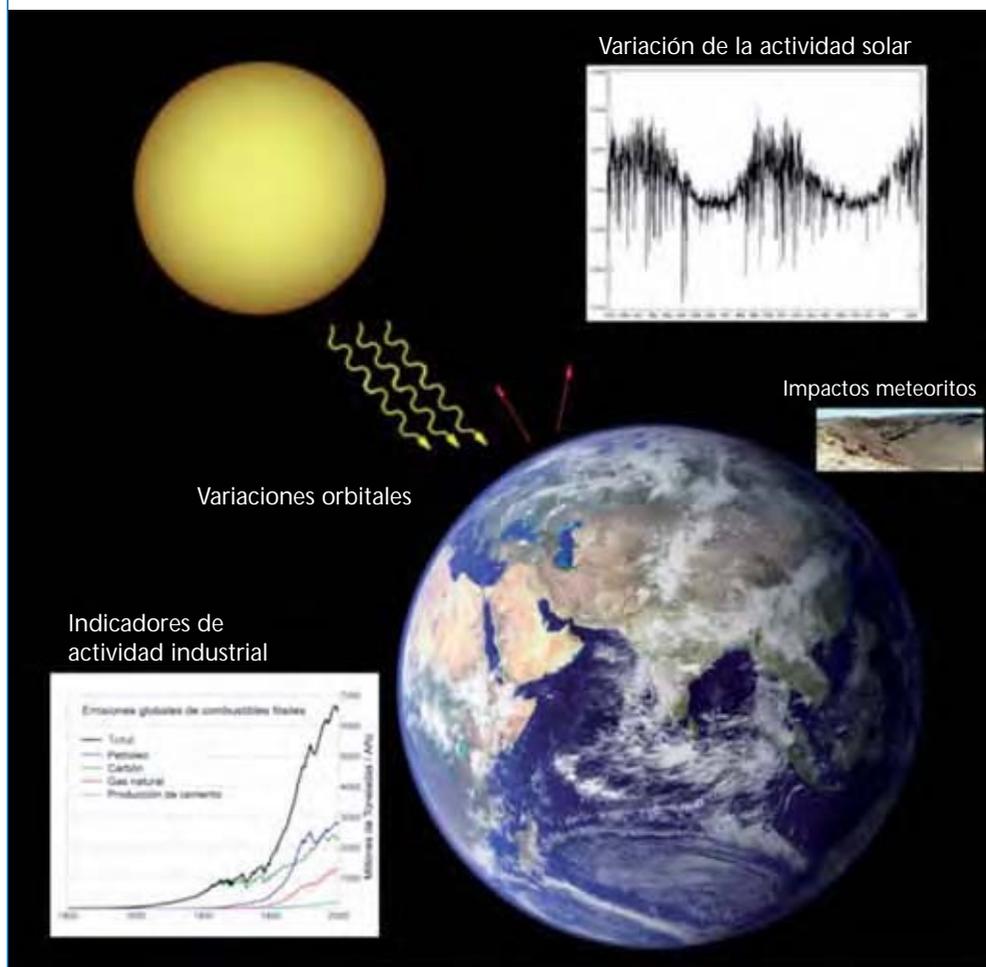
Aunque estos gases son de origen natural, sus emisiones han aumentado de manera dramática a partir de la revolución industrial, alrededor del año 1850, debido a las actividades humanas. El CO_2 es el gas antropógeno cuya emisión ha aumentado más desde que existen mediciones científicas y se estima que su concentración en la atmósfera ha crecido aproximadamente un 80% desde que se mide. El metano es la segunda fuente de emisión que ha aumentado en orden de importancia, seguido del óxido nitroso. Otros GEI que son netamente antropogénicos, corresponden al hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).



Emisiones industriales de gases efecto invernadero

El CO_2 se produce en grandes cantidades como consecuencia del consumo de energía que se obtiene mediante la quema de combustibles fósiles; tales como el carbón, el petróleo y el gas; y de la deforestación. Se prevé que el predominio de los combustibles fósiles continuará hasta 2030 y más allá, por lo que las emisiones de CO_2 procedentes del uso de la energía podrían crecer entre un 40% y un 110% durante ese periodo.

Figura 2. Aumento de consumo de combustibles fósiles por la actividad industrial



Por su parte, las emisiones de CH_4 y N_2O se generan sobre todo como consecuencia de las actividades agrícolas, principalmente la ganadería y el uso de los fertilizantes. Los HFC y los PFC se emplean como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, como los clorofluorocarbonos (CFC), que se están eliminando progresivamente. Por último, el SF_6 se emplea en algunos procesos industriales y en el equipamiento eléctrico.

Cambios en la concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera terrestre

El clima terrestre medio mundial está determinado por la energía que proviene del sol y por las propiedades de la Tierra y su atmósfera, es decir, la capacidad de reflexión, absorción y emisión de energía dentro de la atmósfera y en la superficie de la Tierra.

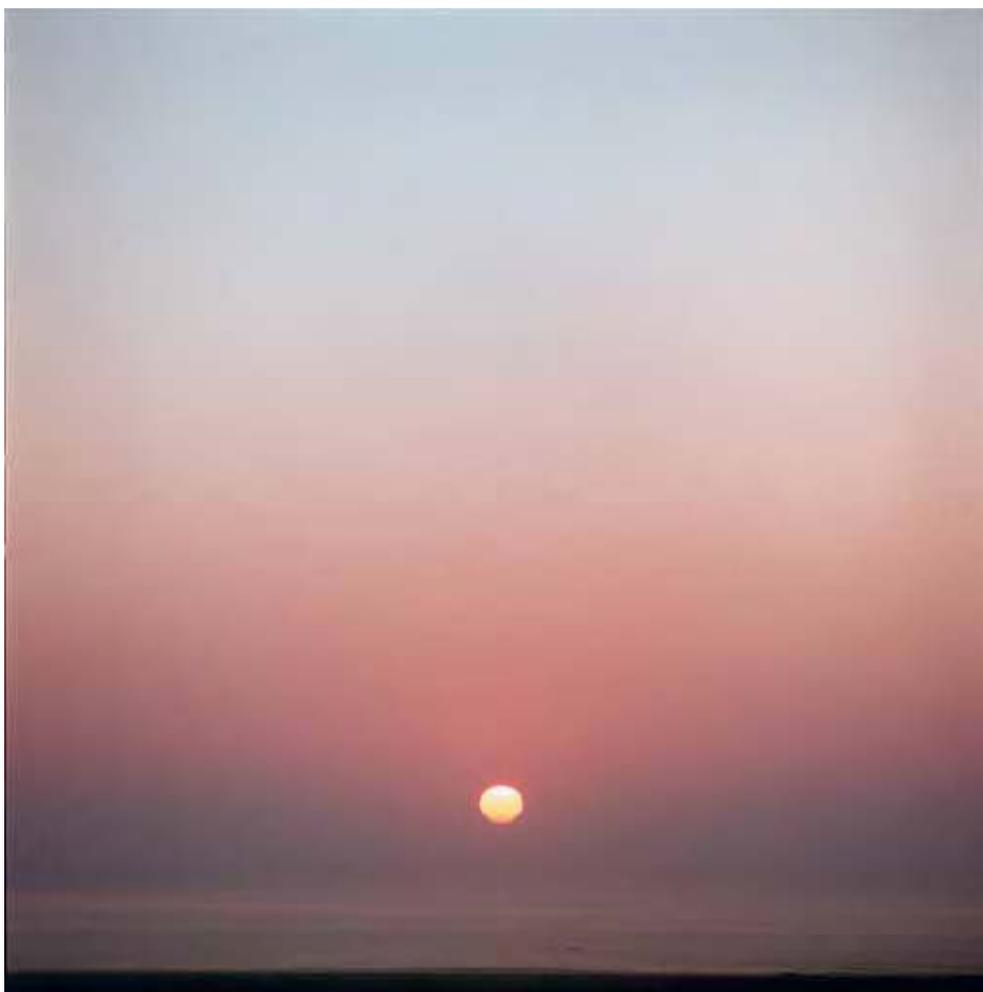
Se han producido cambios en varios aspectos de la atmósfera y la superficie terrestre que modifican el balance de energía mundial de la Tierra y que pueden, por lo tanto, cambiar el clima. Entre estos cambios se encuentran el aumento de las concentraciones de gases efecto invernadero que intensifican la absorción atmosférica de la radiación reflejada, y el incremento de los aerosoles, consistentes en partículas o gotas microscópicas presentes en el aire, que actúan reflejando o absorbiendo la radiación solar reflejada por la Tierra y cambian las propiedades radiativas de las nubes.

Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso mundiales han aumentado, sensiblemente, como resultado de las actividades humanas desde 1850, y en la actualidad han superado ampliamente los valores preindustriales. Estos aumentos de concentración de estos gases se han determinado en muestras de hielo que abarcan muchos cientos y hasta miles de años.

El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero antropogénico más importante. La concentración de CO₂ en la atmósfera ha pasado de un valor preindustrial de aproximadamente 280 ppmv (partes por millón en volumen) a 379 ppmv en 2005 y 384 ppmv en 2008. La concentración atmosférica de CO₂ actual supera, en gran medida, su margen de variación natural durante los últimos 650.000 años, donde la variabilidad ha estado entre 180 ppmv y 300 ppmv, de acuerdo a las muestras de hielo.

El ritmo anual de crecimiento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha sido mayor durante la década de 1995 a 2005, con una media de 1,9 ppmv al año, que en los años en que comenzaron las mediciones directas continuas del CO₂ en la atmósfera, como es el caso del período 1960-2005, donde la media es de 1,4 ppmv al año.

Por su parte, la concentración de metano en la atmósfera mundial ha pasado de un valor de unas 715 ppb (partes por billón, o mil millones) en la época preindustrial, a 1.732 ppb a principios de la década de los noventa, y su valor en 2005 alcanzó a 1.774 ppb. De acuerdo a los testigos de hielo, los valores de metano en 2005 exceden en gran medida el margen de variación natural de los últimos 650.000 años, donde su concentración atmosférica oscilaba entre 320 ppb y 790 ppb.



GUILLERMO FEUERHAKE

Puesta de sol en el mar, La Serena, Chile

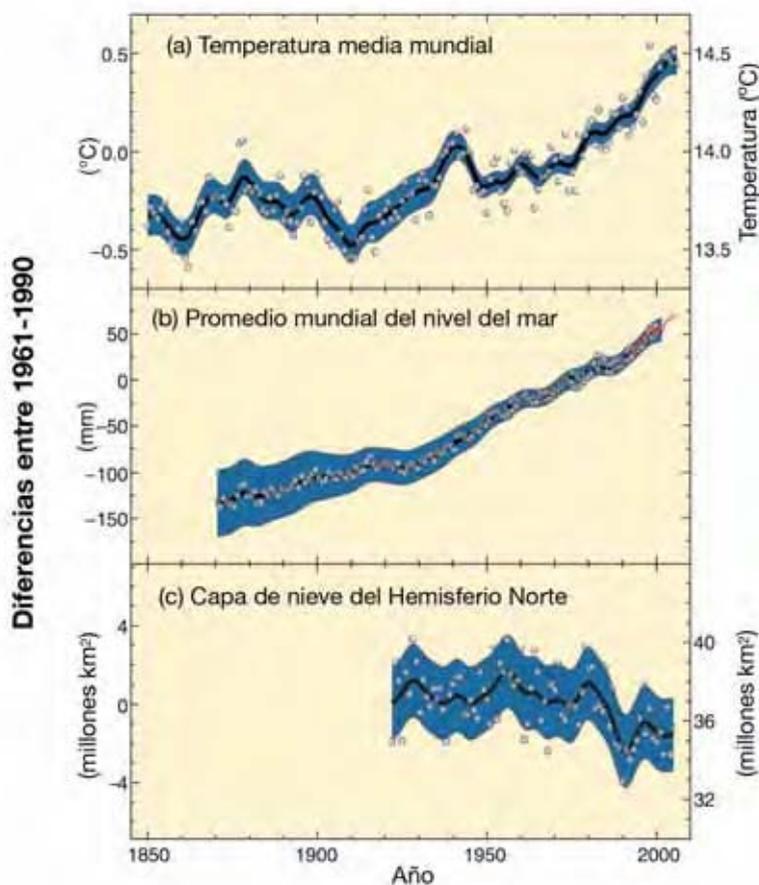
La tasa de crecimiento de la concentración de CH_4 se ha reducido desde comienzos de la década de los noventa y se mantenido casi estable hasta 2005. Se estima que es muy probable que el aumento de la concentración de CH_4 se deba a actividades antropogénicas, principalmente agrícolas y el uso de combustibles fósiles.

A su vez, la concentración de óxido nítrico en la atmósfera terrestre pasó de un valor en la era preindustrial de unas 270 ppb a 319 ppb en 2005. El ritmo de aumento se ha mantenido aproximadamente constante desde 1980. Se calcula que más de un tercio de todas las emisiones de N_2O son antropogénicas, principalmente por la agricultura.

Observaciones directas del cambio climático reciente

El cuarto informe especial del IPCC afirma que “el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como lo evidencian ahora las observaciones de los incrementos en las temperaturas medias del aire y del océano, el derretimiento generalizado del hielo y de la nieve, y la elevación del nivel medio del mar en el mundo”.

Figura 3. Incremento de la temperatura y del nivel del mar, y descenso de la capa de nieve mundial.
La temperatura mundial aumenta, el nivel del mar sube y las cubiertas de nieve se reducen. **El calentamiento es inequívoco.**



Fuente: Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)

Entre los años 1995 y 2008 han ocurrido los 13 años más calurosos en los registros instrumentales de la temperatura global en superficie terrestre, medida desde 1850. La tendencia lineal del calentamiento de los últimos 50 años casi duplica la de los últimos 100 años. El aumento total de la temperatura media del planeta del periodo 1850-1899 hasta el lapso 2001-2005 es de 0,76 °C, lo que es inusitadamente acelerado para los patrones normales del clima terrestre.



GUILLERMO FEUERHAKE

Costa oceánica chilena en Región de la Araucanía

La presencia de vapor de agua en la atmósfera es otro de los indicadores que emplea la comunidad científica internacional para realizar sus mediciones. El promedio del contenido de vapor de agua en la atmósfera ha aumentado, al menos desde el decenio de 1980, tanto sobre la tierra como en el océano, así como en la troposfera superior.

El nivel medio del mar en el mundo se elevó a un ritmo medio de 1,8 mm anual desde 1961 a 2003. El aumento total del nivel del mar estimado en el siglo XX es de 0,17 metros. Observaciones realizadas desde 1961 muestran que la temperatura media de los océanos del mundo ha aumentado hasta profundidades de al menos 3000 metros y que el océano está absorbiendo más del 80% del calor añadido al sistema climático. Dicho calentamiento provoca que el agua de mar se expanda, contribuyendo a elevar aún más el nivel del mar.

En resumen, a escala continental, regional y de las cuencas oceánicas, se han observado numerosos cambios climáticos de largo plazo. Estos incluyen cambios en la temperatura y el volumen del hielo ártico, cambios generalizados en la cantidad de precipitación, la salinidad de los océanos, los patrones de los vientos y las condiciones climáticas extremas como sequías, fuertes lluvias, olas de calor y en la intensidad de los ciclones tropicales.

Responsabilidad de las actividades humanas en el cambio climático y proyecciones

La mayor parte del aumento observado en las temperaturas medias mundiales del siglo XX se debe, muy probablemente, al aumento observado de las concentraciones de gases efecto invernadero de origen antropogénico o humano. La influencia humana llega incluso a otros aspectos climáticos, como el calentamiento de los océanos, las temperaturas medias continentales, el incremento de las temperaturas extremas y cambios en los patrones del viento.

El calentamiento generalizado observado de la atmósfera y el océano, conjuntamente con la pérdida de la masa de hielo, apoyan la conclusión de que es “extremadamente improbable” que los cambios de los últimos 50 años puedan ser explicados sin el forzamiento externo humano, y “muy improbable” que se deban únicamente a causas naturales ajenas a la acción del hombre.

Se ha detectado calentamiento del sistema climático en las temperaturas de la superficie terrestre y la atmósfera, en varios cientos de metros de la parte superior del océano y en la elevación del nivel del mar. Los estudios han establecido la contribución antropogénica en todos estos cambios.

Para las próximas dos décadas, se proyecta un calentamiento de unos 0,2 °C por decenio para una gama de simulaciones de escenarios de emisiones de gases GEI. Incluso si las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y de aerosoles se hubieran mantenido constantes en los niveles del año 2000, podría esperarse un calentamiento posterior de aproximadamente 0,1 °C por decenio.

Se calcula que si se mantienen las emisiones de gases de efecto invernadero al ritmo actual o a uno superior, causarían un calentamiento global mayor e inducirían muchos cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI que, muy probablemente, superarían a los observados durante el siglo XX.

De acuerdo a los nuevos cálculos respecto al forzamiento antropogénico combinado de la emisión de GEI, los aerosoles y los cambios en el uso de la tierra, es extremadamente probable que las actividades humanas hayan ejercido una importante influencia neta a la hora de calentar el clima desde 1850 hasta hoy.

Efectos del cambio climático a nivel mundial

Las temperaturas superficiales medias mundiales continúan aumentando. Once de los últimos doce años se ubican entre los años más cálidos registrados desde 1850. La superficie terrestre mundial se calienta a un ritmo aproximado del doble de la tasa de calentamiento de la superficie oceánica desde los años ´70.

Las evidencias de que el planeta está sufriendo un calentamiento global se han vuelto cada vez más sólidas. Según la Organización Meteorológica Mundial, durante el siglo XX la temperatura aumentó en más de 0.6 °C. Otros datos afirman que la década de los noventa fue la más cálida del milenio, con nueve de los diez años más calurosos del siglo XX.

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. De mantenerse esta tendencia, algunos científicos advierten que es posible que los ecosistemas se enfrenten a las temperaturas más altas que lo ocurrido naturalmente en los últimos 650 mil años.

Un clima global más caliente ocasionaría innumerables consecuencias en diversas dimensiones de la vida sobre la Tierra. Desde cambios en la producción de alimentos; reducción en la disponibilidad y suministro de agua para bebida, riego y uso industrial; modificaciones en el aspecto, características y localización de muchos ecosistemas del mundo y reducción de la biodiversidad en muchas regiones; hasta aumento en el nivel del mar, modificación de los climas actuales a otros más extremos; nuevas amenazas para la salud humana y aumento progresivo de refugiados medioambientales, entre muchos otros efectos.

A continuación, se enumeran algunos de los posibles efectos que la comunidad científica discute y estima como consecuencia del cambio climático mundial.

Nieve, hielo y permafrost

En los últimos años, grandes trozos de hielo se han desprendido de los continentes ártico y antártico, y existen registros sobre el aumento de la temperatura del permafrost ártico, que es el suelo permanentemente congelado, cuyo grosor ha disminuido del orden de un 40%. Además, han disminuido los glaciares, principalmente en las cordilleras de los Andes, los Alpes y los Himalayas.

La comunidad científica ha registrado el aumento de la temperatura en diferentes zonas cercanas a los cascos polares. Por ejemplo, en algunas regiones de Groenlandia desde el 2000 ha disminuido el volumen de su Inlandsis (masa glaciar de los casquetes polares) en

unos 150 kilómetros cúbicos por año. Otras señales revelan que es cada vez menos frecuente avistamientos de depredadores tales como osos polares de estos ecosistemas, así como las dificultades para practicar deportes de montaña en las zonas de menor altitud.

La información paleoclimática apoya la interpretación de que el calor de la última mitad del siglo XX es poco común, al menos en los 1.300 años anteriores. La última vez que las regiones polares fueron significativamente más cálidas que ahora, durante un largo período hace unos 125.000 años, la reducción en el volumen del hielo polar por derretimiento provocó la elevación del nivel del mar entre 4 y 6 metros.

Las temperaturas medias del Ártico aumentaron casi el doble que la media mundial durante los últimos 100 años. Estas temperaturas presentan una alta variabilidad por década, y también se observó un período de intenso calor desde 1925 a 1945. En la mayoría de las regiones con permafrost se prevén aumentos generalizados en la profundidad del deshielo de este tipo de suelo. Desde 1978, ha decrecido la extensión media anual del hielo marino del Ártico, alcanzando su mínima extensión durante el verano. Los datos satelitales muestran que la extensión media anual del hielo marino ártico ha disminuido un 2,7% por decenio, con las mayores disminuciones de 7,4% por decenio durante la época estival (verano).

El calentamiento ha sido más pronunciado en las lejanas regiones del norte donde, al derretirse el hielo, ha dejado expuesta la tierra y rocas oscuras que permiten una mayor absorción del calor solar, lo que acrecienta el fenómeno. Algunos científicos aseguran que, en los próximos años, el Ártico podría dejar de tener hielo en verano, situación que ya se ha podido verificar en los años 2008 y 2009.

Derretimiento del hielo polar



ANSGAR WALK

Durante la década de los 90, el hielo en la Península Antártica y el hielo de la plataforma Admundsen se hicieron más finos. Las masas de hielo que se desprenden de los más grandes glaciares han aumentado y, en 2002 se produjo el desprendimiento y la disolución completa de la Plataforma de Hielo Larsen B.



Desprendimiento de placas de hielo en la Antártica

La cantidad de hielo sobre la Tierra disminuye y, a partir de finales del siglo XIX, se ha registrado una masiva retirada de los glaciares de montaña. La tasa de pérdida de masa de los glaciares y del manto de hielo de Groenlandia aumenta de año en año. En general, en el hemisferio Norte se ha reducido la extensión de la capa de nieve y también disminuyó la duración del hielo estacional en ríos y lagos en los últimos 150 años.

También se ha comprobado el incremento y expansión de los lagos glaciares y la desestabilización de los restos de glaciares que actúan como represas para estos lagos que, al derretirse, aumentan el riesgo de inundaciones imprevistas en zonas ribereñas y costeras.

La capa de nieve ha disminuido en la mayoría de las regiones, sobre todo durante la primavera y el verano. La capa de nieve del hemisferio Norte, observada por satélite desde 1966 hasta el 2005, disminuyó durante todos los meses, excepto durante los meses de noviembre y diciembre del invierno boreal. En el hemisferio Sur, los escasos registros muestran en su mayoría disminuciones en los últimos cuarenta años o más.

A partir de 1950, el aguanieve de montaña disminuyó en un 75% en las estaciones supervisadas del oeste de América del Norte. La profundidad de la nieve de montaña también disminuyó en los Alpes y en el sudeste de Australia.

En el Ártico, la temperatura en la superficie de la capa de permafrost se ha elevado en 3 °C desde la década de los 80. Desde 1990, ha disminuido la extensión máxima de terreno

congelado del permafrost estacionalmente en aproximadamente un 7% en el hemisferio Norte a la vez que ha disminuido su profundidad máxima en aproximadamente 0,3 m en Eurasia, desde mediados del siglo XX.

Además, se ha observado la ampliación y aumento del número de lagos glaciares, junto con el incremento de la inestabilidad del terreno en regiones de permafrost y avalanchas de rocas en regiones montañosas.

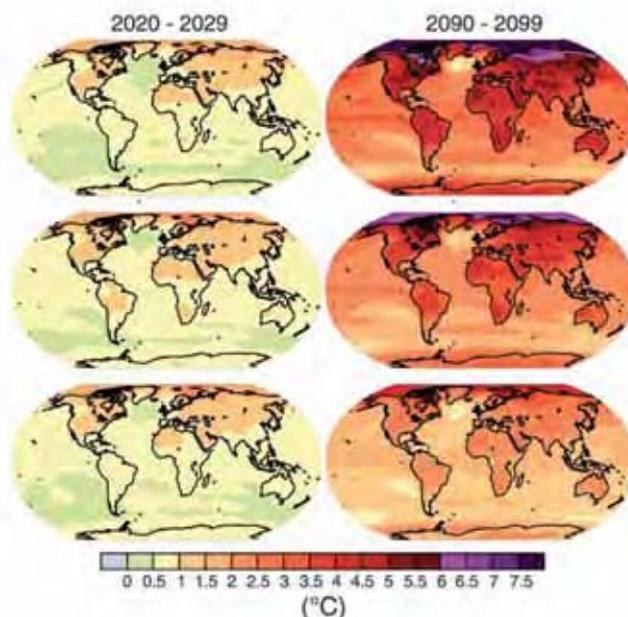
El impacto más evidente de la pérdida de masa en glaciares y casquetes de hielo polar es que contribuye al aumento del nivel del mar.

Temperaturas y fenómenos climáticos

Durante los últimos 50 años, se han observado cambios generalizados en las temperaturas extremas del planeta. Cada vez son menos frecuentes los días con noches frías y con heladas mientras que los días y las noches calurosas, incluyendo ondas de calor, se han vuelto más frecuentes. Se han detectado también adelantos generalizados de los fenómenos normales de primavera, tales como brote de hojas, migración de las aves y desove de peces.

Probablemente, en los próximos 50 años las temperaturas medias de algunos continentes y de muchas regiones terrestres subcontinentales, crecerán a una tasa mucho mayor que la media mundial y en una proporción superior a la variabilidad natural del clima.

Figura 4. Aumento de la temperatura media mundial según los escenarios climáticos más severos del IPCC

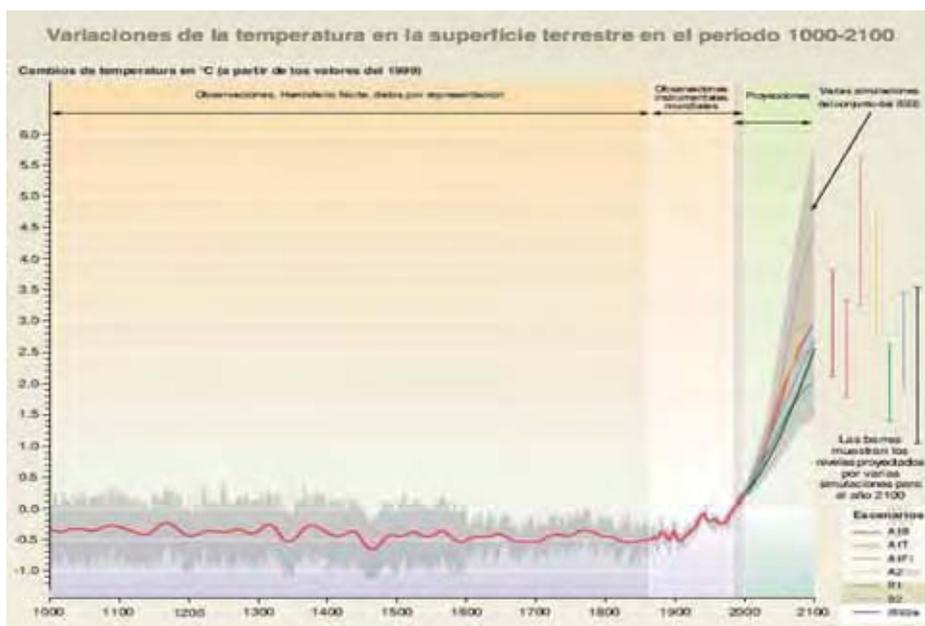


Fuente: Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)

Modelos climáticos recientes, que acoplan los componentes climáticos oceánicos y atmosféricos, estiman que podría llegarse a un calentamiento global promedio de 0,3 °Celsius por década, asumiendo que no se adopten políticas y medidas para reducir las emisiones de GEI que aumentan el efecto invernadero durante el presente siglo.

Si la emisión de GEI se mantiene en el ritmo actual, los niveles de GEI en la atmósfera llegarían a duplicarse con respecto a las concentraciones existentes en la época preindustrial. Si no se toman medidas globales para limitar y reducir las emisiones de GEI, es posible hasta triplicar estas concentraciones antes del año 2100. Este es un dato no menor, considerando que la actual tasa de cambio climático es más rápida que en cualquier otro momento de la historia de la Tierra.

Figura 5. Proyección del aumento de la temperatura promedio mundial al año 2100 según diversos modelos de simulación climática, IPCC.



Fuente: Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)

Numerosos investigadores estiman que, si el aumento de las temperaturas es mayor a 3 °C, los depósitos naturales de carbono terrestres podrían comenzar a liberar a la atmósfera el carbono que mantienen absorbido, comenzando una reacción en cadena que aumentaría aún más la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera, empeorando el efecto invernadero.

Un dato preocupante es que se estima que después del año 2100 los cambios climáticos ocasionados por el hombre perdurarán muchos años más, pues tienen efectos residuales. Una vez que el clima se estabilice, el nivel del mar seguirá aumentando durante decenas de años.

Por el momento, no es posible establecer un vínculo definitivo entre un acontecimiento particular y el calentamiento del planeta. Sin embargo, a medida que la Tierra se caliente, se espera que se reproduzcan con mayor frecuencia algunos fenómenos climáticos extremos, como las olas de calor, las sequías, las precipitaciones cuantiosas y las ventiscas. Los estudios geográficos indican que el calentamiento registrará mayores aumentos de temperatura en latitudes altas septentrionales y en la tierra más que en el mar, con un menor incremento de la temperatura en los océanos meridionales y el Atlántico Norte.

También se registrarán cambios en los patrones de las lluvias en todo el planeta. Probablemente, las precipitaciones aumentarán con respecto a la máxima media tropical, disminuirán en los subtrópicos y aumentarán en las latitudes altas, debido a una intensificación general del ciclo hidrológico mundial.

Entre los años 1900 y 2005 se han detectado tendencias variables en las precipitaciones en muchas regiones del globo. Así, se ha observado un aumento significativo de las lluvias en las regiones orientales de América del Norte y del Sur, en el norte de Europa y en Asia septentrional y central. A su vez, se ha observado una disminución de las precipitaciones en el Sahel, el Mediterráneo, África meridional y en partes de Asia meridional, además de Australia.

Se estima que los cambios en las precipitaciones y en la evaporación de los océanos están relacionados con la menor salinidad de las aguas de latitudes medias y altas, conjuntamente con un aumento de la salinidad de las aguas de latitudes bajas.

Ha aumentado la cantidad de fenómenos de fuertes precipitaciones en muchas regiones del planeta a partir de 1950, incluso en las regiones donde se redujo la cantidad total de precipitaciones. Y, como contraparte, desde la década de los 70 las sequías son más comunes, principalmente en los trópicos y subtrópicos.

El IPCC predice que la concentración global de vapor de agua y las precipitaciones se incrementarán durante el siglo XXI. Para la segunda mitad del siglo XXI, es probable que las precipitaciones invernales se hayan incrementado en las latitudes medias y altas, incluyendo la Antártica. En las latitudes bajas habrá tanto incrementos como decrecimientos regionales según se trate de diferentes áreas. En la mayoría de estas áreas serán probables variaciones interanuales, pero se espera un incremento promedio en las precipitaciones totales de estas regiones.

En la actualidad, la frecuencia de los días helados en las regiones de latitud media ha disminuido, y ha aumentado la cantidad de días calurosos en los extremos meridionales y septentrionales del planeta. Los cambios más sobresalientes corresponden a la disminución de noches frías a partir de 1951 hasta 2003, en todas las regiones con información disponible.

También se han observado con mayor frecuencia olas de calor más numerosas, a partir de la segunda mitad del siglo XX, como, por ejemplo, la ola de calor que batió el record en Europa occidental y central en el verano del 2003. Las observaciones demuestran que las olas de calor también aumentaron en frecuencia y duración en otras localidades. Adicionalmente, se han observado variaciones de las precipitaciones, la cobertura de nubes y las temperaturas extremas.

En otras áreas de la Tierra, se ha detectado que el clima subtropical árido está expandiéndose en dirección a los polos. Se ha producido ya una expansión media de 400 kilómetros de distancia, que afecta al sur de Estados Unidos, la región del Mediterráneo, Australia y el sur de África, incluyendo Sudamérica.

También ha variado la intensidad de otros fenómenos climáticos, como por ejemplo, los ciclones tropicales (tifones y huracanes), que muestran una tendencia ascendente importante a partir de la década de los setenta y se ha constatado que exhiben períodos de vida más largos y de mayor intensidad.

Es probable que los ciclones tropicales del futuro sean más intensos, con vientos de mayores velocidades máximas y precipitaciones más pronunciadas, asociadas con los incrementos que están registrando las temperaturas de la superficie de los mares tropicales desde donde nacen. Por ejemplo, la cantidad de huracanes en el Atlántico Norte se comportó por encima de lo normal en nueve de diez años observados desde 1996 a 2005. Por otra parte, los vientos del oeste en latitudes medias han sido más fuertes en ambos hemisferios desde el decenio de 1960.



Vista satelital de un huracán en costas de México

Nivel del mar

El calentamiento global impulsa elevaciones del nivel del mar debido a que el agua de los mares se expande cuando se calienta, además del aumento de la cantidad de agua líquida procedente de la reducción de los glaciares de montaña y el derretimiento de los polos. Al respecto, algunas investigaciones afirman que el nivel del mar ya ha crecido entre 10 a 20 centímetros en los últimos años.

Según pronósticos del IPCC, como consecuencia del derretimiento de los hielos continentales y la expansión del agua debido a la mayor temperatura, se espera que el nivel de los océanos ascienda entre 15 y 95 centímetros entre los años 1990 y 2100, aunque cabe destacar que existen cálculos más pesimistas que triplican este ascenso, provocando el desplazamiento de millones de personas de las zonas costeras bajas.



El aumento del nivel del mar puede aumentar el efecto destructivo de las olas durante tormentas y marejadas.

Esta situación supondrá también un aumento de salinización de las napas subterráneas costeras, que provocará una disminución de la disponibilidad de agua dulce para los seres humanos y los ecosistemas de zonas cercanas a los bordes oceánicos.

La temperatura mundial oceánica ha aumentado progresivamente desde 1955 en adelante y el nivel medio mundial del mar aumentó durante el siglo XX y existe una alta certidumbre de que la tasa de incremento del nivel del mar se elevó entre mediados de los siglos XIX y XX. En el período de 1993 a 2003, el nivel del mar aumentó más rápido que durante el lapso de 1961 a 2003. Los registros indican que la tasa media mundial del aumento del nivel del mar, medido por el satélite altímetro TOPEX/ Poseidón, desde 1993 hasta 2003, es de 3.1 ± 0.7 mm al año.

Los investigadores han observado un mayor calentamiento en los océanos Índico y Pacífico occidental, que son actualmente tan cálidos o más cálidos que cualquier época anterior al Holoceno. El Holoceno es el período relativamente tibio que ha existido por unos 11.600 años hasta la actualidad, desde el fin de la última era glacial.

Las especies marinas están migrando hacia las zonas polares y latitudes altas cercanas a los polos; donde se han observado cambios en la abundancia de las algas, el plancton y los peces. Por ejemplo, en el Atlántico norte, el plancton se ha desplazado hacia las zonas polares del orden de 10° de latitud –aproximadamente mil cien kilómetros– durante las últimas cuatro décadas.

Hay muchos fenómenos de gran alcance cuya evolución frente al cambio climático es incierta, por ejemplo, las consecuencias de un océano Ártico con menor contenido de hielo sobre las corrientes marinas y su influencia en la actividad pesquera.

El calentamiento global tendría otros efectos menos evidentes. La corriente del Atlántico norte, por ejemplo, se genera en los cambios de temperatura entre el trópico y las zonas polares. Parece ser que, conforme el clima se hace más cálido, esta corriente está disminuyendo o alejándose de la costa, lo que quiere decir que áreas como Escandinavia y Gran Bretaña, que son afectadas por esta corriente, podrían presentar un clima más frío, en lugar del calentamiento general global.

Un fenómeno particular relacionado con los océanos es que éstos absorben carbono atmosférico, lo que ha elevado la acidez del mar, generando nuevas repercusiones en el estudio del cambio climático. La vida marítima que depende de conchas y esqueletos de carbonato cálcico, como los corales, corre peligro de disolución a medida que el mar se torna más ácido. Además, los corales son vulnerables al estrés térmico y presentan baja capacidad de adaptación. Se estima que el incremento de la temperatura de la superficie marina y la acidificación incidirán en la decoloración de los corales y el aumento de su mortalidad.

Desde 1750 ha crecido la acidez de la superficie oceánica a raíz de la absorción de CO₂ antropogénico emitido a la atmósfera. Se ha observado una disminución promedio en el pH del mar de 0,1 unidades.

Se prevé que habrá un aumento del “estrés” hídrico en el océano con diversas y variadas consecuencias. Por ejemplo se agravarán algunas formas de contaminación de las aguas marinas debido al aumento de la intensidad de las precipitaciones en algunos continentes. Esta contaminación incluye sedimentos arrastrados por la erosión, nutrientes, carbono orgánico disuelto, agentes patógenos, pesticidas, sal y contaminación térmica.

En el resto de los sistemas hídricos, ya se están produciendo fenómenos como el aumento de la escorrentía y adelanto del nivel máximo de la descarga de primavera en muchos ríos que se abastecen de nieve y glaciares, así como el calentamiento de ríos y lagos en muchas regiones, que genera efectos en la estructura térmica y la calidad del agua.

Existe una confianza alta basada en nuevas evidencias 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 del hielo, salinidad, niveles de oxígeno y circulación del agua.

Estos cambios incluyen, entre otros, modificaciones en las zonas de distribución y en la abundancia de algas, plancton y peces en océanos de latitudes altas; incremento en la abundancia de algas y zooplancton en lagos de altitudes y latitudes altas y cambios en las zonas de distribución y migraciones más tempranas de los peces en los ríos. El calentamiento de ríos y lagos está afectando la distribución y migración de las especies de agua dulce, que también se ven afectadas por los cambios en la salinidad, los niveles de oxígeno y la circulación de las mareas en la costa.

El nivel del mar continuará aumentando en el siglo XXI debido a la dilatación térmica de la masa oceánica y al mayor aporte de aguas continentales debidas a la pérdida progresiva del hielo terrestre, de los glaciares y del derretimiento de los polos, que han contribuido considerablemente al aumento del nivel del mar observado. Se sabe que el aumento del nivel del mar no fue geográficamente uniforme en el pasado y no lo será en el futuro.

Se estima que millones de personas se verán afectadas por inundaciones cada año, a raíz del aumento del nivel del mar para la década de 2080. En mayor riesgo se encuentran principalmente las regiones costeras bajas densamente pobladas y donde la capacidad de adaptación es deficiente. El número de damnificados será mayor en los mega deltas de Asia y África.

Se prevé que el calentamiento proyectado debido a las emisiones de gases efecto invernadero durante el siglo XXI continuará contribuyendo al aumento del nivel del mar durante muchos siglos, incluso si el forzamiento radiativo se logra estabilizar.

En síntesis, los cambios climáticos marinos incluyen aumento acelerado del nivel del mar de entre 0.2 a 0.9 metros o más para el año 2100, aumento de las temperaturas superficiales marinas de 1 °C a 3 °C en el futuro, aumento de la intensidad de los ciclones tropicales y extra tropicales, mayores oleajes con olas extremas y fuertes tormentas, así como modificación de la precipitación y acidificación de los océanos.

Agua dulce

A nivel mundial, se estima que la demanda de agua dulce aumentará en los próximos decenios, principalmente debido al aumento de la población y el incremento del poder adquisitivo de la población, especialmente en los países en desarrollo.

A nivel regional, es probable que el cambio climático provoque grandes cambios en la demanda de agua para riego. Asimismo, es muy posible que las prácticas actuales de gestión hídrica no sean suficientes para reducir los impactos negativos del cambio climático con respecto a la disponibilidad de agua. Todas las regiones evaluadas por el IPCC muestran un impacto negativo neto general debido al cambio climático en cuanto a recursos hídricos y ecosistemas de agua dulce.

En este escenario, cabe destacar iniciativas de varios países como Canadá, el Caribe, Holanda, Reino Unido, Estados Unidos y Alemania, que ya están desarrollando procedimientos de adaptación y prácticas de gestión de riesgos para el sector hídrico.

Para mediados del siglo XXI, se prevé un incremento de entre el 10% y el 40% del promedio de la escorrentía fluvial anual y de la disponibilidad de agua en latitudes altas y en algunas zonas tropicales húmedas, y un descenso de entre el 10% y el 30% en algunas regiones secas en latitudes medias y en las zonas tropicales secas, algunas de las cuales son en la actualidad zonas con estrés hídrico.

Derretimiento del glaciar Upsala, en Argentina, en 76 años.



MUSEO SALESIANO / GREENPEACE



Derretimiento de
glaciar de montaña

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.

En el transcurso del presente siglo se prevé una disminución de las reservas de agua almacenada en glaciares y en la cubierta permanente de nieve, lo que reduciría la disponibilidad de agua en las regiones que se abastecen del deshielo de las regiones montañosas, que representan el hábitat de más de un sexto de la población mundial, incluyendo Chile.

Desplazamientos de flora y fauna

Otro impacto relevante que los científicos han constatado es que se está produciendo una migración de especies vegetales y peces de climas cálidos hacia regiones más frías, lo que ha llevado a la aparición de enfermedades tropicales fuera del Ecuador. Un estudio de la revista *Nature* señala que por lo menos 279 especies de plantas y animales se han movido hacia los polos a un ritmo promedio de 6,5 kilómetros por década en los últimos 50 años.



Las especies tendrán que migrar hacia lugares más frescos y de mayor altitud, a pesar de las dificultades que puedan encontrar.

También están ampliamente documentados los cambios en el desplazamiento hacia la zona polar y sectores de mayor altitud en decenas de especies vegetales y animales. El reconocido científico James Hanson, quien en la década de los 80 fue uno de los primeros en alertar sobre el efecto invernadero, afirmó que este nivel de migraciones no va tan rápido como el movimiento de las zonas de mayores temperaturas, que han estado avanzando a razón de 40 kilómetros por década entre los años 1975 y 2005.

Por lo tanto, las especies animales y vegetales padecen ya el cambio climático. Si el calentamiento continúa, las especies polares y alpinas podrían desaparecer del planeta, otras especies tratarán de migrar, pero a medida que algunas se extingan, sus interdependencias pueden provocar impactos y modificaciones impredecibles en el ecosistema.

La inmensa mayoría de los estudios sobre los efectos del clima regional en especies terrestres de flora y fauna muestran respuestas congruentes con las tendencias del calentamiento global, incluido los desplazamientos hacia zonas polares y con migraciones hacia zonas de mayor altitud, donde hay más frío.

Aún no se conoce la adaptabilidad al cambio climático de las diversas especies animales y vegetales que habitan la Tierra. Es probable que los cambios de temperatura sean acompañados de cambios metabólicos y/o de comportamiento, que harán que muchas especies no alcancen a adaptarse, con el riesgo de su extinción, o que otras modifiquen sus comportamientos habituales. Otras, como los zancudos y otros vectores, podrían prosperar y favorecer el desarrollo de enfermedades como la fiebre amarilla, la malaria y el dengue en latitudes no usuales.

Respecto a la flora del planeta, algunos científicos sugieren que los rangos de las especies arbóreas variarán significativamente como resultado del cambio climático global. Por ejemplo, estudios realizados en Canadá proyectan pérdidas de aproximadamente 170 millones de hectáreas de bosques en el sur de ese país y ganancias de 70 millones de hectáreas en el norte de Canadá, lo que significaría que el cambio climático provocaría una pérdida neta de 100 millones de hectáreas de bosques en ese país.

El calentamiento esperado excede con mucho la capacidad de migración de comunidades naturales, resultando una destrucción sin reemplazo y un empobrecimiento de los ecosistemas, pérdida de especies y en definitiva pérdida de la capacidad de la Tierra para soportar vida.

Es probable que aproximadamente entre el 20 y el 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 2 °C a 4 °C en el transcurso del presente siglo.

Posibles impactos en la economía mundial

En el curso del siglo XXI, es probable que la elasticidad de muchos ecosistemas naturales y sociales sea superada por una combinación sin precedentes de fenómenos asociados al cambio climático, tales como inundaciones, sequías, incendios, insectos y acidificación de los océanos, con otros agentes causantes del cambio climático mundial, como por ejemplo, cambio en los usos del suelo, contaminación y sobreexplotación de los recursos naturales.

En este sentido, los cambios proyectados en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, junto con las modificaciones en el clima medio, podrían conllevar consecuencias importantes en la economía de todo el planeta, especialmente en la salud, el comercio, la industria, la agricultura, la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de varios países.

Es probable que en las latitudes más bajas, sobre todo en los trópicos estacionalmente secos, un aumento moderado de temperatura, de entre 1 °C a 2 °C, podría ocasionar efectos negativos en el rendimiento de los principales cereales, con lo cual aumentaría el riesgo de hambrunas. También en estas latitudes se podrían presenciar mayores incendios en la vegetación, brotes de plagas y nuevos agentes patógenos.

Las predicciones apuntan a que las zonas más afectadas por un incremento de la temperatura del planeta serían el Amazonas y las regiones árticas. La primera sufriría de sequía, pérdida de masa forestal y cambios en los tipos de vegetación, donde podrían aumentar las superficies con sabanas en reemplazo del bosque tropical. En cuanto a las regiones árticas, los bosques boreales y la tundra del Ártico podrían reducirse drásticamente e incluso desaparecer.

Otras zonas que padecerían pérdida forestal a causa del cambio climático serían la parte oriental del continente europeo, el este de China, Canadá y Centroamérica donde, si la temperatura aumenta entre 2 °C y 3 °C, el 30% de sus bosques podría estar en peligro, y hasta el 60% si el calor supera los 3 °C.

La sequía y la escasez de agua dulce constituirían los nuevos problemas económicos relacionados con el cambio climático en otras regiones. Los períodos de sequía serán cada vez más intensos en la zona oeste del continente africano, el este de EEUU, América Central y países del sur de Europa como España.

Se calculan numerosas pérdidas económicas, sobre todo en las regiones más pobres. A mayor calentamiento global, más cuantiosas podrían ser las consecuencias negativas.

Otro punto de discusión de los últimos años es la influencia de los efectos del calentamiento

global en el equilibrio económico humano norte-sur. Por ejemplo, si provocaría una mayor desertificación de los países áridos y semiáridos y un clima más benigno en los países fríos de los hemisferios norte y sur.

El informe Stern, encargado por el gobierno británico en el año 2005, pronosticó una reducción del 20% del PIB mundial debido al cambio climático, si no se tomaban una serie de medidas preventivas de mitigación que, en conjunto, costarían del orden del 1% del PIB mundial.

En esta etapa primaria del cambio climático los impactos económicos son reducidos, pero se proyecta un aumento progresivo de estos impactos en todos los países y regiones. Paralelamente. Es probable que el cambio climático afecte la salud de millones de personas, especialmente la de aquellas con poca capacidad de adaptación, reflejándose en un aumento de la desnutrición y disminución del acceso a agua dulce con sus consiguientes trastornos.

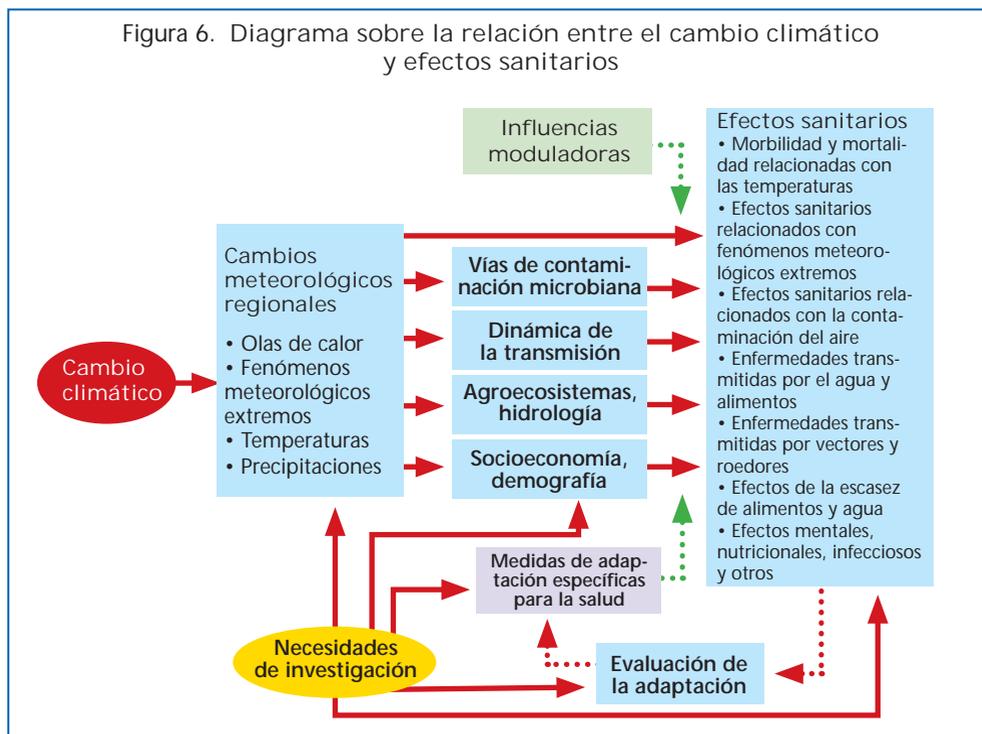
Asimismo, podría aumentar el número de enfermedades y lesiones a raíz de las olas de calor, inundaciones, tormentas, incendios y sequías. También se pronostica un aumento de las enfermedades cardiorrespiratorias ocasionadas por mayores concentraciones de ozono a nivel del suelo, y la modificación de la distribución espacial de algunos vectores transmisores de enfermedades infecciosas.

El equilibrio entre efectos positivos y negativos del cambio climático en la salud variará de un lugar a otro y se modificará en el tiempo, a medida que continúe el aumento de las temperaturas. El sector en mayor riesgo es, en todos los países, el que comprende a la población pobre que vive en zonas urbanas, los ancianos y los niños, las sociedades tradicionales, los agricultores de subsistencia y las poblaciones costeras.

Los patrones de lluvia también cambiarían y con ello el mapa agrícola mundial. Según algunas estimaciones, las zonas agrícolas más productivas se desplazarían hacia latitudes más altas, en dirección a los polos.

Uno de los organismos que ha mostrado preocupación por el tema, por sus evidentes consecuencias para la vida humana, es la Organización Mundial de la Salud, que afirma que incluso con un pequeño cambio de temperatura, se puede causar un aumento dramático de muertes debido a eventos de temperaturas extremas, tales como el esparcimiento de enfermedades como la malaria, el dengue y el cólera; o la irrupción de sequías, falta de agua para consumo humano y escasez de alimentos. En este sentido, el IPCC asegura que el cambio climático con certeza conllevará una significativa pérdida de vidas humanas.

Figura 6. Diagrama sobre la relación entre el cambio climático y efectos sanitarios



Alimentos, fibras y productos forestales

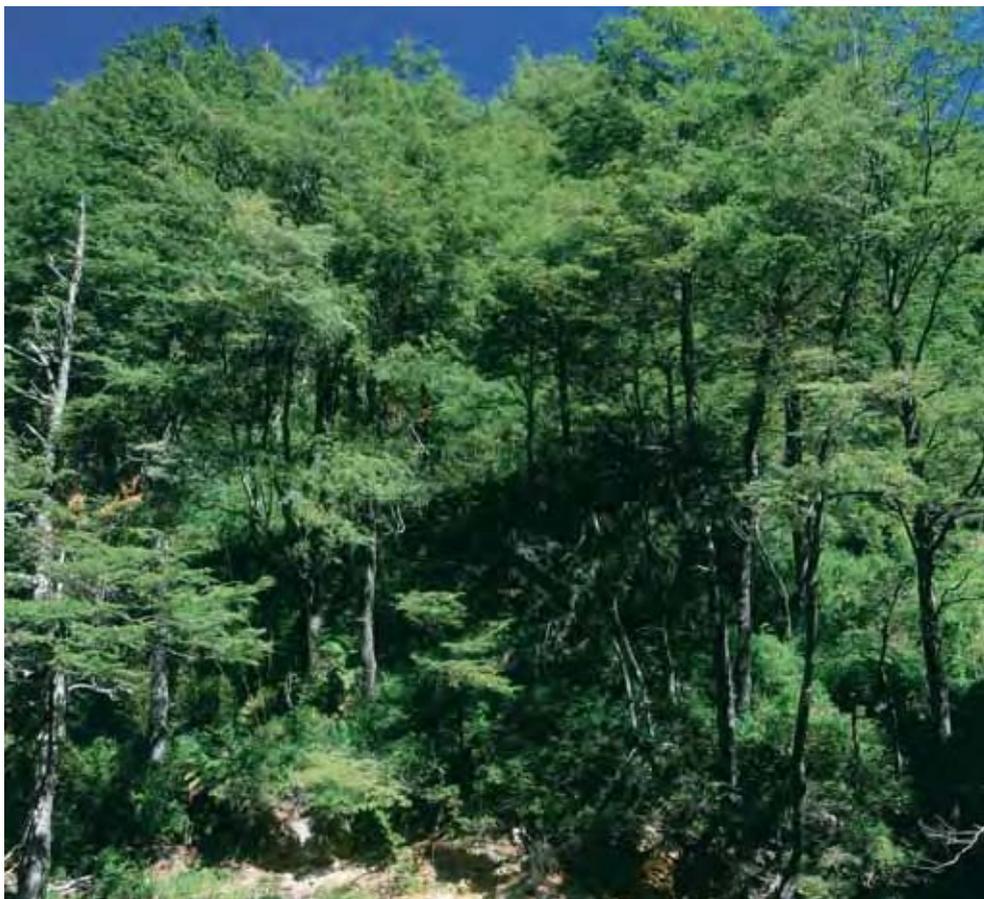
Se proyecta un ligero aumento de rendimiento de los cultivos en latitudes de medias a altas, cuando aumente la temperatura media local entre 1 °C y 3 °C, en ciertos cultivos agrícolas y ubicación geográfica, y una disminución de los rendimientos a partir de dichas temperaturas.

En latitudes más bajas, principalmente regiones tropicales estacionalmente secas, se proyecta la disminución del rendimiento de los cultivos, incluso cuando la temperatura local aumente ligeramente.

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

Por su parte, se calcula que los aumentos en la frecuencia de las sequías e inundaciones afectarán negativamente la producción local de cultivos y ganadería, principalmente en los sectores de subsistencia ubicados en latitudes bajas.

Para un calentamiento moderado, adaptaciones como la modificación de tipos de cultivos y de su período de siembra permitirían mantener o superar los rendimientos de cereales en latitudes bajas y de medias a altas.



GUILLERMO FEJERHAK

Los ecosistemas forestales se verán afectados de diversas formas por el cambio climático

A nivel mundial, la productividad de la madera de uso comercial aumentará moderadamente, con una alta variabilidad regional. En cambio, numerosos ecosistemas forestales naturales se verán afectados negativamente con el cambio climático y el calentamiento global.

También se esperan cambios regionales en la distribución y producción de especies de peces, con efectos adversos para la acuicultura y la industria pesquera en general.

Capítulo II

La respuesta internacional al problema del cambio climático



JACOUES DESCLITRES; MODIS RAPID RESPONSE TEAM, NASA

Hay fenómenos climáticos, como por ejemplo, los ciclones tropicales (tifones y huracanes), que muestran una tendencia ascendente importante a partir de la década de los setenta y se ha constatado que exhiben períodos de vida más largos y de mayor intensidad. La foto muestra un ciclón en marzo de 2004, frente a las costas de Brasil, zona donde no había ocurrido otro antes.

CAPÍTULO II.

La respuesta internacional al problema del cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

En la década de 1970, numerosos estudios y publicaciones científicas demostraban que había una alta relación entre las emisiones de GEI procedentes de las actividades humanas, el efecto invernadero y el riesgo de un cambio climático mundial, lo que comenzó a suscitar la preocupación del público en general.

La discusión sobre los tipos e intensidad de los impactos que podrían provocar alteraciones del sistema climático en la tierra fue lo que llevó a la comunidad científica; reunida en la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima, el año 1979 en Estocolmo; a solicitar a los gobiernos del mundo que enfrentaran, en forma coordinada y decidida, este problema ambiental de características globales y sus posibles consecuencias en el planeta.

En 1988 se realizó la Conferencia de Toronto, entre cuyas recomendaciones se puede destacar una reducción del 20% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono en el año 2005, con respecto al nivel de emisiones existente en 1988 y el desarrollo de una Convención Global Amplia sobre el Clima, como un marco para establecer protocolos sobre la protección de la atmósfera terrestre. Otra recomendación consistió en el establecimiento de un Fondo Mundial de la Atmósfera, que sería financiado parcialmente por impuestos al consumo de combustibles fósiles en los países industrializados.

El mismo año 1988, mediante un acuerdo decidido entre la Organización Mundial Meteorológica (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se creó el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés), cuya misión es proveer una evaluación coordinada internacionalmente de la magnitud, tiempos, y potenciales impactos ambientales y socioeconómicos del cambio climático, así como estrategias realistas de respuesta. El IPCC está estructurado por tres Grupos de Trabajo, que son Ciencia, Impactos y Respuestas al cambio climático mundial.

En su primer informe de evaluación sobre el cambio climático de junio de 1990, el IPCC advirtió a la comunidad internacional lo siguiente: “Si los estados prosiguen comportándose como lo han hecho hasta la fecha, la temperatura media global de la superficie del planeta



IX Región, Chile

aumentará durante el próximo siglo en un promedio de 0,3 °C por década, una velocidad de cambio sin precedente en la historia de la humanidad. Probablemente, los continentes se calentarán más rápido que los océanos y los cambios climáticos regionales diferirán de la media global”.

La magnitud de la evidencia sobre los posibles impactos del cambio climático, sobre todo en relación a sus impactos en el orden económico mundial, creó las condiciones para que la Asamblea General de Naciones Unidas, en su periodo de sesiones del año 1990, encomendara el inicio de negociaciones para establecer una Convención Internacional donde se pudiera coordinar políticas destinadas a hacer frente al problema del cambio climático global, para lo cual se estableció el Comité Intergubernamental de Negociación para una Convención Marco sobre el Cambio Climático.

El Comité Intergubernamental redactó el proyecto de la Convención, que fue adoptado en mayo de 1992 en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York. El junio del mismo año, con ocasión de la Primera Cumbre sobre Desarrollo y Medio Ambiente, en Río de Janeiro, fue firmada lo que se conoce como Convención Marco de las Naciones Unidas de Cambio Climático (CMNUCC) que, luego de un proceso de ratificación, entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Hasta 2009, este cuerpo legal ha sido ratificado por 192 naciones y es uno de los procesos internacionales de mayor dinamismo que existen en la actualidad.

Organización de la CMNUCC

La Convención está constituida fundamentalmente por las siguientes instituciones:

La Conferencia de las Partes (COP), es el órgano supremo de la Convención y está conformada por delegaciones de todas las naciones que la han ratificado, las que se denominan Partes. La primera Conferencia de las Partes (COP 1) se celebró en Berlín, a principios de 1995.

Desde que entró en vigor, la Conferencia de las Partes ha celebrado reuniones anuales y en forma ininterrumpida desde 1995. El objetivo de estas reuniones ha sido impulsar y supervisar la aplicación de las decisiones que se adoptan en cada COP y continuar las negociaciones sobre la forma más adecuada de abordar el cambio climático. Las sucesivas decisiones adoptadas por la COP en sus respectivos periodos de sesiones, constituyen actualmente un conjunto detallado de normas para la aplicación práctica y eficaz de la Convención.

Cabe destacar que las decisiones que adopta la COP deben ser aprobadas por consenso, esto es por la totalidad de las Partes y, en aquellos casos en que las decisiones revistan medidas o procedimientos que deban realizar las Partes, pasan a ser de carácter obligatorio o vinculante para todas las Partes.

La **Secretaría**, que presta apoyo a todas las instituciones relacionadas con el cambio climático, principalmente a la COP, los órganos subsidiarios, los Grupos de Trabajo y las mesas de discusión. Su función es organizar las reuniones de los órganos de la Convención, proporcionar apoyo a las Partes para que cumplan sus compromisos, compilar, distribuir y divulgar la información que se genere internamente o se reciba del exterior, así como asegurar la coordinación con otras Convenciones y organismos internacionales.

El **Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (OSACT)**, más conocido como SBSTA por su sigla en inglés), asesora a la COP en materias de índole científico, tecnológico y metodológico relacionados con la Convención. Pueden participar representantes de todas las Partes que tengan competencia en los temas específicos que se traten en cada caso. Debe presentar informes a la COP sobre sus actividades.

El **Órgano Subsidiario de Ejecución (OSE)**, más conocido como SBI por su sigla en inglés), ayuda a la COP a evaluar y examinar la ejecución efectiva de la Convención, como es el caso del análisis de las comunicaciones nacionales y se ocupa también de asuntos financieros y administrativos. Pueden participar representantes de todas las Partes que sean expertos en temas relacionados con el cambio climático. Debe presentar informes a la COP sobre sus actividades.

El mecanismo financiero de la Convención es administrado por el **Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF)** por su sigla en inglés). El financiamiento de la Convención

proviene de las contribuciones de las Partes, de acuerdo con una escala indicativa aprobada por la COP y de contribuciones voluntarias, generalmente de países desarrollados.

Definiciones, objetivo y principios de la Convención

Entre las principales definiciones establecidas por el texto de la Convención están:

- Por **“efectos adversos del cambio climático”** se entiende los cambios en el medio ambiente físico o en la biota resultantes del cambio climático que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar humanos.
- El **“cambio climático”** se define como un cambio del 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 periodos de tiempo comparables.
- El **“sistema climático”** está compuesto por la totalidad de la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la geosfera, y sus interacciones.
- El objetivo último de la Convención es lograr 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.

Los principios que rigen la Convención son:

- Primero, las Partes deberían proteger el sistema climático para beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de acuerdo con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. La expresión **“responsabilidades comunes pero diferenciadas”** se refiere a que los países desarrollados han sido los principales responsables de las emisiones de gases efecto invernadero desde la revolución industrial y, por lo tanto, deberían tomar la iniciativa en el combate al cambio climático y sus efectos adversos.
- Segundo, deberían tenerse en cuenta las circunstancias socioeconómicas y ambientales de los países en desarrollo, especialmente los más vulnerables, frente a los efectos adversos

del cambio climático, para prevenir que tengan que soportar una carga desproporcionada en el combate al cambio climático

- Tercero, las Partes deberían tomar medidas de precaución para prevenir y reducir al mínimo las causas del cambio climático y, cuando exista amenaza de daños graves e irreversibles, no debería usarse la falta de certidumbre científica total como argumento para posponer las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático, esto es lo que se denomina el “principio precautorio”. Asimismo, las políticas y medidas deberían ser lo más eficaces y al menor costo posible, abarcando todos los sectores económicos y tomando en cuenta los diferentes contextos socioeconómicos nacionales.
- Cuarto, todas las Partes tienen derecho al desarrollo sostenible y las políticas y medidas para proteger el sistema climático deberían ser apropiadas a las circunstancias nacionales de cada una de ellas, así como estar integradas en los programas nacionales de desarrollo.
- Quinto, las Partes deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional abierto y propicio para el crecimiento económico y el desarrollo sostenible, especialmente de los países en desarrollo. Las medidas adoptadas para combatir el cambio climático, incluyendo las que sean unilaterales, no deberían establecer discriminaciones arbitrarias o injustificables y tampoco restricciones encubiertas al comercio internacional.

Compromisos de las Partes en la Convención

En el artículo cuatro del texto de la Convención, se establece que todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus prioridades de desarrollo, deberán cumplir con los siguientes compromisos adquiridos al ratificarla:

- Elaborar periódicamente inventarios nacionales de emisiones de GEI por las fuentes y absorciones por los sumideros, utilizando las metodologías aprobadas por la COP. Igualmente, deberán formular informes periódicos, denominados comunicaciones nacionales, sobre las medidas que se están implementando para aplicar la Convención.
- Desarrollar programas nacionales para mitigar el cambio climático, considerando la reducción de las emisiones por las fuentes y el aumento de las absorciones por los sumideros.
- Promover la gestión sostenible de los sumideros de carbono en los ecosistemas terrestres, costeros y marinos.
- Elaborar preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático y desarrollar planes integrados para la gestión de las zonas costeras, los recursos hídricos y la agricultura.

- Considerar al cambio climático en las políticas y medidas socioeconómicas y ambientales que se propongan y se adopten.
- Planificar y realizar investigaciones sobre el clima, la observación del sistema climático y el intercambio de información.
- Promover la educación, capacitación y la sensibilización del público respecto del cambio climático.

Por otra parte, en el mismo artículo cuatro del texto de la Convención, se establece que en el cumplimiento de los compromisos, las Partes deberán estudiar profundamente las medidas que sea necesario adoptar; incluso aquellas relacionadas con el financiamiento, los seguros y la transferencia de tecnología; con el fin de atender las necesidades de las Partes No Anexo I que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático o al impacto de la aplicación de medidas de respuesta, ya sea de mitigación o adaptación al cambio climático. Estas Partes más vulnerables pueden tener una o más de las siguientes características.

- Países insulares pequeños;
- Países con zonas costeras bajas;
- Países con zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal;
- Países con zonas propensas a los desastres naturales;
- Países con zonas expuestas a la sequía y a la desertificación;
- Países con zonas de alta contaminación atmosférica urbana;
- Países con zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos;
- Países cuyas economías dependen en gran medida de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva, o de su consumo y;
- Países sin litoral y los países de tránsito.

Las Partes incluidas en el Anexo II son los países que eran miembros de la OCDE en 1992 y que ya están incluidos en el anexo I, pero no se incorporan los países en proceso de transición a una economía de mercado (PET). Son 24 Partes que deben ofrecer recursos financieros nuevos y adicionales a los países en desarrollo, para ayudarlos a emprender actividades de reducción de las emisiones, y ayudarles a adaptarse a los efectos negativos del cambio climático. Además, deben tomar todas las medidas posibles para promover el desarrollo y la transferencia de tecnologías ambientalmente racionales a los PET y a los países en desarrollo. Deben presentar inventarios nacionales de emisiones de GEI anualmente.

Las Partes no incluidas en el Anexo I, que es el nombre que se les da a los países en desarrollo por razones de comodidad, al no estar incluidos en dicho Anexo. Algunos de estos países son identificados por la Convención como especialmente vulnerables a los efectos negativos del cambio climático, en particular, países con zonas costeras bajas o con zonas expuestas a sequías o desertificación. Por su parte, los países en desarrollo cuyas economías dependen principalmente de la producción y exportación de combustibles fósiles, son más vulnerables a los posibles efectos adversos de las medidas de respuesta al cambio climático, como es el caso del reemplazo del uso de combustibles fósiles por combustibles renovables. No tienen la obligación de presentar inventarios nacionales de emisiones de GEI anuales, aunque deben presentar comunicaciones nacionales en forma periódica.

Grupos de países de negociación política

La mayoría de las Partes se reúne en grupos con intereses comunes para la negociación política de las decisiones que adopta la COP. No existe un sistema formal para su constitución y, normalmente, su formación se informa a la Secretaría o los órganos subsidiarios de la Convención para ser debidamente considerados en las negociaciones. No obstante, algunos grupos se organizan y se disuelven con relativa frecuencia y flexibilidad. Actualmente, los principales grupos de negociación en la Convención son los siguientes.

El Grupo de los 77 y China (G77+China). Se formó en 1964 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, por su sigla en inglés) y funciona en todo el sistema de las Naciones Unidas y, actualmente, cuenta con 132 miembros, incluido Chile. Está formado por los países en desarrollo, entre los cuales están los pequeños Estados insulares, los países menos adelantados (PMA), países exportadores de petróleo, países en vías de industrialización y países de ingresos medios.

La Parte que ocupa la presidencia del G77+China puede pronunciarse en nombre del Grupo, siempre y cuando China haya participado en el debate interno. Normalmente, el G77+China designa coordinadores que hablan en nombre del Grupo en las deliberaciones de las mesas y grupos de trabajo de la Convención, en la medida que haya consenso entre las Partes. En

caso que no se alcance tal consenso dentro del Grupo, cada Parte o grupo de países, puede expresar libremente sus posiciones.

El Grupo Africano. Está integrado por 33 países que tienen problemas comunes de escasez de recursos y vulnerabilidad frente a los efectos adversos del cambio climático, además de poco acceso a financiamiento y transferencia tecnológica.

La Alianza de los Pequeños Estados Insulares (AOSIS). La componen 43 pequeños estados insulares países con zonas costeras bajas, con problemas comunes de desarrollo y ambientales, además de ser muy vulnerables a los efectos adversos del cambio climático especialmente el aumento del nivel del mar que amenaza su supervivencia. Se estableció en noviembre de 1990, durante la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima.

La Unión Europea (UE). Es representada por la Comunidad Europea (CE), que forma parte de la Convención como organización regional de integración económica. Fue creada en 1992 y consta de 27 estados miembros, más la Comunidad Europea. El país que ocupa la presidencia de la UE, que se rota cada seis meses, habla en nombre de la CE y de sus estados miembros.

El Grupo de Integridad Ambiental. Lo componen México, la República de Corea y Suiza y se formó en septiembre del año 2000. Tiene por objetivo que las decisiones que adopte la Convención contengan la mayor integridad ambiental posible. Es el único grupo compuesto por una Parte Anexo I, que es Suiza, y las dos restantes son Partes No Anexo I.

Breve reseña de las negociaciones de la Convención

En las negociaciones de la Convención se reconoce que las actividades humanas han ido aumentando sustancialmente las concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera, y que ese aumento intensifica el efecto invernadero natural, lo cual da como resultado un calentamiento promedio adicional de la superficie y la atmósfera de la Tierra que puede afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad.

Igualmente, se sostiene que, tanto históricamente como hasta el presente, la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo han tenido su origen en los países desarrollados, pero que, a pesar de que las emisiones *per cápita* en los países en desarrollo son todavía relativamente reducidas, la proporción del total de emisiones originada en los grandes países en desarrollo emergentes; como es el caso de China, India, Brasil y otros; aumentará exponencialmente para permitirles satisfacer sus necesidades sociales y de desarrollo económico.

El primer examen de la adecuación de los compromisos de los países desarrollados se realizó en la COP 1 de Berlín en 1995. Las Partes decidieron que el compromiso de los países

desarrollados de tratar de reestablecer sus emisiones en los niveles de 1990 para el año 2000, no era suficiente para alcanzar el objetivo de largo plazo de la Convención, que es impedir las “interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático”.

La COP 1 adoptó el “Mandato de Berlín”, cuyo objetivo era aumentar los compromisos de reducción de emisiones de GEI de los países desarrollados. Con el fin de redactar un acuerdo sobre el particular, se estableció el Grupo Especial del Mandato de Berlín para dirigir las negociaciones.

En abril de 1996, el IPCC presentó su Segundo Informe de Evaluación del Cambio Climático, que fue aprobado en la COP 2 del mismo año, donde se llegó a la conclusión de que, efectivamente era discernible una influencia humana en el clima mundial que representaba peligros para el desarrollo social y económico global. El segundo informe del IPCC recomendó que se adoptaran medidas que fueran eficaces en términos de costos y que fueran concordantes con el desarrollo sostenible. Igualmente, las medidas debían ser compatibles con la seguridad alimentaria, la justicia social y el patrimonio de los países.

Las negociaciones del Protocolo de Kyoto

Basándose en las conclusiones del informe del IPCC, en la COP 3, de diciembre de 1997 en Japón, se llegó por consenso a la decisión de aprobar un Protocolo, denominado el Protocolo de Kyoto, en virtud del cual los países industrializados se comprometieron a reducir el total de sus emisiones de gases efecto invernadero, en por lo menos un 5% para el período 2008-2012, con respecto a los niveles cuantificados en 1990, como una manera de producir una reversión histórica de los niveles de emisión de GEI que se habían mantenido al alza en los últimos 150 años.

Sin embargo, el texto del Protocolo tenía un lenguaje poco preciso que dio paso a las más diversas interpretaciones sobre numerosos aspectos, especialmente los relacionados con las modalidades de aplicación de los mecanismos de flexibilidad para el cumplimiento de la reducción de emisiones de GEI.

En la COP 4, de noviembre de 1998 en Argentina, se adoptó el Plan de Acción de Buenos Aires, como una forma de agilizar las negociaciones sobre las normas y modalidades del Protocolo de Kyoto y definir las cuestiones relativas a la aplicación del mismo.

En la COP 6, de noviembre de 2000 en Holanda, fracasaron las negociaciones para hacer operativo el Protocolo de Kyoto, principalmente por aspectos relacionados con el financiamiento, los mecanismos flexibles de mercado y el tratamiento de las absorciones de carbono por los bosques.

El tema de los mecanismos flexibles de mercado; que permiten comprar y vender derechos certificados de reducción de emisiones y constituyen el actual “mercado del carbono”; fue uno de los temas más polémicos en las negociaciones del Protocolo de Kyoto, ya que estaban diseñados para ayudar al cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones de las Partes Anexo I, además de los esfuerzos internos que estas Partes debían realizar. Estos mecanismos son:

- **Transacción de Emisiones**, establecido en el artículo 17 del texto del Protocolo de Kyoto. Consiste en que las Partes Anexo I puedan adquirir o vender derechos de emisiones de GEI, según el grado de cumplimiento de sus compromisos establecidos en el Protocolo. De esta forma, si una Parte Anexo I no cumple su compromiso en el período de cumplimiento y emite por encima del monto asignado, podrá comprar derechos a otra Parte Anexo I que haya emitido menos que el compromiso adquirido. A la inversa, una Parte que haya emitido menos que su compromiso de reducción de emisiones, podrá vender parte o la totalidad del excedente de derechos de emisión. En todos los casos, la Parte que vende derechos de emisiones deberá restarlas de su cantidad asignada para el respectivo período de cumplimiento y, la Parte que adquiere estos derechos podrá agregarlas a su cantidad asignada.
- **Implementación Conjunta**, consignada en el artículo 6 del Protocolo. Corresponde a la posibilidad de adquirir o vender derechos de emisiones que se deriven de proyectos destinados a reducir emisiones con respecto a una línea de base determinada, y que una Parte Anexo I realice, o contribuya a ejecutar, en otra Parte Anexo I. Al igual que en el caso de la transacción de emisiones, la Parte que transfiere derechos, debe restarlas de su cantidad asignada y viceversa.
- **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**, consignado en el artículo 12 del Protocolo. Consiste en la ejecución de proyectos en países en desarrollo que demuestren que reducen emisiones con respecto a una línea de base preestablecida y contribuyan al desarrollo sostenible de estos países. Estas reducciones de emisiones certificadas podrán ser adquiridas por Partes Anexo I para ayudarlas en el cumplimiento de sus compromisos. Al contrario que en el caso de la Implementación Conjunta, la Parte Anexo I que adquiere estos derechos podrá agregarlas a su cantidad asignada, pero el país en desarrollo donde se implementa el proyecto no resta estas reducciones, ya que no tiene la obligación de reducir emisiones de acuerdo con el Protocolo. De esta manera, el Mecanismo de Desarrollo Limpio es el único mecanismo flexible de mercado que permite la participación de los países en desarrollo en el mercado del carbono.

Por su parte, el tratamiento de las absorciones y emisiones de GEI del sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal, especialmente las absorciones de carbono en los bosques en el curso de las negociaciones de la UNFCCC con motivo del Protocolo de Kyoto, fue y sigue siendo uno de los temas más controversiales.

En términos de la negociación política, una parte importante de los países desarrollados, los grandes países en desarrollo y las principales Organizaciones No Gubernamentales (ONG) ambientalistas, se oponían a incluir los bosques en el Protocolo. Esta discusión se intensificó a partir de la decisión de establecer reducciones de GEI obligatorias en los países desarrollados en el Protocolo de Kyoto. Los principales argumentos de los que se oponen a incluir las absorciones y emisiones de los bosques han sido.

- La mayor superficie de bosque en el mundo se encuentra en el hemisferio norte, especialmente en países desarrollados, y que tienen un alto potencial de absorción de carbono mediante manejo forestal, lo que podría ayudarles a compensar emisiones de GEI, mermando el esfuerzo interno necesario para desarrollar e invertir en nuevas tecnologías más limpias.
- A su vez, la inclusión de la conservación y el manejo forestal en el Protocolo abría la posibilidad de inundar el mercado del carbono con certificados de reducción de emisiones, o derechos por absorción de carbono abundantes, baratos y fáciles de comercializar.
- Se alegaba que no había suficiente base científica para medir y verificar las absorciones y emisiones de GEI en el ciclo del carbono de los bosques, especialmente se aludía a los altos niveles de error que contenían los métodos comunes de los inventarios forestales en uso y los altos costos que significaba reducir estas incertidumbres.
- También se argumentaba que la integridad ambiental de la Convención estaba amenazada por el reemplazo de bosques nativos por plantaciones forestales comerciales, compuestas por especies exóticas de rápido crecimiento y con poca o nula biodiversidad. Por otra parte, estas plantaciones forestales serían promovidas por grandes consorcios económicos internacionales lo que, a su vez, amenazaba los derechos de los pueblos indígenas y las comunidades rurales.
- Por otra parte, se esgrimía el tema geopolítico y de soberanía nacional, sosteniendo que la creación de grandes superficies de conservación de bosques dentro de un país en desarrollo con el fin de acceder al financiamiento del mercado del carbono, podía transformarse en un compromiso poco sostenible en el tiempo y que, en caso incumplimiento, se podía llegar a la creación e intervención de “los cascos verdes de la UNFCCC”, para velar por el cumplimiento de compromisos, en alusión a los cascos azules de las Naciones Unidas.

Los aspectos críticos en la discusión eran la permanencia de las absorciones de carbono, el desplazamiento de emisiones, denominadas fugas, dentro y fuera de los países, así como las incertidumbres en la medición y verificación de la absorción y emisión de GEI en los bosques.

A solicitud de la COP, el IPCC elaboró un Informe Especial sobre el Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Forestal, que fue aprobado en el año 2000 y que contribuyó a proporcionar mayor base científica en las negociaciones de las modalidades para el tratamiento de las absorciones de carbono y emisiones de GEI en los bosques.

En julio de 2001, se continuaron las negociaciones para hacer operativo el Protocolo de Kyoto en la denominada “COP 6 bis”, realizada en Alemania, donde los gobiernos llegaron a un acuerdo político que se denominó los Acuerdos de Bonn, en el que se eliminaron algunos de los aspectos más polémicos del Plan de Acción de Buenos Aires. Previamente, el Tercer Informe del IPCC sobre Cambio Climático, de abril de 2001, mejoró el ambiente de las negociaciones, ya que aportó las pruebas científicas del calentamiento mundial más convincentes de las que existían hasta esa fecha.

El Protocolo de Kyoto fue aprobado en la COP 7; de noviembre de 2001 en Marrakech, Marruecos; como resultado de las negociaciones que complementaron los Acuerdos de Bonn adoptando un amplio conjunto de decisiones, que se denominan los Acuerdos de Marrakech, que incluyeron directrices más detalladas, principalmente sobre el tratamiento de los mecanismos flexibles de mercado y, en especial, sobre el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). De esta forma, se logró el acuerdo internacional para hacer operativo el Protocolo de Kyoto y abrir el proceso de ratificación del mismo.

El organismo superior del Protocolo de Kyoto es la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo, que se abrevia como COP/MOP.

La COP 7 adoptó una decisión específica que establece las modalidades y procedimientos para la implementación de proyectos en el MDL destinados específicamente a reducir emisiones de GEI. Para el caso de las modalidades y procedimientos de los proyectos de forestación y reforestación en el MDL, que consideran la absorción de carbono, se inició un proceso de negociaciones que culminó con una decisión adoptada en la COP 9, de 2003 en Milán, Italia.

Las características especiales de los proyectos de Forestación y Reforestación en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (FR-MDL) especificadas en la decisión adoptada por la COP 9 estriban principalmente en las siguientes modalidades y procedimientos:

- **Línea de base:** Consiste en estimar anticipadamente las variaciones del contenido de carbono dentro el ámbito del proyecto, que se producirían si no se ejecuta el proyecto de forestación o reforestación. Por ejemplo, si el terreno está cubierto por un matorral ralo con algunos árboles dispersos, el contenido de carbono del material leñoso de los arbustos y árboles existentes seguiría en crecimiento y absorbiendo carbono, si es que no ocurrieran disturbios habituales en dicha vegetación, como pueden ser la extracción de leña o corta de vegetación para habilitar el terreno para pastoreo.
- **Metodología de línea de base:** En la formulación del proyecto FR-MDL, los participantes deben seleccionar uno de los siguientes criterios:
 - a) Las variaciones del contenido de carbono en el ámbito del proyecto efectivas del momento o del pasado, esto las variaciones históricamente demostrables;
 - b) Las variaciones debidas a una forma de uso de la tierra económicamente atractiva, teniendo en cuenta las barreras a las inversiones, como sería el caso de que en dicho terreno podrían instalarse frutales o berries, si es que se tuviera acceso a financiamiento para inversiones en riego y habilitación del suelo y;
 - c) Las variaciones resultantes de la modalidad más probable de uso de la tierra al inicio del proyecto, que podría ser el caso de que en una zona geográfica, la mayoría de los terrenos circundantes a donde se pretende instalar el proyecto se está habilitando suelos para la siembra de cereales, pastos u otros cultivos y sería altamente probable que también podría ocurrir en los terrenos del proyecto.
- **Ámbito del proyecto:** Corresponde al límite geográfico de cada actividad de forestación o reforestación bajo el control de los participantes en el proyecto y, puede abarcar más de un paño de terreno o varios paños dispersos. Inicialmente, el ámbito del proyecto debía estar definido desde el inicio del proyecto y los límites de los paños de terrenos por forestar debían estar georreferenciados. Actualmente, mediante la implementación de los programas de forestación y reforestación, es posible agregar o restar nuevos paños de terreno según avanza el calendario de plantaciones.
- **Permanencia:** La captura de carbono que se produce en un bosque no es eterna o permanente, ya que los árboles son seres vivos que en determinado momento deben morir, ya sea por causas naturales o por causas antropogénicas. Esta característica de no permanencia del carbono acumulado en los árboles es una diferencia fundamental con la reducción de emisiones de GEI por las fuentes, donde las emisiones que no se realizan en un determinado lapso son permanentes.



La solución de este problema fue propuesta por dos destacados participantes de la delegación de Colombia en las negociaciones, y consistió de la adopción de Certificados de Emisiones Reducidas (CER) que tenían fecha de término de su vigencia, en función del grado de seguridad de la permanencia transitoria del carbono absorbido por el proyecto. De esta forma, los participantes en proyectos de forestación deben elegir, desde el inicio, entre dos tipos de certificados transitorios de absorción de carbono, que son:

a) tCER, que son certificados temporales y que caducan al final del siguiente periodo de cumplimiento para el que se expidieron. Por ejemplo, los certificados que fueron expedidos para el primer periodo de compromiso, entre 2008 y 2012, expirarán al finalizar el segundo periodo de compromiso, entre 2013 y 2017, si se mantiene en cinco años la duración de dichos periodos.

b) ICER, que son certificados de largo plazo, que deben caducar al finalizar el periodo de acreditación del proyecto.

En el momento en que ambos tipos de certificados expiran o pierden su vigencia, el comprador de los mismos debe asumir la responsabilidad de reemplazarlos por otros certificados transitorios o por certificados de reducción de GEI permanentes.

- **Periodo de acreditación:** Es el número de años en que se pueden expedir certificados de carbono por el proyecto y se debe elegir una de las siguientes alternativas desde la formulación del proyecto:

a) 20 años como máximo y puede renovarse hasta por dos veces hasta un total de 60 años, siempre que en cada renovación una entidad certificadora verifique la validez de la línea de base establecida inicialmente y;

b) 30 años como máximo.

- **Fugas:** Corresponde al aumento de las emisiones de GEI fuera del ámbito del proyecto, que pueden atribuirse a sus actividades y pueden ser medidas o estimadas. Como ejemplo se puede dar el caso que una comunidad aledaña ha acostumbrado extraer leña de la vegetación existente en los terrenos donde se realizará el proyecto y, al ejecutarse la forestación, con toda seguridad esta comunidad se desplazará a otros terrenos para seguir extrayendo leña, ocasionando una cantidad similar de emisiones en otro sitio.
- **Impactos socioeconómicos y ambientales:** Consiste en el análisis de los posibles impactos que provocaría la ejecución del proyecto y, si existieran, se debe explicar y detallar las medidas de mitigación que se adoptarán en la ejecución del proyecto para aminorar estos impactos.

Para los efectos de establecer el total de las emisiones de dióxido de carbono de las Partes del Anexo I sobre las cuales se efectuarían las reducciones comprometidas por las Partes Anexo I, se adoptó por consenso al año 1990, correspondiente al año base a partir del cual se inicia la cuantificación y monitoreo global de las emisiones de GEI. Las emisiones del año base se establecieron en 13.728.306 Gg de CO₂, equivalentes a 13.728 millones de toneladas de CO₂.

Las emisiones de GEI existentes en el año base de cada Parte Anexo I se consideraron como un valor del 100% de emisiones para establecer los compromisos de reducción de emisiones de los países desarrollados. De esta manera, el compromiso de reducción cuantificado de emisiones de cada Parte Anexo I en el Protocolo de Kyoto se calculó sobre este 100%.

Por ejemplo, Japón comunicó en 1997 a la Secretaría de la Convención que sus emisiones de GEI en 1990 eran de 1,173 miles de millones de toneladas de CO₂, que constituían el 100% de sus emisiones en su año base. Japón tomó el compromiso de emitir hasta un 92% de las emisiones del año base durante el primer período de cumplimiento de Protocolo de 2008 a 2012, esto es, se comprometió a reducir sus emisiones en un 8%. De esta manera, el 92% de las emisiones de GEI de Japón en el año 1990 pasaron a constituir la cantidad máxima que podía emitir anualmente, que se denomina “cantidad asignada” de emisiones.

El Protocolo de Kyoto entró en vigencia el 16 de febrero de 2005, después de ser ratificado por todas las Partes Anexo I, excepto por EE. UU. El mismo año, se creó el Grupo de Trabajo Ad Hoc de Kyoto (AWG-KP), cuyo objetivo es negociar los compromisos de reducción de emisiones de GEI de las Partes Anexo I para el segundo período de cumplimiento, después del año 2012. El plazo para terminar estas negociaciones se estableció para diciembre del año 2009, en la COP 15 que se realizó en Copenhague, Dinamarca.

Las negociaciones de la Convención sobre adaptación al cambio climático

El tema de la adaptación al cambio climático, especialmente de los países en desarrollo, ha sido sumamente difícil en las negociaciones de la Convención. Un apretado resumen de las mismas se presenta a continuación.

En la COP 10, realizada en diciembre de 2004, se adoptó el “Programa de Trabajo de Buenos Aires sobre Adaptación y Medidas de Respuesta”, que incluyó la realización de varios seminarios regionales para identificar las necesidades de los países en desarrollo, especialmente en los aspectos de diversificación económica y desarrollo sostenible, apoyo técnico para fortalecer las capacidades institucionales sobre inversiones nacionales y extranjeras para la diversificación económica y, manejo del riesgo financiero en el contexto del impacto de la implementación de medidas de respuesta al cambio climático.

En la COP 12, de diciembre de 2006 en Kenya, se estableció el Programa de Trabajo de Nairobi (NWP, por su sigla en inglés) de Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático, que reemplazó al Programa de Buenos Aires. Está orientado a asistir a los países en aumentar su comprensión sobre los impactos del cambio climático y vulnerabilidad, así como mejorar su capacidad de tomar decisiones informadas sobre como adaptarse exitosamente.

El NWP es un marco de trabajo implementado por las Partes, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, el sector privado, comunidades y otros interesados y se estableció un plan de trabajo de cinco años que abarca los siguientes nueve temas:

- Métodos y herramientas;
- Información y observación;
- Modelos climáticos, escenarios y escalamiento;
- Riesgos climáticos y eventos extremos;
- Información socioeconómica;
- Planificación y prácticas de adaptación;
- Investigación;
- Tecnologías para la adaptación y;
- Diversificación económica.

En el tema de investigación, las Partes han identificado como prioritarios los siguientes aspectos relacionados con los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: análisis integrado de los impactos y vulnerabilidad, incluyendo eventos extremos a escalas geográficas reducidas; evaluación económica de los impactos a escala regional; metodologías, tecnologías, escalas de tiempo y costos de la adaptación y; estrategias de adaptación en países en desarrollo, considerando sus vínculos con el desarrollo sostenible y la equidad.

Con respecto a la reducción de emisiones de GEI, o mitigación: efectividad e impactos de las medidas y estrategias de mitigación; costos y barreras para la implementación; distribución geográfica de fuentes de energía renovables y la relación costo-beneficio; el sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal (LULUCF por su sigla en inglés) y; sistemas de medición, contabilización e información de emisiones por las fuentes y absorción de carbono por los sumideros.

El NWP enfatiza la necesidad de la coordinación de la investigación internacional, regional y nacional, principalmente a través de redes de colaboración, y existen numerosas organizaciones internacionales e intergubernamentales que ya están organizando estas redes.

En el tema de tecnologías para la adaptación, se destacan los sectores de agricultura y pesca; recursos hídricos; zonas costeras; salud; diversidad biológica; infraestructura y; tecnologías transversales como sistemas de alerta temprana sobre eventos climáticos extremos, información y comunicación y la planificación de la adaptación, entre otras.

Por otra parte, en abril de 2006, la Secretaría de la UNFCCC identificó 165 organizaciones internacionales, regionales y nacionales de carácter intergubernamental, gubernamental, no gubernamental y otras, que están activas en áreas que son relevantes para el plan de cinco años del NWP.

A principios de 2007, la Secretaría de la Convención introdujo el concepto de “promesas de acción” bajo el NWP dirigido a organizaciones y Partes de la Convención, con el fin de disseminar y compartir información a través del NWP, las que pueden estar relacionadas con los siguientes temas:

- Actividades para mejorar los sistemas de observación y monitoreo climático;
- Aplicación de métodos y herramientas usados por comunidades para evaluar vulnerabilidad;
- Escenarios de cambio climático regionales, considerando factores socioeconómicos, ambientales e institucionales;



GUILLERMO FEUERHAKE

Zona inundada en Región del Biobío

- Herramientas para análisis social;
- Herramientas de Web y sistemas de información para diseminar datos y tecnologías;
- Actividades para mejorar el desarrollo de capacidades de científicos de países en vías de desarrollo para la evaluación de vulnerabilidad y adaptación;
- Proyectos piloto para crear sistemas de apoyo para la toma de decisiones y;
- Programas de educación para aumentar la toma de conciencia pública sobre la adaptación al cambio climático.

Las negociaciones sobre la reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques (REDD)

Las negociaciones del Plan de Acción de Bali

En la COP 13; de diciembre de 2007 en Bali, Indonesia; se presentaron los avances del NWP y se adoptó el Plan de Acción de Bali (BAP, por su sigla en inglés), en cuyo contexto se creó el Grupo de Trabajo Ad Hoc de Acciones de Cooperación de Largo Plazo (AWG-LCA por su sigla en inglés), cuyo objetivo era elaborar una propuesta de una visión común para la cooperación internacional sobre el cambio climático.

Esta propuesta debía contener un compromiso mundial jurídicamente vinculante para la reducción de emisiones, con base en el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, incluyendo también los aspectos relacionados con la adaptación al cambio climático, el desarrollo y transferencia de tecnologías menos emisoras de GEI y el apoyo financiero a los países en desarrollo.

En el Plan de Acción de Bali, se decidió que las negociaciones para llegar a un compromiso mundial jurídicamente vinculante con respecto a los temas más complejos relacionados con el cambio climático, debían tener una fecha de término para evitar dilaciones interminables como había ocurrido en otras oportunidades dentro de la Convención.

En estas circunstancias, se acordó que el BAP debía culminar en la COP 15, que se efectuó en Copenhague, Dinamarca, en diciembre de 2009. Con este fin, se acordó un proceso intensivo de reuniones paralelas del Grupo de Trabajo Ad Hoc de Acciones de Cooperación de Largo Plazo (AWG-LCA) y del Grupo de Trabajo Ad Hoc de Kyoto (AWG-KP), entre los años 2008 y 2009.

El BAP estableció cinco bloques de negociaciones para estructurar el proceso de cooperación a largo plazo, que son:

- Definición de una visión común de largo plazo sobre las acciones de cooperación que deben priorizarse internacionalmente con respecto al cambio climático;
- intensificación de las medidas de mitigación o abatimiento de las emisiones de GEI;
- fortalecimiento de las medidas de adaptación al cambio climático;
- incremento del desarrollo y transferencia de tecnologías que apoyen las medidas de mitigación y adaptación y;
- reforzamiento del apoyo financiero e inversiones para apoyar las medidas de mitigación y adaptación y cooperación técnica.

Uno de los temas cruciales de las negociaciones del AWG-LCA es establecer los compromisos cuantificados de reducción de emisiones de GEI de las Partes para después del año 2012, que es el año en que finaliza el primer periodo de cumplimiento del Protocolo de Kyoto.

Desde el principio, se produjo un enfrentamiento entre los países en desarrollo; representados por el G77+China, que enarbolan el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas como fundamento para no tomar obligaciones de reducción de emisiones de GEI cuantificadas, y algunas Partes Anexo I que exigen que los países en desarrollo, especialmente los grandes países en desarrollo emergentes, deben adoptar compromisos vinculantes de reducciones de emisiones después del año 2012.

Como ha sido habitual en las negociaciones de la Convención, el tema crítico es el financiamiento que requieren los países en desarrollo para establecer medidas y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, principalmente el origen de los fondos, los montos, plazos y formas de transferencia del financiamiento. Las Partes Anexo I han condicionado este aporte financiero a que los países en desarrollo adopten compromisos obligatorios o voluntarios de reducción de emisiones, lo que no es aceptado por estos últimos.

En el curso de las negociaciones, se encontró una fórmula que puede acercar las posiciones de los países desarrollados y en desarrollo, que consiste en que los países en desarrollo realicen esfuerzos voluntarios de reducción de emisiones de GEI en determinados sectores de sus economías, de acuerdo con sus circunstancias nacionales, que se denominan Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA, por su sigla en inglés).

Las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación de los países en desarrollo consisten en declaraciones escritas de actividades y medidas de políticas voluntarias y adicionales a lo que está ocurriendo en el presente en estos países, con el objetivo de reducir emisiones de GEI en los diversos sectores de la economía. Las NAMA deberían estar incorporadas en comunicaciones nacionales que, además contendrían inventarios nacionales de GEI, y que se inscribirían en un registro bajo la Convención, para permitir su revisión y evaluación.

Estas acciones deben ser medibles, reportables y verificables (MRV), para los efectos de evaluar las inversiones y los costos en que se incurra, así como los resultados alcanzados. Por su parte, los países desarrollados contribuyen con apoyo financiero y técnico a las NAMA que se inscriban en un registro especial de la Convención, y estos aportes también deberían ser mensurables, reportables y verificables.

Las principales discusiones se concentran en la definición más precisa de una NAMA; el nivel de compromiso nacional voluntario de aporte financiero y administrativo de los países en desarrollo; las modalidades y procedimientos de medición, documentación y verificación del

esfuerzo nacional y sus resultados en términos de reducción de emisiones con respecto a la tendencia de las emisiones sin que se adopte la NAMA; la proporción y montos de la contribución financiera y técnica de los países desarrollados a las NAMA, el acceso equitativo de los países en desarrollo a las fuentes de financiamiento y transferencia técnica para evitar discriminaciones; la posible participación de mecanismos de mercado en las reducciones certificadas de emisiones que pudieran derivarse de una NAMA, entre otros temas.

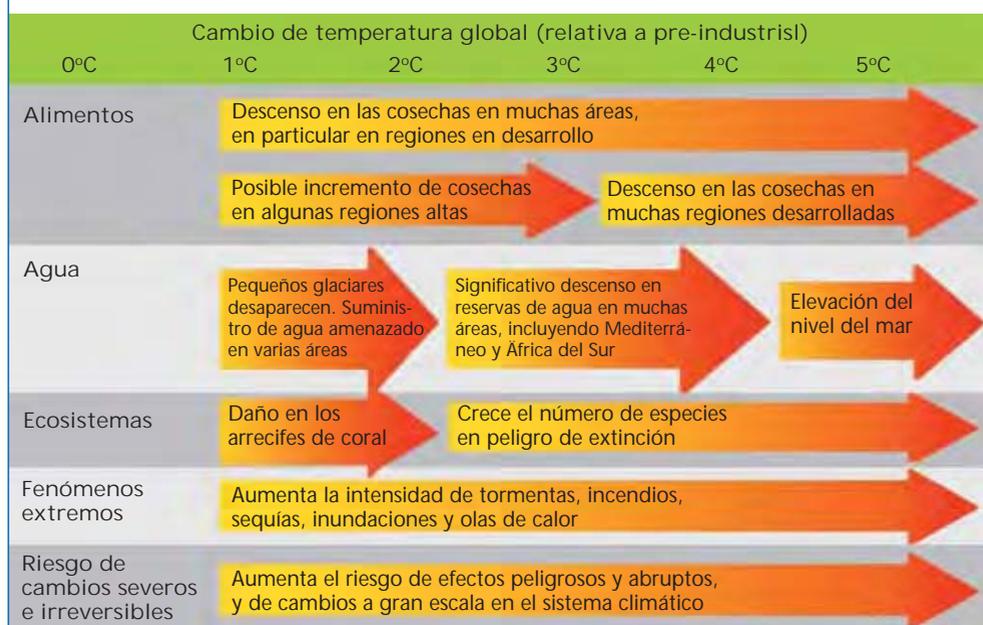
Las negociaciones en la COP 15, Copenhague, Dinamarca

A continuación se presenta un apretado resumen de los resultados alcanzados en las negociaciones de la Convención y del Protocolo de Kyoto en la COP 15 de Copenhague.



Como se ha indicado anteriormente, el tema central de la COP15 era encontrar una fórmula legalmente vinculante para reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) a niveles de entre 25% y 40% para el año 2020 con respecto a 1990, con el propósito de limitar el calentamiento global a no más de dos grados Celsius (2 °C) en el siglo 21, con base en las recomendaciones del cuarto informe del IPCC que proyecta aumentos de la temperatura promedio mundial de entre dos y cuatro grados Celsius, si continúa el ritmo actual de las emisiones de gases efecto invernadero a nivel mundial. Las razones de limitar calentamiento global a no más de dos grados Celsius (2 °C) en el siglo 21 pueden apreciarse en la figura 8.

Figura 8. Efectos del aumento de la temperatura mundial en diversos aspectos del sistema climático y la necesidad de que no supere los 2 °C en el siglo XXI



Entre los principales temas de negociación que concentraron la atención de la COP15, se destaca la definición de compromisos vinculantes de reducción de emisiones de cada uno de los países que forman parte de la Convención y, como se financiarán estos compromisos en los países en desarrollo, considerando el principio de las responsabilidades comunes, pero diferenciadas.

La mayoría de los medios de comunicación han destacado que la reunión de Copenhague fue un fracaso, marcado por las discrepancias entre Estados Unidos, China, India, Brasil y la Unión Europea, principalmente. También se han enfatizado las masivas manifestaciones en contra de esta falta de acuerdos, realizadas por numerosas organizaciones no gubernamentales ambientalistas.

Si bien es cierto que no se logró el objetivo de un compromiso obligatorio de reducir drásticamente las emisiones de las Partes Anexo I para después del año 2012, que es cuando finaliza el primer periodo de compromiso del Protocolo de Kyoto, numerosos países desarrollados y en desarrollo han declarado expresamente sus intenciones de reducir voluntaria y unilateralmente sus emisiones de GEI para el año 2020. Al respecto, la Secretaría de la Convención abrió un registro para inscribir oficialmente estos compromisos en el curso del año 2010. Cabe destacar que en la COP 15, la ministra de Medio Ambiente y jefa de la delegación chilena declaró que Chile está dispuesto a reducir sus emisiones de GEI en un 20% al año 2020, financiado significativamente con recursos nacionales.

En cuanto al financiamiento de la mitigación del cambio climático en los países en desarrollo, un número importante de países desarrollados ha declarado sus intenciones de aportar a un fondo mundial, estimado en cien mil millones de dólares anuales para el año 2020. Al respecto, Japón ha ofrecido US\$ 11 mil millones, la Unión Europea US\$ 10,6 mil millones y Estados Unidos US\$ 3,6 mil millones.

Con respecto a los resultados de los Grupo de Trabajo Ad Hoc de la Convención y del Protocolo de Kyoto, las negociaciones se concentraron en diversos aspectos y prosiguieron la elaboración de borradores de decisiones que, en la mayoría de los casos no alcanzaron consenso y deberán seguir siendo negociadas en el futuro próximo.

En el Grupo de Trabajo Ad Hoc de Acciones de Cooperación de Largo Plazo (AWG-LCA), realizadas dentro del ámbito de la Convención, se llegó a la redacción de 10 borradores de decisiones que, en todos los casos, aun contienen párrafos o secciones donde no se alcanzó consenso en las negociaciones, que son:

- a) Resultados del Grupo de Trabajo Ad Hoc de Acciones de Cooperación de Largo Plazo.
- b) Fortalecimiento de acciones de adaptación.

- c) Fortalecimiento de acciones sobre provisión de recursos financieros e inversiones.
- d) Fortalecimiento de acciones sobre desarrollo y transferencia tecnológica.
- e) Fortalecimiento de acciones sobre creación de capacidades.
- f) Acciones nacionales apropiadas de mitigación en países en desarrollo: mecanismo para constatar estas acciones y facilitar la provisión de fondos y su registro.
- g) Enfoques de política e incentivos positivos en temas relacionados con la reducción de emisiones de la deforestación y degradación forestal en países en desarrollo; y el rol de la conservación, manejo forestal sostenible e incremento de los depósitos de carbono forestal en países en desarrollo.
- h) Fortalecimiento de acciones nacionales e internacionales de mitigación: consecuencias económicas y sociales de las medidas de respuesta.
- i) Diversos enfoques, incluyendo oportunidades del uso del mercado, para aumentar la efectividad costo-beneficio en la promoción de acciones de mitigación.
- j) Enfoques de cooperación y acciones específicas en el sector agrícola.

Si bien es cierto que todavía quedan numerosos aspectos en que las Partes no han llegado a consenso, en las próximas reuniones de la Convención deberán alcanzarse los acuerdos necesarios para lograr reducciones substantivas de emisiones y el financiamiento necesario.

En el ámbito del sector silvoagropecuario, las negociaciones del AWG-LCA en la COP15 se concentraron en dos temas principales, relacionados con las emisiones por deforestación y con el sector agrícola.

Primero, incentivos positivos para la reducción de emisiones de la deforestación y degradación forestal, denominada REDD, en países en desarrollo, cuyo borrador de decisión corresponde al literal g) antes indicado.

El proceso de negociación de este tema en la Convención se inició en la COP 11; realizada en Montreal, Canadá; a instancias de una propuesta oficial de Papúa Nueva Guinea y Costa Rica, que reavivó la controversia que se suscitó sobre el tratamiento de la captura de carbono en los bosques durante la negociación del Protocolo de Kyoto, especialmente en el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

La razón principal para iniciar el proceso de considerar la deforestación y degradación de bosques en los países en desarrollo como un tema relevante en la Convención, radica en que las estimaciones del IPCC indican que generan aproximadamente el 15% al 20% de las emisiones mundiales de GEI y, consecuentemente, enfrentar en forma decidida el tema podía

contribuir sustancialmente a reducir las emisiones globales. Las principales emisiones de GEI resultantes de la deforestación y degradación de bosques se ubican en países en desarrollo de Latinoamérica, Asia y África.

Cabe destacar que la deforestación y la degradación, especialmente de los bosques naturales tropicales y subtropicales, es ocasionada, principalmente, por la expansión de la frontera agrícola para la habilitación de terrenos para fines agrícolas y ganaderos, cortas ilegales de madera, obras de infraestructura y urbanización. A su vez, las legislaciones forestales, así como la institucionalidad forestal de muchos países en desarrollo, suele ser insuficiente para enfrentar este problema.

En sucesivas sesiones de negociaciones a partir del Plan de Acción de Bali, se incorporó en REDD el rol de la conservación, manejo forestal sostenible e incremento de los depósitos de carbono forestal bajo el mismo concepto, con lo cual pasó a llamarse REDD plus o REDD+.

En general, los negociadores están de acuerdo en que existe una gran diversidad de situaciones en el sector forestal entre los países en desarrollo para iniciar actividades para implementar REDD, por lo que se reconoce que son necesarias tres etapas para alcanzar resultados medibles, reportables y verificables.

La primera etapa es de preparación y corresponde a la formulación y desarrollo de políticas y estrategias nacionales y planes de acción, incluyendo el fortalecimiento institucional forestal y desarrollo de capacidades técnicas y administrativas. La segunda fase consiste en la implementación de las políticas y estrategias definidas en la primera etapa, que podrá requerir de mayor desarrollo de capacidades en la institucionalidad forestal, junto con transferencia tecnológica y acciones demostrativas con base en resultados. La tercera etapa está constituida por la implementación de las actividades previamente indicadas, mediante la aplicación de los planes, programas y acciones medibles, reportables y verificables.

El borrador de decisión no alcanzó consenso en la COP 15, principalmente porque existen dos posiciones opuestas sobre los tópicos relacionados con la base de referencia y el financiamiento de los incentivos positivos para REDD+.

La base de referencia, también denominada línea base, consiste en la estimación de la tendencia de las emisiones de GEI que se generan por la deforestación y degradación forestal en un país en desarrollo, expresada en emisiones de GEI, que con alta probabilidad ocurriría en el futuro si no se toman medidas de política y otras acciones para reducir esta tendencia. Esta tendencia puede estar basada en un año o en varios años, dependiendo de la capacidad institucional forestal y la disponibilidad de información nacional transparente y verificable.

La base de referencia puede establecerse a nivel nacional, esto es en todo el país, o en áreas subnacionales determinadas que pueden ser zonas con límites físicos o administrativos, según las circunstancias socioeconómicas y ambientales de un país en desarrollo.

Este tema ha sido uno de los temas más difíciles en la negociación de REDD+. Numerosos países exigen que la base de referencia sea únicamente a nivel nacional, esto es que abarque toda la superficie de bosques del país, argumentando que solo así se logran compromisos nacionales de cada país en desarrollo y se reducen o eliminan las fugas internas. En cambio, otro grupo de países sostiene que en muchos casos no se cuenta con suficiente información sobre el estado actual de los procesos de deforestación y degradación de bosque a nivel nacional, por lo que es conveniente comenzar con bases de referencia subnacionales.

Por su parte, el tema del financiamiento para los incentivos positivos que obtendrían los países en desarrollo por sus esfuerzos de reducir emisiones de GEI de la deforestación y degradación forestal es fue otro de los temas más difíciles de negociar en Copenhague, además de estar muy ligado a la discusión sobre si la base de referencia debe ser exclusivamente nacional o incluir niveles subnacionales. En las negociaciones del AWG-LCA se barajan varias alternativas para incentivar las actividades de REDD+ en los países en desarrollo.

Para la fase preparatoria se proponen varios fondos que se alimentan de diferentes fuentes, tales como el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y aquellos que pueda gestionar la COP.

Para la segunda y tercera fases de implementación de REDD+, incluyendo acciones tempranas, se proponen tres grandes alternativas de financiamiento, que serían las siguientes:

- Varios fondos administrados por la COP y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial.
- Acceso al mercado del carbono mediante créditos por reducción de emisiones por deforestación y degradación, incluyendo la conservación, el manejo forestal sostenible y el aumento del stock de carbono en bosques existentes.
- Una combinación de fondos y el mercado.

En estas circunstancias el borrador de decisión sobre REDD+ elaborado en el AWG-LCA en la COP 15 deberá seguir siendo negociado en la COP 16, a realizarse en México, en noviembre de 2010 o en subsiguientes reuniones.

Paralelamente, durante la COP 15 también se realizaron reuniones de negociación del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (SBSTA) sobre aspectos metodológicos para la implementación de REDD+ en los países en desarrollo, que terminaron produciendo

un borrador de decisión, denominado “Orientación metodológica para actividades relacionadas con la reducción de emisiones de deforestación y degradación forestal y el rol de la conservación, manejo forestal sostenible y aumento de los depósitos de carbono forestal en países en desarrollo”.

Este borrador de decisión de SBSTA contiene recomendaciones sobre aspectos relacionados con la base de referencia; el monitoreo y medición de emisiones de GEI o absorción de carbono; la capacidad de la institucionalidad forestal de los países en desarrollo; incentivos positivos para los países en desarrollo que implementen acciones de REDD+; la participación de los pueblos indígenas y comunidades locales y el resguardo de la biodiversidad.

En el tema de la base de referencia, este borrador de decisión terminó por incluir un párrafo que establece que “los países en desarrollo deben establecer, de acuerdo con sus circunstancias nacionales y capacidades, sistemas nacionales de monitoreo forestal fuertes y transparentes y, si es apropiado, sistemas subnacionales como parte del sistema nacional”. Por ahora, este borrador de decisión deja abierta la posibilidad de desarrollar proyectos subnacionales.

En cambio, en el mismo borrador de discusión no se menciona la posibilidad de considerar al mercado del carbono como fuente de financiamiento para actividades REDD+ en los países en desarrollo, ya que no se alcanzó el consenso necesario.

El segundo borrador de decisión relacionado con el sector silvoagropecuario, se refiere a enfoques sobre la cooperación y acciones específicas en el sector agrícola, correspondiente al literal antes indicado, las discusiones estuvieron dedicadas a como se puede mejorar la eficiencia y la productividad de la producción agrícola en forma sostenible, teniendo en cuenta las relaciones entre la agricultura y la seguridad alimentaria.

El punto crítico de la negociación consistió en el tratamiento que debe dar la cooperación internacional a prácticas y medidas arbitrarias que restrinjan el comercio internacional de productos agrícolas, tema en el cual no se llegó a un consenso.

En cambio, hubo acuerdo en promover la cooperación en la investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropogénicas de GEI, junto con apoyar técnicas que ayuden a la adaptación al cambio climático, con el fin de contribuir a la seguridad alimentaria en el mundo.

Por su parte, en el Grupo de Trabajo Ad Hoc sobre futuros compromisos de las Partes Anexo I del Protocolo de Kyoto, se alcanzó a la redacción de seis borradores de decisiones que, en prácticamente todos los casos, aun contienen párrafos o secciones donde no se logró consenso en las negociaciones, que son los siguientes:

- a) Modificaciones al Protocolo de Kyoto, en el artículo 3, párrafo 9, que define los compromisos de reducción de emisiones de las Partes Anexo I después del año 2012.
- b) Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal (LULUCF).
- c) Comercio de emisiones y los mecanismos basados en proyectos.
- d) Sistema métrico común para calcular las emisiones en dióxido de carbono equivalente de los gases efecto invernadero, según sectores y categorías de fuentes.
- e) Características de la información sobre potenciales efectos ambientales, económicos y sociales de las medidas, políticas y herramientas, incluyendo efectos de derrame.
- f) Aplicación de la decisión 14/CP.7, relacionada con las emisiones producidas por instalaciones industriales específicas durante el primer período de compromiso.

En lo que se refiere al sector silvoagropecuario, las negociaciones del AWG-PK en la COP 15 se concentraron en el tratamiento del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal para las Partes Anexo I en el Protocolo de Kyoto y sus mecanismos flexibles. El borrador de decisión está constituido por el texto mismo de la decisión y un Anexo que contiene definiciones, modalidades y normas sobre numerosos temas de gran importancia relacionadas con el tratamiento de las emisiones de GEI y las absorciones de carbono en variados casos del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal. En algunos temas hubo consenso pero, en muchos casos, no se alcanzó acuerdo. Algunos de estos temas se identifican a continuación.

En el texto del borrador de decisión, se solicita a SBSTA que inicie un programa de trabajo para explorar formas más detalladas de contabilizar las emisiones antropogénicas por las fuentes y las absorciones por los sumideros en el sector LULUCF, mediante un enfoque más inclusivo de actividades y un enfoque basado en el uso de la tierra, informando a la COP/MOP 7, en 2011. Esto significa que se profundiza la tendencia de hacer un seguimiento de las emisiones y absorciones que ocurren en el tiempo en un determinado pedazo de terreno, considerando que ocurre un cambio de uso de la tierra o que se mantiene el uso actual. Por ejemplo, si un terreno forestal es habilitado para agricultura, no solo se contabilizarán las emisiones por la corta de los árboles, sino que tendrán seguir contabilizando las emisiones del uso agrícola, tales como aquellas derivadas de la fertilización nitrogenada y otras.

También se recomienda en el texto de la decisión que SBSTA realice un plan de trabajo que considere y, eventualmente, desarrolle y recomiende modalidades y procedimientos para incluir nuevas actividades LULUCF en el Mecanismo de Desarrollo Limpio, tales como revegetación, manejo forestal, manejo agrícola, manejo del carbono del suelo en la agricultura, manejo de pastizales, manejo de humedales y otras actividades de manejo sostenible de la tierra. SBSTA enviaría un borrador de decisión sobre este tema a la COP/MOP 7, en 2011.



GUILLERMO FEUERHAKE

De igual forma, en el texto de la decisión se recomienda a SBSTA que inicie un plan de trabajo que considere y, si corresponde, desarrolle y recomiende modalidades y procedimientos sobre enfoques alternativos para abordar el riesgo de la no permanencia de las absorciones de carbono en el Mecanismo de Desarrollo Limpio, por ejemplo, como responsabilizarse por las reversión de las capturas de carbono mediante seguros, buffer o fondos de reserva de créditos; excepciones para actividades de bajo riesgo y la aplicación de factores de descuento sobre el total de las absorciones alcanzadas por los proyectos. SBSTA enviaría un borrador de decisión sobre este tema a la COP/MOP 6, en 2010.

De la misma manera, en el texto de la decisión se invita al IPCC que revise y desarrolle, si es necesario, metodologías suplementarias para estimar las emisiones antropogénicas por las fuentes y las absorciones por los sumideros en el sector LULUCF a que se refiere el Anexo de esta decisión, sobre la base de las Orientaciones de Buenas Prácticas para el Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Forestal del IPCC, aprobadas por la COP.

El Anexo al borrador de decisión contiene dos opciones globales, que incluyen numerosas propuestas relacionadas con definiciones, modalidades y normas sobre LULUCF, de las cuales las más significativas son las siguientes.

Sin que se haya alcanzado acuerdo, se propuso incluir la definición del concepto de “fuerza mayor”, que consiste en sucesos o circunstancias extraordinarios cuya ocurrencia y severidad están fuera del control y no están materialmente influenciadas por una Parte. Algunos

ejemplos serían la irrupción de plagas forestales incontrolables, grandes incendios rurales no provocados por la acción humana, inundaciones, deslizamientos de tierras y otros. El objetivo de incorporar este concepto está relacionado con la cada vez más frecuente ocurrencia de estos fenómenos en las tierras de uso silvoagropecuario de las Partes Anexo I, que provocan grandes variaciones en las emisiones de GEI en un periodo dado. La aplicación práctica de la propuesta es no incluir las emisiones extraordinarias provocadas por una fuerza mayor en el inventario nacional de GEI del año o lapso en que esta ocurra, posponiendo su contabilidad hasta que las existencias de carbono comprometidas se hayan recuperado, teniendo en cuenta que no se ha producido un cambio de uso de la tierra en los terrenos afectados.

En el caso de la contabilidad de las emisiones antropogénicas por las fuentes y las absorciones por los sumideros del manejo forestal se barajan dos opciones. La primera consiste en mantener los topes o límites establecidos para el primer período de compromiso, que se encuentran en un apéndice del anexo al borrador de decisión. La segunda opción incorpora el concepto de “niveles de referencia”, que consisten en una forma de evitar variaciones bruscas de las emisiones y las absorciones en determinados años venideros, ocasionadas por eventos naturales extremos, tomando como base de comparación la tendencia observada en un período anterior. No se alcanzó acuerdo en esta materia y la discusión deberá proseguir en adelante.

En el segundo periodo de cumplimiento, hubo acuerdo que en el Mecanismo de Desarrollo Limpio solo serán elegibles las actividades de proyectos de forestación y reforestación, para los efectos de contabilizar absorciones de carbono por los sumideros. No obstante, podrán considerarse enfoques alternativos para abordar el riesgo de la no permanencia de acuerdo con futuras decisiones de la COP/MOP.

Con respecto a los productos forestales cosechados (HWP, por su sigla en inglés), que corresponden al depósito de carbono en la madera que se mantiene sin emitirse por oxidación por un tiempo después de la cosecha, tampoco se alcanzó llegar a un acuerdo en la COP 15. Para los efectos de los inventarios nacionales de GEI, en la cosecha de un bosque se considera que todo el carbono absorbido en la vegetación y la madera se emite instantáneamente por oxidación. La propuesta en discusión consiste en que la estimación de las emisiones provenientes de los HWP ocurre con posterioridad y según el tipo de producto, utilizando la definición y clasificación de los HWP establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). De esta forma, la contabilidad de las emisiones de los productos forestales cosechados se hará sobre la base de factores por defecto, diferenciados según se trate de productos de consumo doméstico o para exportación.

Capítulo III

Cambio climático y el sistema silvoagropecuario chileno



"THE GATEWAY TO ASTRONAUT PHOTOGRAPHY OF EARTH", NASA

La fotografía muestra parte de la VII Región del Maule, Chile (Sagrada Familia, Río Lontué). El calentamiento global y la disminución de lluvias harán más probables los incendios, lo que a su vez contribuye a la emisión de CO₂ y aumento de la temperatura local.

CAPÍTULO III.

Cambio Climático y el sistema silvoagropecuario chileno

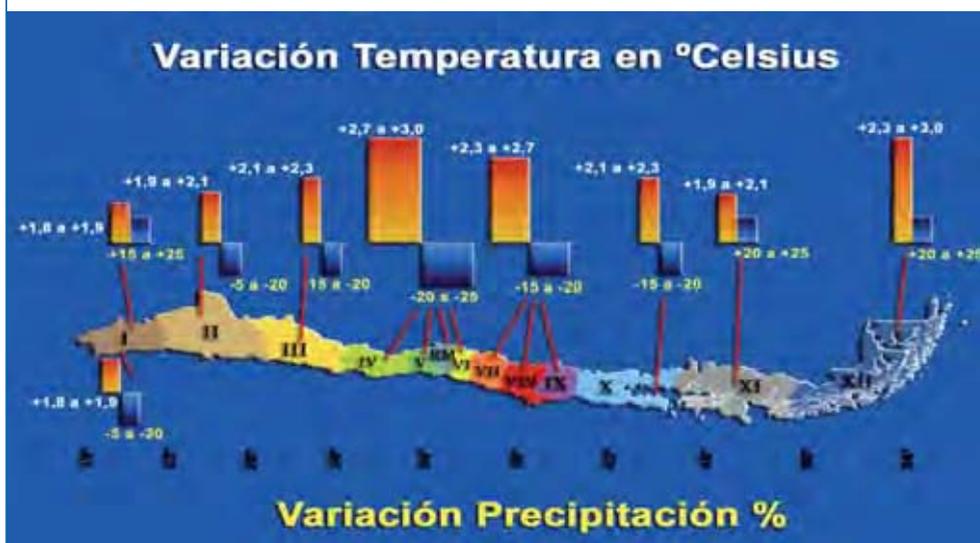
De acuerdo a las últimas proyecciones científicas y la opinión generalizada de la comunidad académica, se puede afirmar con muy alta probabilidad que el cambio climático afectará al país. La forma cómo se registrará este fenómeno aún no es del todo cierta, sin embargo muchos consideran que este impacto dependerá de varios factores simultáneos: la intensidad del fenómeno climático por una parte, y de la forma en que el país esté o no preparado para hacerle frente por otra parte.

En lo que existe consenso es en que los nuevos escenarios climáticos afectarán de diferente forma e intensidad a las regiones agrícolas de Chile, dependiendo de las características ambientales, sociales, tecnológicas y económicas de cada zona geográfica y climática.

Hacia el año 2040, se pronostica que la temperatura superficial se elevará en todo el país, con magnitudes de entre 2 °C a 3 °C, dependiendo de la latitud. La mayor intensificación del aumento de temperatura se daría entre las regiones de Coquimbo y O'Higgins, con un aumento de entre 2,7 °C y 3 °C, mientras que en las mismas regiones, la disminución de las lluvias podría llegar a reducirse entre -20% a -25%. En general, se observa una gradiente de aumento de la temperatura y disminución de la lluvia desde la Región de Arica y Parinacota por el norte hacia el centro del país, entre las regiones de Coquimbo y O'Higgins, desde donde la gradiente tiende a reducirse hacia el sur.

Existen algunas diferencias en los patrones de aumento del calor y disminución de las lluvias anuales. En el altiplano de la Región de Arica y Parinacota los modelos predicen que la precipitación podría aumentar entre 15% a 25%, mientras que en la costa podría reducirse entre -5% a -20%. Por su parte, en el extremo sur del país, las precipitaciones podrían aumentar entre 20% a 25%, con una distribución geográfica variable.

Figura 9. Diagrama de los cambios en la temperatura y pluviometría de Chile proyectada al año 2040, con datos de Agrimed, basado en la Primera Comunicación de Chile.



Para entender de mejor manera el impacto del fenómeno en la agricultura, los investigadores han introducido a la discusión el concepto de vulnerabilidad. La vulnerabilidad es, en resumen, el grado de impacto que tendrá el cambio climático sobre diversos sistemas humanos, productivos, económicos y ambientales del país.

Hoy en día, los investigadores están desarrollando distintos estudios y proyectos en forma simultánea, con el objetivo de determinar el grado de vulnerabilidad que presentará el país cuando el fenómeno se exprese en toda su magnitud. Algunos de estos estudios y proyectos están tratando de determinar, por ejemplo, en qué medida se generará una resistencia a los efectos adversos del cambio climático o en qué otra se absorberán las nuevas variables. También se trata de prever de qué manera impactará a las poblaciones de seres humanos sometidas a estos efectos inéditos en la historia climática del planeta.

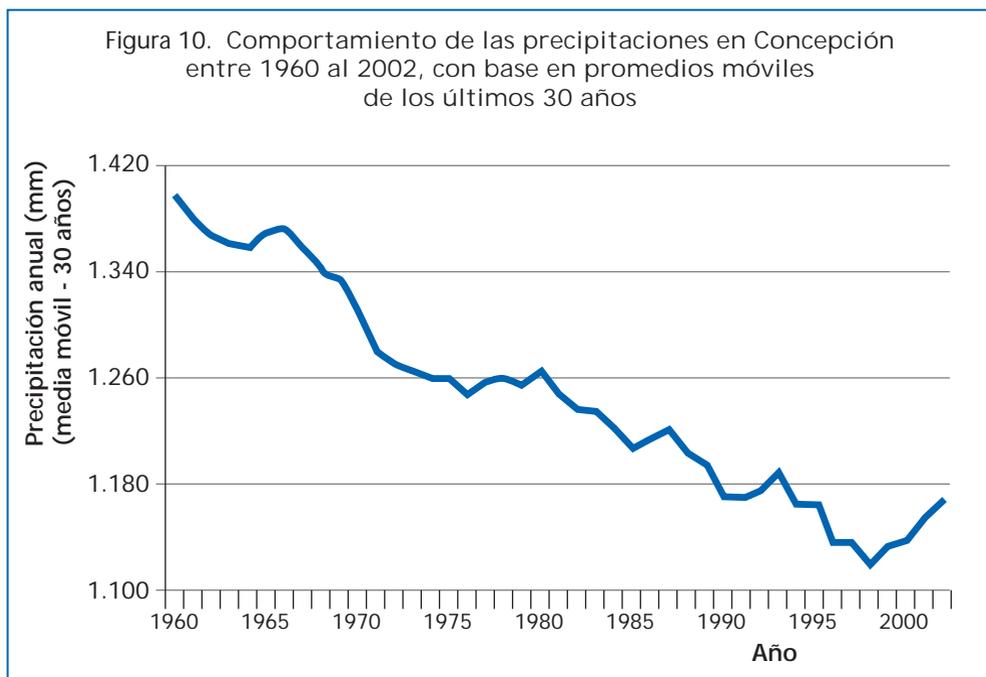
Incluso, ya existen iniciativas que están investigando cómo afectaría el cambio climático a la disponibilidad de agua de riego para las especies frutícolas que se cultivan de manera tradicional en ciertas regiones del país, el impacto sobre las exportaciones y los requerimientos de capacitación que demandará la mano de obra productiva para enfrentar y manejar el fenómeno.

Impacto sobre la disponibilidad de agua

Uno de los primeros efectos que se ha estudiado es el efecto que el fenómeno provocaría sobre la disponibilidad de agua. Se sabe que en Chile las precipitaciones experimentan un aumento gradual de norte a sur, en la medida que la influencia anticiclónica propia del desierto se va debilitando. Esto hace que las zonas agroclimáticas se vayan gradualmente haciendo más húmedas y menos variables desde el desierto en el norte hasta las zonas costeras patagónicas del sur.

Sin embargo, desde que comenzaron las mediciones de las variables del tiempo a principios del siglo XX, se ha registrado que el régimen pluviométrico de la mayor parte del territorio chileno muestra una tendencia decreciente. Esto significa que, de acuerdo a los pronósticos basados en datos estadísticos históricos, existe una probabilidad importante de que la zona Norte y Central del país sufran una disminución de sus recursos hídricos, poniendo a la agricultura en una situación de vulnerabilidad.

Por ejemplo, de acuerdo a registros científicos se sabe cómo ha disminuido progresivamente la cantidad de lluvia en La Serena en los últimos años, pasando de promedios cercanos a los 150 mm anuales a 80 mm anuales. Situación parecida se ha observado en Concepción.



También es un hecho que los registros pluviométricos anuales de fines del siglo XX y comienzos del siglo XXI, de la zona comprendida entre Coquimbo y Valdivia, se han reducido entre

un 20% a un 30% con respecto a los existentes a principios del siglo XX, provocando un desplazamiento de las isoyetas, que son las líneas de iguales precipitaciones en una zona geográfica, hacia el sur a una tasa de 0.3 a 0.4 km por año.

Por otra parte, el volumen total de agua utilizada en el riego actual es del orden de 14 mil millones de m³ por año en Chile, que corresponde a unas 14 veces la capacidad de embalse del sistema Paloma-Recoleta-Cogotí, en la Región de Coquimbo.

Para sostener el crecimiento natural de los sistemas agrícolas productivos de manera adecuada, la necesidad de agua de riego crecerá en unos 4 mil millones de m³ adicionales en los próximos 40 años, alcanzando un total de 18 mil millones de m³ por año. Será entonces necesario desplegar grandes esfuerzos e inversiones a lo largo de todo el país para compatibilizar la menor cantidad de lluvia caída con la mayor necesidad de recursos hídricos para sostener la economía agrícola en forma productiva. Por ejemplo, se estima que a mediano plazo la capacidad de embalse del país debería crecer en alrededor de 50% para enfrentar adecuadamente la disminución del régimen pluviométrico y los impactos de sequías más frecuentes.



Riesgos agrometeorológicos

Se denominan riesgos agrometeorológicos a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos imprevistos o poco usuales, que afectan negativamente el rendimiento de los cultivos.

Riesgo de sequía

En general, en la zona central aumentarán los riesgos de sequía. En la zona sur, para las siembras de invierno, el riesgo tiende a mantenerse o disminuir levemente, debido a que en esta zona sólo disminuirán las precipitaciones de primavera y verano. Además, producto del alza en las temperaturas, se acortarán los ciclos de vida de estos cultivos, disminuyendo la exposición a los meses de primavera y verano.



TOMAS CASTELAZO

Riesgo de heladas

Los riesgos de helada varían considerablemente en los nuevos escenarios climáticos. Se proyecta una sensible disminución en todas las fechas de siembra, la cual se va atenuando hacia el sur. Como consecuencia de la disminución del número e intensidad de las heladas, el trigo y las papas registran disminuciones considerables de riesgo en todas las fechas de siembra, aun en la zona Sur. En muchas localidades, el riesgo de heladas para estas especies tiende a desaparecer para todas las fechas de siembra en el escenario al año 2070. El maíz, que es más sensible a las heladas, atenúa igualmente sus niveles de riesgo pero de una forma más moderada.



Riesgo de llluvias dañinas

Este riesgo está referido a precipitaciones superiores a 10 mm/día en períodos críticos, como la siembra, floración y cosecha. En general, el riesgo de llluvias dañinas es bajo en Chile, especialmente en las siembras de primavera y verano. En los nuevos escenarios climáticos, se proyecta una disminución de este riesgo, como consecuencia de la declinación pluviométrica, lo que es más notable en la zona centro norte y se atenúa en cierto grado hacia el sur. Las siembras de otoño son la que exhiben los mayores riesgos debido a que la floración tiende a ocurrir dentro del período de llluvias. En el centro norte estos riesgos se mantienen por debajo de 0.15 y tienden a duplicarse en el sur del país. En la mayoría de los casos, existe un riesgo próximo o igual a cero para las siembras de primavera.



IMALENE THYSSEN

Vulnerabilidad agrícola

Uno de los impactos más intensos del cambio climático lo sentirá el sistema productivo agrícola. En general, la vulnerabilidad depende del grado de tecnificación de los rubros productivos. Mientras más tecnificados menor impacto, pues contarán con mayor capital y mayor capacidad de absorber los cambios, así como de desarrollar mejor infraestructura de riego. Los más afectados, por ende, serían los pequeños agricultores y aquellos que aún subsisten en rubros precarios y con muy poca capacidad tecnológica.

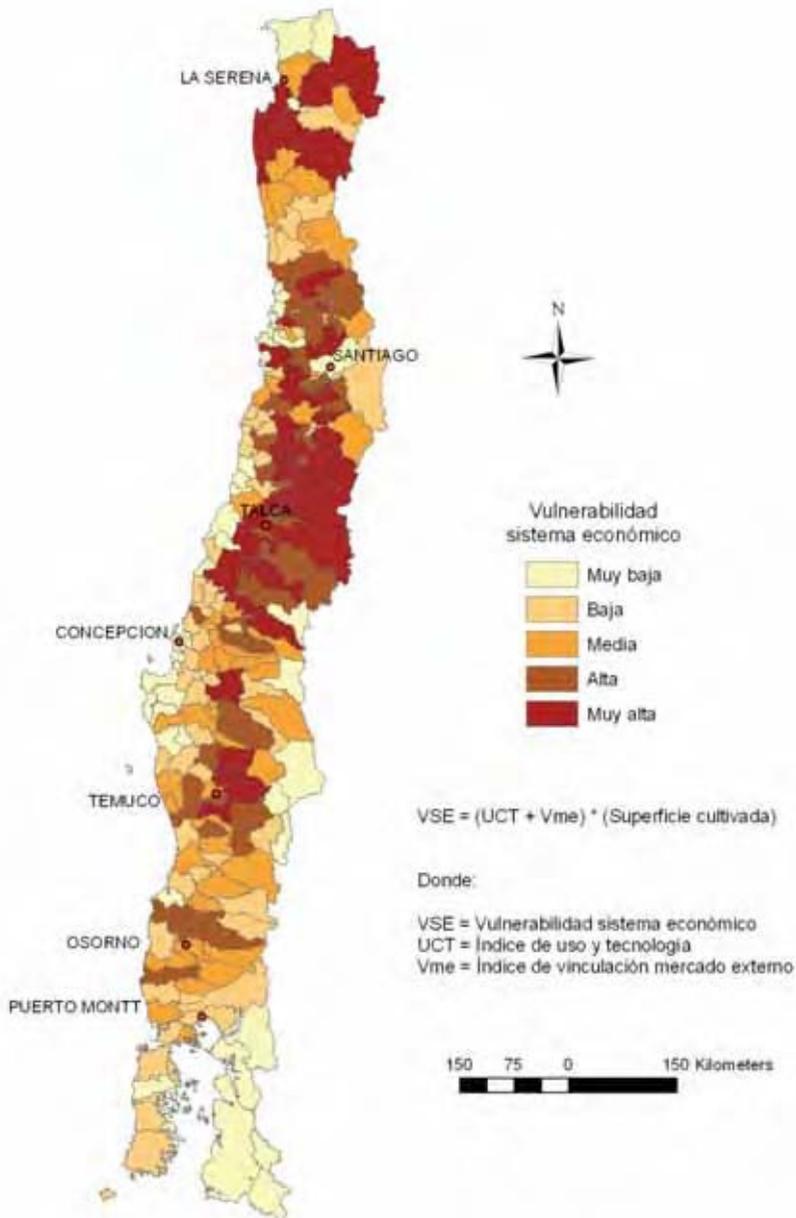
Por ello, se proyecta que la vulnerabilidad será mayor en los sectores con alta presencia de cultivos anuales, como es el caso de los valles transversales de la Región de Coquimbo y el Valle Central a partir de la Región del Maule al Sur. En las regiones de Los Ríos y Los Lagos, la vulnerabilidad se relacionará más bien con la falta de infraestructura de riego. Las regiones centrales, con predominio frutícola, presentarían menores índices de vulnerabilidad. En los sectores costeros, con características más forestales, la vulnerabilidad será baja debido a la menor presencia de agricultura.

En el plano social, se proyecta que existirá mayor vulnerabilidad en aquellos sectores donde hay mayor concentración de agricultura tradicional y de población con bajo índice de desarrollo humano. De acuerdo con este criterio, las zonas más vulnerables serían las regiones de Coquimbo, Del Maule y La Araucanía.

En la Región de Valparaíso y Metropolitana, el 85% de la población habita en comunas que muestran un índice de desarrollo humano alto o muy alto, razón por la cual la vulnerabilidad sería media o baja, a pesar de coexistir con extensas zonas agrícolas. Desde la Región de O'Higgins hacia el sur, aparecen comunas con alta vulnerabilidad social debido a tres factores, que son bajo desarrollo humano, alta ruralidad y grandes superficies cultivadas.

En el caso del índice de vulnerabilidad económica, la agricultura más tecnificada y rentable del Valle Central sería la que presenta mayores índices de vulnerabilidad, por cuanto las pérdidas que están en juego pueden ser de mayor magnitud, especialmente en el caso de los productos de exportación.

Figura 11. Vulnerabilidad del sistema económico agrícola por comunas, entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos.



Impactos esperados sobre los principales cultivos agrícolas chilenos

Como base de esta proyección, se empleará el documento “Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de cambio climático”, que fue elaborado por el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, en 2008.

Las estimaciones fueron hechas a partir de los impactos productivos esperados del cambio climático en Chile para mediados del siglo XXI (años 2040 y 2070), considerando dos escenarios probables: A2 y B2, previstos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático y la comparación con el clima actual.

El escenario B2 corresponde a un escenario más benigno, donde el dióxido de carbono en la atmósfera aumenta en forma sostenida pero no muy acentuadamente y se considera que este escenario es el más moderado y optimista. En cambio, en el escenario A2 las concentraciones atmosféricas de CO₂ tienen un crecimiento acelerado, reforzando aún más el efecto invernadero en el planeta. Este escenario es el más pesimista y anticipa los efectos más graves del cambio climático sobre el planeta y sobre Chile específicamente.

De acuerdo con el documento, en el futuro la agricultura deberá competir fuertemente por los recursos naturales básicos de suelo y agua con otros sectores de la economía. Las reservas de nieve y hielo de las regiones de altura jugarán un rol estratégico, pues el calentamiento global amenazará con reducir significativamente estas reservas, constituyendo un factor de riesgo en regiones donde la agricultura tiene fuerte dependencia de las aguas superficiales.

Chile se ubica en una región donde los efectos adversos del cambio climático podrían ocasionar una disminución de la pluviometría anual e, incluso, en su distribución estacional. Esto se debería al reforzamiento de la actividad anticiclónica, dificultando la llegada de los frentes de precipitación en la zona central del país. Este hecho, junto al aumento de entre unos 2 a 4 °C de la temperatura media para mediados del siglo XXI, podría desplazar las actuales zonas climáticas hacia el sur. No obstante, los cambios podrán ser negativos o positivos para la agricultura, dependiendo de la región.

Junto con el aumento de la temperatura promedio, se prevé la atenuación del régimen de heladas, lo que permitiría adelantar en varios meses la fecha de siembra de los cultivos de verano, permitiendo aprovechar parcialmente las precipitaciones invernales. Los frutales podrían extender su área de cultivo hacia las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Las especies subtropicales podrían mejorar sensiblemente su potencial productivo en casi todas las regiones. El bosque plantado de pino ampliaría su zona de producción hacia la

Región de Los Lagos, mientras que por el contrario, en la zona Central hasta la Región del Maule, el potencial productivo de la especie podría deteriorarse.

En varios casos, los nuevos escenarios climáticos desplazarán los períodos de siembra, debido a que el incremento de las temperaturas invernales permitirá adelantar las siembras de los cultivos de verano, situación que podrá ser aprovechada sólo en la medida de que la humedad del suelo a salidas de invierno lo permita.

A continuación, se presenta un resumen de los impactos que tendría el cambio climático en los principales cultivos silvoagropecuarios de Chile en función del escenario A2 para los años lindantes con 2040 y 2070.

Trigo

El aumento de las temperaturas provocará una aceleración del ciclo de vida, reduciendo los rendimientos de esta especie. Esto afectará especialmente a las zonas costeras y precordilleranas, que perderán sus excepcionales potenciales actuales, asimilándose con la situación del Valle Central. En toda la costa, hasta la Región de Los Ríos, se esperan disminuciones en promedio entre -5 y -10% de rendimiento potencial en el escenario A2 2040. Desde Los Lagos al sur, el aumento de las temperaturas invernales afectará poco el potencial productivo, factor que domina sobre cualquier efecto negativo que pudiera provenir de los cambios en el régimen pluviométrico.

Bajo los nuevos escenarios, la región norte no presentará cambios notables en las fechas de siembra. Entre las regiones de O'Higgins y La Araucanía, en la costa y precordillera las mejores condiciones térmicas invernales harán de las siembras de otoño la opción más productiva. En la Región de Los Ríos, las siembras de primavera continuarán teniendo ventajas sobre las de



otoño, salvo en el escenario A2 2070 donde las mejores condiciones podrían desplazarse al otoño. En la Región de Los Lagos, las siembras de primavera continuarán teniendo ventajas sobre las de otoño.

En ciertos casos, entre Rancagua y Temuco por la costa y precordillera, los requerimientos de riego pueden llegar a disminuir hasta en -75% cuando las siembras de otoño reemplazan a las de primavera. Este cambio en la fecha de siembra permitirá aprovechar de mejor manera las precipitaciones invernales, rebajando de esta manera los requerimientos de riego. De Temuco al sur es probable un claro aumento en las necesidades de riego de +50% aproximadamente.

En el escenario A2 2040, los rendimientos del trigo en secano disminuirán en todo el norte y centro del país debido a la mayor incidencia de sequías. A partir de la precordillera de la Región del Biobío hacia el sur, en todas las zonas se observará un aumento gradual en los rendimientos debido a que las temperaturas mínimas serán más elevadas. Este efecto positivo del aumento en las temperaturas, superará el efecto negativo que provoca la disminución de la precipitación. Los incrementos en el rendimiento podrían llegar al orden del +30 %, incluso al +100% en algunos sectores de la precordillera de las regiones de Los Ríos y Los Lagos.

Maíz

El potencial de producción de este cultivo variaría considerablemente en el escenario A2 2040 con respecto a la situación actual. En la zona norte del país disminuirían los rendimientos en hasta un -10% en promedio. Desde la Región de Coquimbo hasta la del Biobío, se produciría una disminución en los rendimientos en todo el Valle Central en un rango que varía entre



-10% y -20%. Inversamente, en la costa y precordillera se observaría un aumento en los rendimientos que podrían llegar hasta un +50%.

Desde la Araucanía al sur, los rendimientos aumentarían hasta situarse en una franja de +60% a +200% de incremento. En el extremo austral, los rendimientos tenderán a mantenerse estables, debido a las compensaciones de efectos positivos por mayor temperatura y negativos por mayor precipitación.

En la zona norte y central las fechas óptimas de siembra se adelantarán de primavera a invierno, debido a temperaturas invernales más elevadas, en la medida de que el suelo pueda ser labrado por sus condiciones de humedad. Desde la Región de O'Higgins hacia el sur, las fechas de siembra se mantendrán invariables.

Papas

En promedio, la zona norte presentará una reducción en los rendimientos entre -10% y -20% como consecuencia del alza en las temperaturas. En la zona centro norte hasta la Región de O'Higgins se observarán disminuciones en los rendimientos en hasta un -30%. Más al sur, entre Talca y Temuco, se prolongará esta situación pero sólo en el Valle Central, mientras que en la costa y precordillera se esperan aumentos en los rendimientos en hasta +50%.



Desde la Araucanía al sur, se prevé que aumentará el rendimiento hasta llegar a incrementos de entre +150% y +200% en la Región de Los Lagos. En la zona central y sur, las siembras óptimas tenderán a mantenerse en primavera o a adelantarse a los meses de invierno.

En general, especialmente en la zona central, se mantendrán las bajas productividades de la papa de secano. Los aumentos se producirían en la costa de la Región del Biobío y desde Valdivia hasta Coyhaique que podrían alcanzar en promedio hasta +100%.

En la zona central, el periodo de siembra se mantendrá, mientras que en algunas localidades de la costa y precordillera del la zona centro sur, estos podrían cambiar de verano a primavera como consecuencia del alza de las temperaturas primaverales.

Porotos

En los valles de la Región de Arica y Parinacota se prevén disminuciones de rendimiento entre -10% y -30%. Se mantienen los rendimientos potenciales para toda la zona centro y centro sur del país. Desde la Región de La Araucanía hacia el sur, aumentará la productividad entre +10% y +20 %, llegando



hasta +100% en la Región de Los Lagos. En general, los rendimientos a futuro tenderán a mantenerse muy parejos en toda la zona central y centro sur del país, en torno a las 4,5 toneladas por hectárea al año.

En la mayoría de las comunas se mantendrán las fechas de siembra, salvo entre las regiones de Coquimbo y Metropolitana, donde habrá cambios hacia los meses de invierno. Por su parte, los requerimientos de riego en este cultivo tenderán a aumentar en más de 20% desde la Región del Biobío al sur.

En general, se mantendrán los bajos rendimientos del poroto de secano. En cambio, se producirán aumentos en la costa de la zona centro sur y desde Valdivia hasta Coyhaique. En la zona central se mantendrán las fechas de siembra. En algunas localidades de la costa y precordillera del la zona sur las siembras cambiarán de octubre a septiembre.

Remolacha

En toda la costa, desde la zona norte hasta la Región del Maule, se esperan disminuciones entre -5% y -10%. En la Región de Los Ríos por la costa, aumentará la productividad en +50%, llegando hasta a un +100% en la Región de Los Lagos.



Entre la Región de Valparaíso y la ciudad de Talca, se producirán aumentos en los rendimientos en hasta un +50% en algunas comunas del Valle Central. Por el contrario, en la costa y precordillera, el aumento de las temperaturas provocará una aceleración del ciclo de vida, reduciendo los rendimientos de esta especie, esto es, se producirá una homologación con la situación del valle central.

Desde la Araucanía al sur, el aumento de las temperaturas invernales incrementará el potencial productivo de la remolacha, factor que dominará sobre cualquier efecto negativo que pudiere provenir de los cambios en el régimen pluviométrico.

En la zona norte no habrá cambios notables en las fechas de siembra. Entre las regiones de Valparaíso y del Biobío, las mejores condiciones térmicas invernales harán de las siembras de otoño una opción más productiva que las de primavera. En las regiones de Los Ríos y Los Lagos, las siembras de primavera presentarán ventajas sobre las de otoño.

En los escenarios futuros de cambio climático, se esperan disminuciones en los rendimientos en hasta -50% en la zona costera. En el valle central y precordillera, se producirán aumentos en casi todas las comunas desde la Región de Valparaíso hacia el sur.

En las regiones de la Araucanía y Los Ríos, se producirán cambios en las fechas de siembra a los meses de otoño, lo que permitirá aumentar los rendimientos en la mayor parte de las comunas.

Praderas naturales



El aumento previsto de temperatura promedio ocasionará una sensible caída en la productividad de las praderas anuales entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos, probablemente como una respuesta a la menor disponibilidad de agua en el suelo. Hacia el sur, se prevé un aumento en los rendimientos en la parte central del país de hasta +100%. Contrariamente, en la parte oriental de la cordillera en el extremo sur, se esperan disminuciones en hasta un -15%, como consecuencia de una disminución de la radiación solar.

En la región altiplánica, la productividad de las praderas aumentaría como consecuencia de la mayor cantidad de precipitaciones esperada. Entre las regiones de Atacama y Coquimbo, se producirá una clara disminución de la productividad de las praderas, mientras que de Valparaíso al río Maule, se producirá un pequeño aumento de la productividad de hasta +10%, probablemente asociado al alza de las temperaturas invernales.

Desde la Región del Biobío a la de Los Lagos, las praderas disminuirán su rendimiento, probablemente debido a una intensificación de los períodos secos. En el extremo austral, las praderas aumentarán su productividad en el sector trasandino, fenómeno posiblemente asociado a una mayor pluviometría.

Vides



Entre Arica y Atacama, la productividad caerá como consecuencia de la precocidad originada por las temperaturas altas de invierno y primavera, que inducirán una brotación muy temprana.

Desde la zona Metropolitana hacia el sur, las condiciones se deteriorarán como consecuencia de la disminución de la luminosidad, el aumento de la temperatura estival y del aumento de las precipitaciones y las heladas tardías de primavera.

La vid se vería fuertemente beneficiada por la atenuación del régimen de heladas hacia los sectores interiores del territorio. Aparte del beneficio productivo que esto significa, podría producirse un aumento de la precocidad en la maduración, perdiendo con ello las ventajas comparativas actuales que exhibe el norte del territorio.

En el norte, se produciría una disminución del potencial productivo. En los valles transversales de la Región de Coquimbo se esperan importantes reducciones de -50% o más en sectores interiores. Esto sería una consecuencia de la reducción del período de fructificación debido al alza en las temperaturas, lo cual podría ser compensado con variedades tardías. Para el año 2040 el potencial en esta zona se torna espacialmente más irregular, por cuanto se acentúan

los gradientes entre una costa con bajo potencial y una precordillera con alto potencial productivo.

Entre las regiones de Coquimbo y O'Higgins predominan las disminuciones en los rendimientos, las cuales varían el rango de -10% a -60%. Sin embargo, existen sectores donde la productividad puede aumentar hasta en un 15%, como sería el caso de Buin y Padre Hurtado, como consecuencia del aumento de la radiación solar en estas zonas, que es más acentuado hacia la precordillera. Si bien el factor que más afecta a la productividad es el acortamiento del período de fructificación, la disminución del frío invernal es igualmente un factor a considerar.

Entre las regiones del Maule y Biobío el potencial de producción aumenta, especialmente en el Valle Central. La costa mantiene bajos potenciales al no alcanzar las temperaturas necesarias para un buen desarrollo del fruto. Entre las regiones de la Araucanía y Los Lagos existe un considerable aumento de la productividad que puede llegar hasta un 200%. A pesar de esto, los mayores rendimientos al año 2040 se esperan entre las regiones de O'Higgins y Biobío, alcanzando productividades en torno a 30.000 kg/ha.

Se esperan aumentos en todo el país de los requerimientos de riego para la vid que, en la zona central, aumenta en promedio entre 20% a 30 %. En la Araucanía el aumento de los requerimientos de riego puede alcanzar hasta 100%.

Manzano



El potencial productivo del manzano disminuye en la mayor parte del territorio hasta la Región de la Araucanía. Esta situación se debe a la disminución del frío invernal y al aumento de las temperaturas estivales, lo que reduce el período de fructificación y aumenta los niveles de

estrés térmico. Por la costa, el efecto negativo de la disminución del frío invernal acentúa esta tendencia. En cambio, a partir de la Región de Los Ríos hacia el sur el potencial productivo se ve beneficiado por los aumentos de la temperatura. Los requerimientos de riego aumentan en todo el territorio nacional.

Naranja



El aumento de las temperaturas invernales mejora las condiciones de producción en todo el territorio, salvo en una franja costera que se mantiene térmicamente deficiente y algo limitante para la obtención de buenos rendimientos. A este mejoramiento contribuye con fuerza la disminución de las heladas invernales y primaverales que amenazan la viabilidad de las flores. Es altamente probable que las condiciones climáticas de los nuevos escenarios mejoren la calidad de los frutos, pues el incremento de las temperaturas mínimas podría reducir la acidez. En la zona norte el potencial mejora considerablemente, especialmente en los valles de la Región de Tarapacá. En la precordillera central las condiciones mejoran, haciendo viable su cultivo, especialmente en condiciones de laderas abrigadas de las heladas. Los requerimientos de riego del naranja aumentan en todo el territorio.

Duraznero

Por ser esta una especie eco-fisiológicamente similar a la vid, el panorama que presenta es semejante al de las viñas. Para todo el norte del país se esperan disminuciones en el potencial productivo como consecuencia del aumento de las temperaturas y disminución del frío invernal, provocando una reducción en el período de fructificación. En los valles ubicados entre las regiones de Coquimbo y Valparaíso, se esperan importantes disminuciones en la productividad en la sección baja de la costa más



TOBIAS MASCHLER

expuesta a la influencia oceánica, donde la disminución en la producción podría variar en el rango de -10% a -60%. En los sectores interiores, donde el invierno mantiene suficiente frío, la disminución de las heladas favorece un aumento del potencial productivo.

A partir de la Región del Maule hacia el sur, los aumentos de temperatura mejoran considerablemente el potencial productivo hasta la Región de Los Lagos, llegando a incrementos de 100 a 200%.

Existen algunas zonas como Maule, Talca, Bulnes y Chillán, donde la productividad aumenta en el escenario A2 2040 y luego vuelve a valores similares a la línea base en el año 2070. Esto se debe a que el aumento en las temperaturas en estas zonas tiene un efecto positivo al reducir el número de heladas, pero ulteriores aumentos de la temperatura reducen el frío invernal.

Como consecuencia del aumento en la evapotranspiración por la mayor temperatura media, los requerimientos de riego aumentan en todo el territorio.

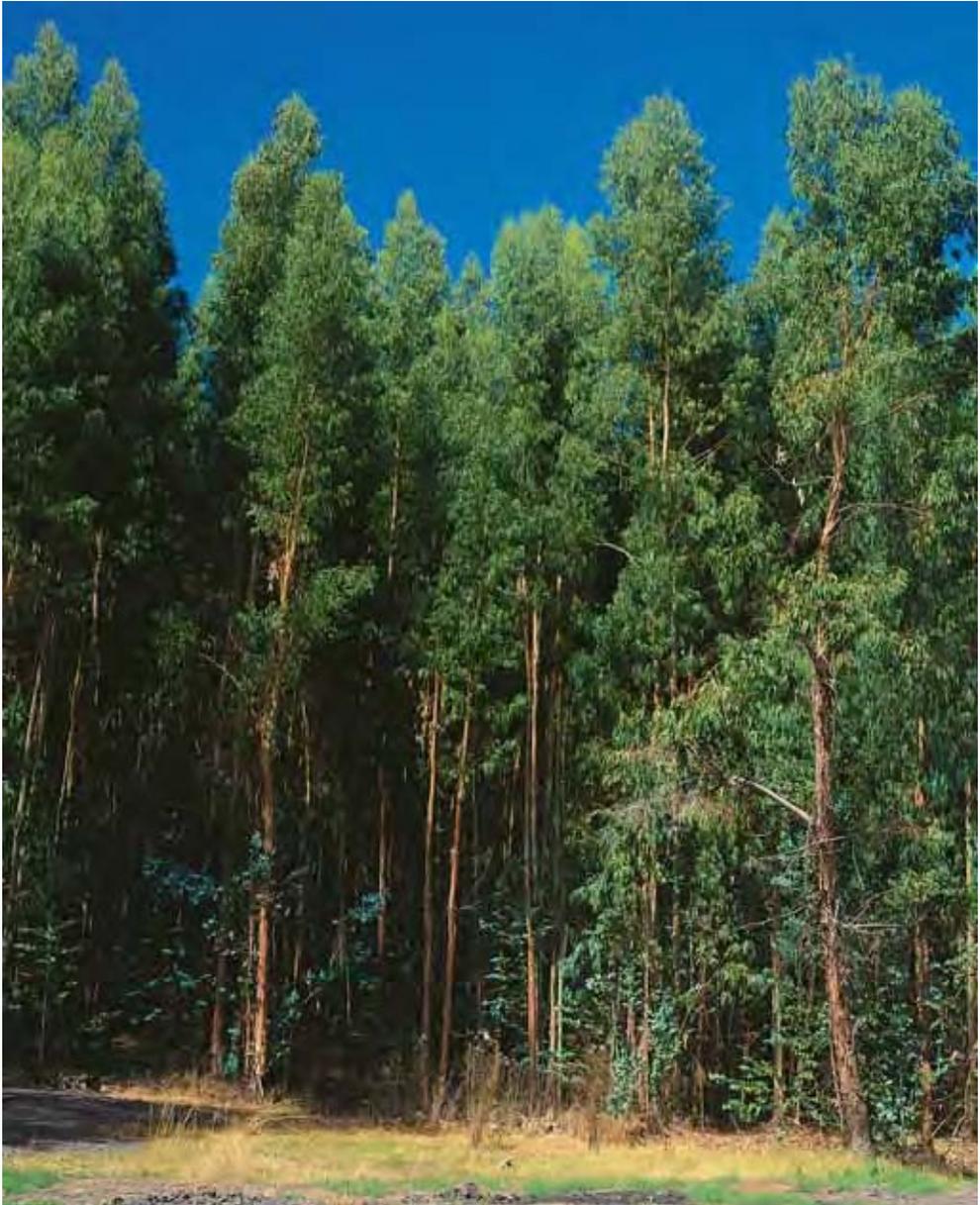
Plantaciones forestales

En el caso del Pino radiata, en los escenarios futuros de cambio climático las condiciones de producción se deterioran considerablemente entre las regiones de Coquimbo y Metropolitana, como consecuencia del aumento del déficit hídrico en el verano. Este deterioro se va atenuando hacia el sur hasta desaparecer en la Región de la Araucanía, a partir de la cual el potencial productivo mejora significativamente. Especiales incrementos de potencial se proyectan a partir de la Región de Los Ríos y hasta Chiloé. Esto es una consecuencia del mejoramiento en las temperaturas de primavera y otoño, que alargarán el ciclo anual de crecimiento de esta especie.



GUILLERMO FEUERHAKE

En eucalipto glóbulus, el potencial productivo se deteriora en la Región de Coquimbo como consecuencia de la menor pluviometría. Por la costa central, se registran aumentos del potencial debido al mejoramiento de las temperaturas invernales, mientras que igual situación ocurre en la precordillera. A partir de la Región de la Araucanía se proyecta un aumento del potencial productivo de esta especie, como consecuencia del mejoramiento de las temperaturas invernales y de la disminución del número e intensidad de las heladas. En las regiones de los Ríos y los Lagos mejora notablemente el potencial productivo del eucalipto glóbulus.



GUILLERMO FEUERHAKE

Síntesis de los impactos proyectados en los regímenes térmicos e hídricos

A continuación se presenta un resumen del efecto que tendría sobre distintos grupos de cultivos el incremento de la temperatura y una aridización del clima. La tendencia dominante corresponde al balance final esperado entre efectos positivos y negativos.

ZONA CENTRAL (Atacama al Biobío)				
Especie	Calentamiento	Aridización	Tendencia dominante	Causa principal
Cultivos de verano riego	Negativo	Neutro	Negativo	Acortamiento del ciclo
Cultivos de invierno riego	Negativo	Neutro	Negativo	Acortamiento del ciclo
Cultivos de invierno, secano	Positivo	Negativo	Negativo	Mayor incidencia sequía
Frutales caducos riego	Negativo	Positivo	Negativo	Reducción período de fructificación
Frutales persistentes riego	Positivo	Neutro	Positivo	Mejora en temperaturas invernales y reducción de heladas
Plantaciones forestales	Negativo	Negativo	Negativo	Aumento déficit de agua y estrés térmico estival
Praderas	Positivo	Negativo	Negativo	Aumento déficit de agua y estrés térmico
ZONA SUR (Araucanía a Los Lagos)				
Cultivos de verano secano (papa)	Positivo	Negativo	Positivo	Mejora en las temperaturas estivales
Plantaciones forestales	Positivo	Negativo	Positivo	Mejoran las temperaturas alargando el período de crecimiento

La mayor parte de las regiones agrícolas del país entre Atacama a Los Lagos sufrirán una desertificación o aridización, como consecuencia de la declinación pluviométrica que se irá agudizando durante el siglo XXI.

Junto con la tendencia a la disminución de las lluvias, las temperaturas seguirán subiendo, llevando los promedios actuales a aumentar entre 2 °C a 4 °C al final del siglo. Además de estas modificaciones primarias, es posible que otras características secundarias se vean modificadas, como el régimen de vientos, de nubosidad y la frecuencia de eventos críticos en relación a temperaturas extremas, tales como menos heladas y más días de calor extremo, entre otros. Esta situación podría desplazar las actuales zonas climáticas hacia el sur, especialmente en lo que se refiere a la fruticultura y la silvicultura.

Los cultivos de verano se verán afectados negativamente y la agricultura de riego sólo se verá afectada por la elevación de la temperatura. Por su parte, los cultivos de invierno se verán beneficiados por el aumento de la temperatura. Los cultivos anuales podrán cambiar sus fechas de siembra, lo que reduciría en parte los efectos negativos provocados por la disminución de las precipitaciones. La atenuación del régimen de heladas permitiría adelantar en varios meses la fecha de siembra de los cultivos de verano, lo que permitiría aprovechar las precipitaciones invernales.

Los frutales de hoja caduca podrían extender su área de cultivo hacia las regiones del Biobío, Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. El alza en la temperatura y la reducción de las heladas invernales favorecerá a las especies subtropicales, las que podrían mejorar sensiblemente su potencial en casi todas las regiones del país. El bosque plantado de Pino y Eucalipto ampliaría su zona de producción hacia la Región de Los Lagos. Por el contrario, en las regiones Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins, el potencial productivo podría deteriorarse como consecuencia del aumento de la aridez. En general, las praderas se beneficiarían con el aumento de las temperaturas invernales, iniciando antes su ciclo de crecimiento y mejorando los rendimientos.

Todos los frutales analizados presentan aumentos en los requerimientos de riego en todo el país, lo que sugiere la necesidad de crear y mejorar la infraestructura de riego de prácticamente todas las regiones. Se estima que se reducirá intensamente la disponibilidad de agua durante el periodo de mayor demanda por la agricultura en aquellas cuencas que no cuenten con obras de regulación hidrológica.

En el extremo austral, un aumento en las temperaturas favorecerá los rendimientos, mientras que un aumento en las precipitaciones es perjudicial desde el punto de vista sanitario. En varios casos los nuevos escenarios climáticos desplazarán los periodos de siembra.

En términos generales, se proyectan cambios positivos o negativos sobre la producción agrícola. La neutralización de los cambios negativos requerirá de un rediseño de los sistemas de producción, especialmente en lo referente a las fechas de siembra de los cultivos anuales y al uso de variedades de ciclo largo, capaces de mantener los niveles de producción a pesar del aumento de la temperatura. El aprovechamiento de los cambios positivos requiere de una variación en las fronteras agropecuarias actuales, así como del mejoramiento de la infraestructura de riego del país.

Medidas de prevención a los efectos adversos del cambio climático

Es recomendable implementar medidas y políticas de prevención a los efectos adversos del cambio climático en el sector silvoagropecuario, considerando los probables impactos que se producirán en el sector durante el siglo XXI, entre las cuales se recomiendan.

- Reforestar las cuencas hidrográficas como medida precautoria de avalanchas.
- Fomentar el cambio de uso del suelo en áreas vulnerables y donde los cambios climáticos sean negativos para la situación actual y promoción de programas de conservación de suelos;
- Definir áreas de riesgo dando directrices que eviten la instalación de asentamientos humanos o actividades productivas en zonas sensibles. Esto dice relación especial con la escasez de agua o el riesgo de avalanchas o inundaciones.
- Elaborar e implementar un programa de protección de humedales que sean puestos en riesgo por la menor disponibilidad de agua.
- Prevención de la salinización de los suelos en zonas áridas y semiáridas y reforzamiento de los programas nacionales de acción para prevenir la desertificación y la erosión de los suelos.
- Identificar y priorizar las áreas más vulnerables a la pérdida de biodiversidad, estableciendo nuevas áreas protegidas que prevengan la extinción masiva de especies en riesgo.



Medidas de adaptación al cambio climático

En general, los productores agrícolas se adaptan naturalmente a las condiciones prevalecientes del tiempo y del mercado, introduciendo las modificaciones que consideran más apropiadas para ajustarse a nuevas situaciones que pueden ser temporales o permanentes. No obstante, las previsiones científicas del cambio climático advierten que será un proceso de intensificación progresiva de mayores temperaturas promedio anuales, junto con una reducción sostenida de las precipitaciones en la mayor parte de Chile central.

Dependiendo de la velocidad con que se presenten los cambios tangibles del cambio climático en las próximas décadas, el sector silvoagropecuario se verá obligado a tomar crecientes medidas de adaptación, en especial aquellas relacionadas con el estrés hídrico y térmico de los cultivos.

La mayor parte de las medidas deberá realizarse a nivel predial, lo que dependerá de la percepción del riego y acceso a fuentes de financiamiento de los propietarios que, en muchos casos, estarán en función de políticas públicas de apoyo y fomento. Asimismo, existen medidas de adaptación que requerirán del acuerdo entre numerosos propietarios y de acciones públicas para su ejecución, como es el caso de embalses y redes de distribución del riego. Algunas de estas medidas de adaptación se identifican a continuación.

- Desarrollar infraestructura de captación y almacenamiento de aguas lluvia.
- Mejorar la eficiencia del sistema de riego, incluyendo mecanización planificada, limpieza y revestimiento de los canales prediales y manejo sostenible de la humedad del suelo.
- Uso de variedades productivas más resistentes al estrés hídrico y térmico.
- Ajuste o cambios de las épocas de siembra para aprovechar las lluvias y la mayor temperatura.
- Tipos de fertilizantes y optimización de su aplicación.
- Implementación de tecnologías de agricultura de precisión.

Medidas de mitigación y reducción de emisiones de gases efecto invernadero

En el estudio “Impacto, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en dos Zonas Agroclimáticas con Alta Presencia de la Agricultura Familiar Campesina”, realizado por el Centro Regional de Investigación Quilmapu del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, se identifican algunas medidas de mitigación de emisiones de GEI, que pueden resumirse de la siguiente forma.

- Disminuir o evitar la quema de residuos y rastrojos.
- Uso moderado y eficiente de fertilizantes tradicionales y orgánicos, especialmente los nitrogenados.
- Uso eficiente de la maquinaria agrícola.
- Fortalecer el uso eficiente de la energía eléctrica en el riego y procesos agroindustriales.
- Manejo y tratamiento de residuos y desechos sólidos y líquidos.
- Conservación y recuperación de suelos.



Capacitación

Un plan de prevención no será eficaz si no se incorpora la capacitación de los distintos actores sociales que deben intervenir. Al respecto, se proponen las acciones siguientes:

- Capacitación de los agricultores para el manejo eficiente del agua de riego, fertilización, y disposición y aprovechamiento de residuos y desechos.
- Orientar a los agricultores para el proceso de cambio de uso del suelo así como la adopción de nuevas variedades vegetales y animales, incluyendo nuevos calendarios de siembra en sectores sensibles.
- Capacitación de los profesionales responsables de los programas de transferencia de tecnología para asesorar en sistemas de riego de alta eficiencia.
- Crear una conciencia social sobre los posibles impactos del cambio climático y de las medidas de prevención y mitigación al alcance de cada actor de la sociedad.

Uso de agricultura de precisión en vides



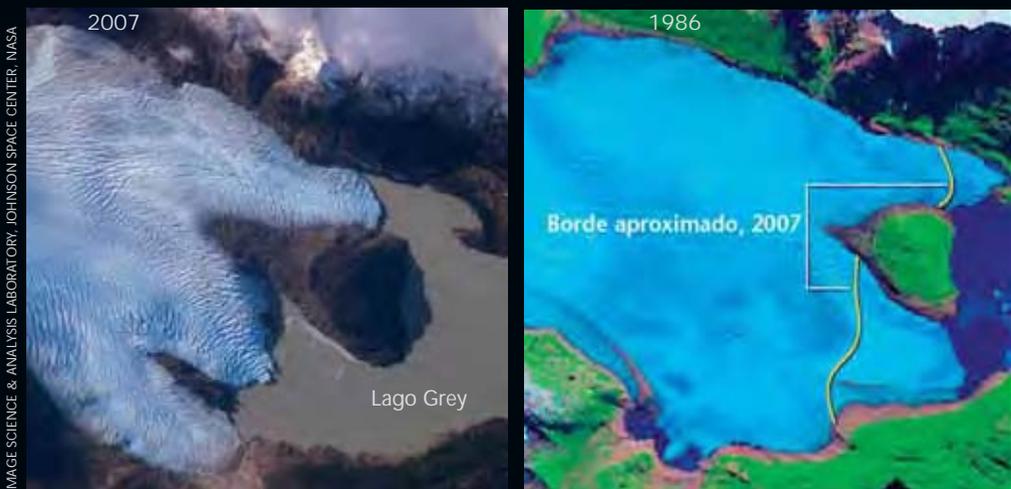
Investigación y desarrollo

Las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático deberán ser provistas permanentemente con información confiable, que sirva para evaluar los problemas y para diseñar las estrategias de acción. Las acciones deberán ajustarse constantemente a la cambiante realidad y a la disponibilidad de nueva información, mucha de la cual no puede ser importada desde realidades diferentes. Para estos efectos, sería necesario lo siguiente.

- Evaluación de los recursos de agua subterráneas en las distintas cuencas, especialmente desde Santiago al norte.
- Implementación de sistemas de alerta temprana de los eventos de El Niño y La Niña, y de ocurrencia de sequías y riesgos agrometeorológicos.
- Implementación de una red de comunicaciones y difusión que permita un fluido acceso a la información de las técnicas de riego, información meteorológica y alertas tempranas de ocurrencia de eventos extremos.
- Fomentar la investigación y uso de sistemas de control integrado de plagas y enfermedades existentes y de aquellas que puedan introducirse al país, como consecuencia del cambio climático.
- Estudiar el reemplazo de variedades de cultivos que permitan atenuar el impacto de los cambios climáticos, obteniendo beneficio de éstos cuando ello sea posible.
- Reforzamiento de los programas tendientes a proteger la biodiversidad en áreas vulnerables, especialmente aquellas especies y ecosistemas que sean vulnerables a la disminución de la precipitación anual y su distribución estacional, además del aumento de la temperatura.

Capítulo IV

La respuesta institucional de Chile al cambio climático



El glaciar Grey está en el Parque Nacional Torres del Paine, Chile, y en 1996 tenía un área total de 270 km² y un largo de 28 kilómetros, terminando en el lago Grey. La primera foto, de junio de 2007, muestra el retroceso de su borde al compararse con una foto satelital de enero de 1986 (Landsat, color falso). El derretimiento de los glaciares por el cambio climático disminuye las reservas de agua dulce.

CAPITULO IV.

La respuesta institucional de Chile al cambio climático

Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global

Desde mediados de la década de los años 90, el tema del cambio climático estaba adquiriendo relevancia en el ámbito internacional y en el país, derivado del proceso de negociación mundial en la Convención Marco de las Naciones Unidas de Cambio Climático, la publicación del segundo Informe sobre Cambio Climático del IPCC en 1996 y el inicio de proyectos de cooperación internacional en esta materia. Considerando la necesidad de crear una instancia interinstitucional que sirviera de mesa para el análisis y asesorar al Gobierno en la toma de decisiones sobre este tema, el 29 de mayo de 1996 se publicó en el Diario Oficial la creación del Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global (CNACG), mediante Decreto Supremo N° 466 del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Su estructura se formalizó en abril de 1998, donde se establecieron grupos de trabajo específicos y se definió una agenda de tareas para el corto y mediano plazo. La CONAMA ejerce la presidencia de este Comité, mientras que la vicepresidencia corresponde al Ministerio de Relaciones Exteriores.

Originalmente, el Decreto Supremo que estableció este Comité incluyó la participación de un representante de las siguientes instituciones:

- Ministerio de Agricultura;
- Comisión Nacional de Energía;
- Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante;
- Dirección Meteorológica de Chile;
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile;
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica y;
- Academia Chilena de Ciencias.

Considerando que los temas tratados requerían de una amplia participación interdisciplinaria, a partir de 1998 se invitó a otras instituciones a formar parte del Pleno del Comité, con el fin de incluir sectores productivos, empresariales y de la administración del Estado vinculados al desarrollo económico. Las instituciones invitadas fueron:

- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción;
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones;
- Empresa Nacional de Petróleos;
- Confederación de la Producción y el Comercio;
- Fundación Chile;
- Comisión Chilena del Cobre;
- Corporación Chilena del Cobre;
- Red de Acción Climática para América Latina, y
- Pontificia Universidad Católica de Chile.

El Pleno se reúne periódicamente para sesionar sobre temas relevantes para el país en materia de cambio climático. Con el fin de cubrir adecuadamente las materias concernientes al Comité, se han formado grupos de trabajo específicos en temas como transferencia de tecnologías, uso, cambio de uso de la tierra y forestal, mecanismos flexibles de mercado del Protocolo de Kyoto, entre otros. Dependiendo de la naturaleza y relevancia de los temas tratados, el Comité recurre a decisiones del Consejo Directivo de CONAMA.

Una de las labores principales del Comité fue la elaboración de los lineamientos estratégicos en materia de cambio climático en Chile; que fueron aprobados en la sesión del Consejo Directivo de la CONAMA, realizada el 6 de diciembre de 1998. Estos lineamientos sirvieron de base para preparar un Plan de Trabajo sobre Cambio Climático, el que contiene las siguientes acciones específicas: reafirmación de los compromisos establecidos en la CMNUCC; promoción de la ratificación del Protocolo de Kyoto; participación de expertos chilenos en la discusión del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto; diseño de orientaciones básicas respecto de nuevas formas de limitación y reducción de emisiones de GEI para los países en desarrollo y; formulación de un Plan de Acción Nacional en Cambio Climático.

Plan de Acción Nacional de Cambio Climático

En enero de 2006, el Consejo Directivo de CONAMA aprobó la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC). Los tres ejes principales que estableció esta estrategia son:

Adaptación: Desarrollar un paquete de medidas de adaptación, con el fin de proteger la salud de las personas, los recursos hídricos, la producción de alimentos, la infraestructura urbana y costera y el suministro energético.

Mitigación: Propender hacia una economía más baja en carbono, que contribuya al desarrollo sustentable de nuestro país y a los esfuerzos mundiales de reducción de emisiones

Creación y fomento de capacidades: Difundir y crear conciencia en la ciudadanía frente a los problemas ambientales, y en particular, a aquéllos derivados del cambio climático, fomentando la educación, sensibilización e investigación de esta temática en Chile.

La ENCC también consideró la definición de un plan de acción. En diciembre de 2008, se dio a conocer el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012, cuya elaboración fue coordinada por CONAMA y donde participaron numerosos ministerios del país. El objetivo central del Plan es minimizar los impactos adversos al cambio climático, mediante acciones integradas que permitan determinar la vulnerabilidad país y las medidas de adaptación para enfrentarlos adecuadamente, aportando, al mismo tiempo, a la mitigación de gases efecto invernadero.

Para tales efectos, el Plan establece una serie de acciones en los ámbitos en los sectores hídrico, silvoagropecuario, energía, transporte, salud, infraestructura, biodiversidad y zonas urbanas y costeras, además de la creación y fomento de capacidades frente al cambio climático.

En forma complementaria, en mayo de 2007 comenzó la preparación de la Segunda Comunicación Nacional de Chile sobre Cambio Climático, cuyo objetivo es dar cuenta de los avances del país en términos de: (a) el inventario de emisiones de GEI, (b) el análisis de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, (c) las medidas de mitigación de los GEI y (d) la determinación de las oportunidades y limitaciones para la formación de capacidades nacionales. La Unidad de Cambio Climática de ODEPA, creada también en mayo de 2007, ha representado al sector silvoagropecuario en la preparación de esta comunicación nacional para la CMNUCC.

Acciones en el ámbito del sector silvoagropecuario de Chile

En septiembre de 2006, la Comisión Nacional de Energía (CNE), la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), las dos últimas dependientes del Ministerio de Agricultura, suscribieron un convenio marco con el fin de desarrollar acciones de cooperación para contribuir al desarrollo de la bioenergía en Chile. Este convenio formó parte del esfuerzo nacional para reducir la dependencia de la importación de combustibles fósiles del extranjero y mitigar las emisiones de gases efecto invernadero de los mismos.

En octubre de 2006 y con base en el convenio marco antes mencionado, FIA licitó y asignó a la Universidad Federico Santa María la ejecución del estudio "Evaluación Económica y Balance Energético de la Cadena Productiva desde la Producción de Materia Prima hasta la Elaboración de Bioetanol y Biodiésel en Chile, a partir de Cultivos Agrícolas Disponibles". El propósito de dicho estudio fue contar con los antecedentes económicos, técnicos y medioambientales del potencial de Chile para producir biocombustibles a partir de los cultivos tradicionales existentes en el país, para los efectos de facilitar la toma de decisiones sobre una política nacional de biocombustibles.

Por su parte, en 2007 la CONAMA, en coordinación con las instituciones que formaban parte del convenio marco antes mencionado, licitó y asignó a la empresa PriceWaterhouse-Coopers el estudio "Análisis del Ciclo de Vida para Evaluar los Impactos Ambientales de los Biocombustibles en Chile", cuya finalidad fue contar con antecedentes sobre las emisiones de gases contaminantes y de gases efecto invernadero de los biocombustibles que, eventualmente, se pudieran utilizar en el país para reemplazar combustibles fósiles.

A su vez, en octubre de 2007, se firmó un convenio marco de cooperación interinstitucional entre CONAMA, FIA y ODEPA, con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad y los impactos del cambio climático en el sector agrícola, así como identificar y ejecutar medidas de adaptación a estos impactos.

Los principales lineamientos de acción del convenio se relacionan con contribuir a la inserción de Chile en las redes internacionales de innovación relacionadas con la vulnerabilidad y adaptación de la agricultura al cambio climático; proponer, contratar y realizar estudios e investigaciones sobre estas materias y; promover la capacitación y especialización de técnicos y profesionales sobre el tema. Este convenio fue complementado con otro convenio marco entre las mismas instituciones en marzo de 2009, esta vez con el objetivo de formular un Plan de Mitigación de Gases Efecto Invernadero para el Sector Silvoagropecuario de Chile.

Con base en estos convenios, se han elaborado numerosos estudios relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- En 2007, FIA contrató con el Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, el estudio “Sistematización de las Políticas y Estrategias de Adaptación Nacional e Internacional al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario y de los Recursos Hídricos y Edáficos”. El estudio consistió en una revisión bibliográfica de las acciones que han desarrollado algunos países en materia de adaptación y, en su ejecución se utilizaron técnicas avanzadas de búsqueda y sistematización de información contenida en bases de datos especializadas.
- En el curso de 2007, CONAMA contrató con el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, el estudio “Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario y de los Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático”, como parte del proyecto de preparación de la Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas de Cambio Climático, financiado por el GEF/PNUD. En este estudio se analizaron escenarios de intensidad del cambio climático en todo el país, a nivel de comunas, en los años 2040 y 2070. Sus resultados han sido especialmente importantes para prever los impactos en la productividad del sector silvoagropecuario y en la disponibilidad de recursos hídricos, como consecuencia del calentamiento global, y han servido de base para varios estudios posteriores.
- También en 2007, ODEPA encargó al Departamento de Economía Agraria de la Universidad Católica de Chile, el estudio “Evaluación Socioeconómica del Impacto del Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario”. El estudio aplica una metodología para estimar la reasignación del uso del suelo como consecuencia de los impactos productivos del cambio climático, lo que permite cuantificar mejor sus efectos en términos económicos y sociales. Sus principales resultados ya fueron incorporados al informe “La Economía del Cambio Climático en Chile”, que elaboró la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), que fue presentado durante las negociaciones de la COP 15, de diciembre de 2009 en Copenhague.

Consejo de Cambio Climático y Agricultura

En mayo de 2008, el Ministerio de Agricultura creó el Consejo de Cambio Climático y Agricultura, que es presidido por la Ministra del ramo y está constituido por destacadas personalidades de los sectores productivo, público y académico. La función del Consejo es apoyar al Ministerio en la definición de los principales aspectos y prioridades a considerar en un programa de adaptación al cambio climático en el ámbito silvoagropecuario, y en la definición de las principales medidas de mitigación que se podrían implementar en las actividades sectoriales. El Consejo es asesorado por un Comité Técnico Intraministerial, que coordina las reuniones y presentaciones, y elabora las propuestas para la consideración del Consejo.

En particular, este Consejo priorizó el análisis de las acciones de mitigación y de adaptación al cambio climático para el periodo 2008 a 2012, las que quedaron plasmadas en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Con base en estas prioridades referidas al sector silvoagropecuario, se han realizado múltiples actividades a partir de 2008 y están en desarrollo otras, entre las que se pueden mencionar los siguientes:

- A inicios de 2008, ODEPA encargó al Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Católica de Chile el estudio “Estimación del Carbono Capturado en las Plantaciones de Pino Radiata y Eucaliptos, relacionadas con el DL-701 de 1974”. Los resultados del estudio se han utilizado para analizar la renovación del DL-701 de fomento a la forestación, como un instrumento de fomento que contribuye a la mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero y el cambio climático.
- En agosto de 2008, con financiamiento proveniente del Fondo de Innovación Competitiva (FIC), FIA aportó los fondos necesarios para ampliar, y prácticamente duplicar, la red de medición meteorológica Agroclima, que contaba con 116 estaciones y que administra la Fundación de Desarrollo Frutícola (FDF) mediante un convenio con INIA y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). Esta red incorpora Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), que hacen posible que actualmente se ofrezca esta información a través del sitio Web de Agroclima, del envío de correos electrónicos y también se envía información del tiempo relevante a los dispositivos móviles de los usuarios.
- A inicios de 2009, mediante un concurso, FIA asignó al INIA un estudio para estimar la huella de carbono de los principales productos agrícolas de exportación. La huella de carbono corresponde al conjunto de emisiones de GEI, expresadas en dióxido de carbono equivalente, que han producido en el proceso de producción, elaboración, embalaje y transporte de un producto desde su origen hasta su destino. Por ejemplo, las emisiones

que se generan en la producción de una botella de vino que se exporta a Inglaterra, donde deben incluirse todas las emisiones desde que se cosecha la uva, transporte a bodega, vinificación, embotellado y embalaje, transportes internos y a puerto y, transporte a Inglaterra, lo que se expresa en kilogramos de CO₂ por botella de vino.

Por consiguiente, los resultados del estudio señalado permitirán identificar y definir procesos productivos con menores emisiones de GEI, cuya implementación, tanto a nivel predial como agro-industrial, serán una contribución al Programa de Eficiencia Energética, junto con establecer las bases para mejorar la competitividad de las exportaciones agropecuarias chilenas frente a las exigencias de etiquetado de la huella de carbono.

- Cabe destacar que en marzo de 2008, PROCHILE convocó a una mesa público-privada para tratar el tema de la huella de carbono de los productos de exportación chilenos, principalmente agropecuarios, debido a que se estaba haciendo notar una creciente presión de parte de grandes supermercados europeos porque se etiquetara la huella de carbono de dichos productos, principalmente vinos en Inglaterra.
- También a inicios de 2009, FIA licitó el estudio “Impacto, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en dos Zonas Agroclimáticas con Alta Presencia de la Agricultura Familiar Campesina”, que fue asignado al INIA. Los objetivos de este estudio son identificar los posibles impactos del cambio climático en dos sectores de Chile central y proponer medidas de adaptación; considerando las principales barreras técnicas, económicas y administrativas existentes; con su respectiva evaluación socioeconómica. Los resultados de este estudio permiten evaluar los impactos esperados del cambio climático en los rendimientos de los cultivos, fruticultura, ganadería y plantaciones forestales, así como las medidas de adaptación que es económicamente factible aplicar en el mediano plazo. Este estudio es un primer paso para evaluar políticas públicas de adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario chileno.
- En 2009, ODEPA contrató con la empresa Ingeniería Alemana S.A. el estudio “Evaluación Socioeconómica y Ambiental de Tres Prototipos de Biodigestores en Predios de Pequeños Productores Lecheros”, cuyo objetivo consistió en el análisis y evaluación económica del aprovechamiento bioenergético de residuos a nivel predial, especialmente en la agricultura familiar campesina.
- A mediados del mismo año, ODEPA adjudicó al Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) el estudio “Zonificación Espacial de Aptitud Productiva de Especies Bioenergéticas”, cuyo objetivo es determinar la superficie potencialmente disponible para cultivos que produzcan materia prima para bioenergía, considerando los requerimientos edafoclimáticos de especies seleccionadas para producir biocombustibles de segunda

generación, que son los biocombustibles que se obtienen de biomasa no apta para el consumo humano o animal y, consecuentemente, no amenazan la seguridad alimentaria mundial.

- En julio de 2009, ODEPA contrató con el Instituto Forestal (INFOR) un estudio para evaluar el potencial de mitigación del cambio climático asociado a la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, dentro de un programa más amplio destinado a realizar una evaluación de los programas de fomento del Ministerio de Agricultura, en relación con su contribución a la captura de carbono y a la disminución del uso de combustibles fósiles y emisiones de GEI. Posteriormente se evaluará el Programa de Recuperación de Suelos Degradados.
- ODEPA encargó al Programa de Mejoramiento Genético para el Desarrollo de Variedades, Agrícolas y Forestales, que ejecutan INIA e INFOR, realizar un proyecto de desarrollo de variedades adaptadas al cambio climático. Como parte de este proyecto, se iniciaron actividades relacionadas con la respuesta varietal de los cultivos al cambio climático en especies de importancia agropecuaria y forestal. Con respecto a las papas, trigo y forrajeras, se inició la evaluación de la respuesta a sequía en las principales variedades cultivadas en Chile. En eucaliptos, INIA e INFOR están evaluando la respuesta fisiológica de tres especies al cambio climático y se están identificando genes asociados a la tolerancia a sequía.
- Como parte del programa permanente de la Comisión Nacional de Riego (CNR), sobre fomento al uso eficiente del agua en la agricultura se están realizando actividades de capacitación en calidad de aguas y buenas prácticas agrícolas para riego destinado a miembros de las organizaciones de regantes de la segunda y tercera sección de los ríos Cachapoal y Mataquito; gestión de la calidad del agua por parte de organizaciones de regantes de las regiones de los ríos Maule y Biobío y; manejo eficiente y sustentable del agua de riego por parte de agricultores de la zona central de Chile, especialmente en los ríos Maule y Cachapoal.

Comisión Interministerial de Cambio Climático

Dada la importancia internacional que se atribuía a la realización de la COP 15 en Copenhague, de diciembre de 2009 y sus posibles implicaciones para el país, tomando en consideración la inminente incorporación de Chile a la Organización Económica para el Desarrollo y la Cooperación (OECD), a mediados de julio de 2009 la Presidencia de la República creó la Comisión Interministerial de Cambio Climático, integrada por la Comisión Nacional de Medioambiente, que la coordina, la Comisión Nacional de Energía y los ministerios de Agricultura, Hacienda, Relaciones Exteriores y Secretaría General de la Presidencia, con el fin de coordinar la participación del país en las negociaciones de la Convención y del Protocolo de Kyoto del mismo año 2009.

Estas medidas han permitido un adecuado nivel de coordinación y cooperación entre los principales actores del sector público y privado, para los efectos de comprender mejor los posibles impactos del cambio climático en Chile y de aquellas medidas de mitigación y adaptación que es necesario priorizar.

Riego en cultivo de arándanos



Acciones de mitigación del sector silvoagropecuario

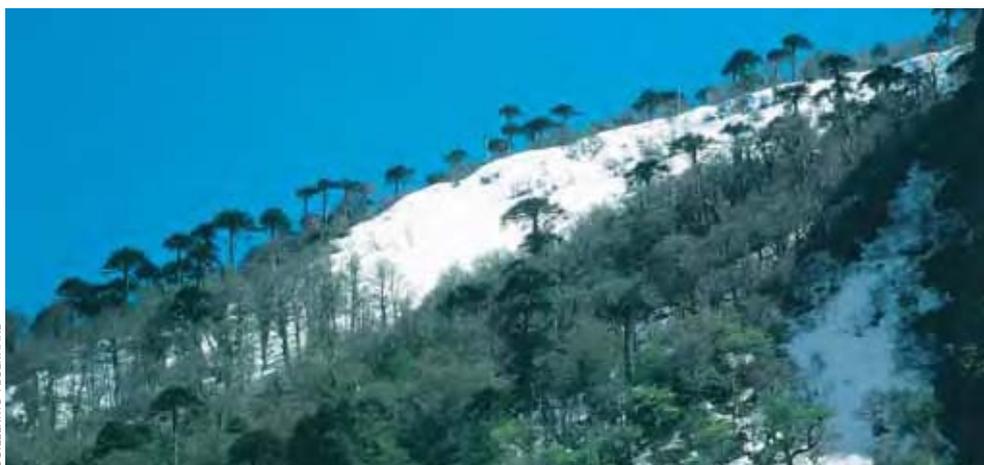
Entre los años 2006 y 2009, el Ministerio de Agricultura se ha concentrado en la mitigación del cambio climático en el sector silvoagropecuario, partiendo de la base de que es posible reducir las emisiones de GEI de las actividades silvoagropecuarias, mediante el uso más eficiente de los combustibles fósiles y aumentar la eficiencia energética, la producción de materias primas para la generación de bioenergía y biocombustibles y la aplicación de mejores prácticas agrícolas, pecuarias y forestales. También es factible compensar las emisiones sectoriales mediante actividades que capturen carbono, tales como la forestación, el manejo forestal sostenible y la conservación de bosques. En este contexto, se detallan las principales medidas que se identificaron para contribuir a la mitigación del cambio climático en el sector agrario.

El INIA realizó la estimación de las emisiones de GEI en el sector no energía del Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero de Chile, que incluye la estimación de las emisiones del sector silvoagropecuario desde 1984 hasta 2006. Esta información permitirá identificar las actividades que generan mayores emisiones de GEI, así como identificar y proponer medidas para su mitigación.

Se está promoviendo la aplicación de mejores prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, especialmente la disposición de residuos y desechos, uso eficiente del agua de riego y aplicación más eficiente y disminución del uso de fertilizantes nitrogenados; los que liberan óxido nitroso que tiene un gran poder de calentamiento global; lo que constituye una medida altamente costo-efectiva considerando el elevado precio actual de los fertilizantes. Asimismo, la cero labranza y la no quema de los rastrojos agrícolas permitirían fijar una mayor cantidad de carbono en el suelo. Incorporar las buenas prácticas agrícolas implica también promocionar las exportaciones silvoagropecuarias, mejorando la imagen ambiental del país con respecto a la huella de carbono de sus productos de exportación.

Se están realizando varios estudios para definir formas efectivas para aprovechar el potencial bioenergético de los residuos agropecuarios y forestales, tanto a nivel predial como entre asociaciones de productores silvoagropecuarios. Estos estudios entregarán información de base para desarrollar, posteriormente, proyectos que se inserten dentro del Programa de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) de la Corporación de Fomento a la Producción que, además, podrían optar a los certificados de reducción de emisiones de GEI del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.

Por su parte, la Comisión Nacional de Riego (CNR) tiene un programa de fomento de centrales hidroeléctricas asociadas a obras de riego, parte del cual se realiza en conjunto con la Comisión Nacional de Energía, para entregar energía eléctrica al sistema interconectado



Bosque de araucarias, Región de La Araucanía

central (SIC). Entre los beneficios esperados del programa está la optimización del uso de un recurso escaso como es el agua el cual, además del riego, puede ser usado en la producción de ERNC contribuyendo a disminuir las emisiones de GEI aportando energía limpia al SIC.

La aprobación de la Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal permitió realizar el primer llamado a concurso para acceder a los incentivos para el manejo forestal sostenible y la conservación del bosque nativo. El fomento al manejo sostenible del bosque nativo permite lograr dos grandes objetivos: Primero, capturar carbono mediante el incremento del volumen asociado a la recuperación de los bosques degradados y, segundo, generar una importante cantidad de materia prima para su uso como energía renovable.

Se inició un proceso de discusión ampliada y participativa entre el sector público y privado sobre la prórroga del Decreto Ley 701 de fomento a la forestación, o la formulación de una nueva ley de fomento a la forestación, donde se espera incorporar la promoción de plantaciones forestales para usos energéticos, que representan la captura de carbono mientras las plantaciones están en crecimiento y, su cosecha proporciona materia prima para reemplazar el uso de combustibles fósiles, mediante su quema directa en calderas para la generación de energía eléctrica, o su transformación en biocombustibles tales como etanol y biodiésel.

Ambos instrumentos de fomento están orientados a aumentar la oferta de biomasa forestal para la obtención de bioenergía, lo que se complementa con la reciente creación de dos Consorcios Tecnológicos que están investigando tecnologías para producir biocombustibles líquidos a partir de material lignocelulósico, como se denomina al material leñoso.

Paralelamente, se está tramitando una ley de certificación de la leña que permitirá asegurar que ésta se obtiene de bosques manejados y que se comercializa con bajo contenido de humedad, como combustible sólido con bajas emisiones polutantes y de GEI.

En resumen

Como se puede apreciar, son numerosas las acciones que se han realizado y se están ejecutando con respecto al cambio climático en el ámbito del Ministerio de Agricultura. La mayoría corresponde a los estudios necesarios para estimar y evaluar medidas concretas que será necesario tomar para enfrentar la situación prevista de cambio climático para los próximos decenios.

Cabe destacar que el total de las emisiones de GEI del sector silvoagropecuario de Chile, tomado en su conjunto, se caracteriza por corresponder al concepto de “carbono neutral”, esto es, se presenta una cantidad mayor de captura de carbono en el sector forestal que las emisiones del sector agropecuario. El inventario nacional de GEI del Sector No-Energía 1984-2003 demuestra que, en el periodo 1999-2003, las actividades agropecuarias tuvieron una emisión neta promedio de 13,2 millones de toneladas de dióxido de carbono anuales, lo que representó aproximadamente el 18% del total de emisiones nacionales. Por su parte, en el mismo periodo, el sector forestal representó una captura neta de 15,8 millones de toneladas de CO₂ anuales, aunque con fluctuaciones interanuales importantes debidas principalmente a los incendios forestales, de matorrales y de pastizales.



En un mundo donde un creciente número de países desarrollados está exigiendo el etiquetado de la huella de carbono de los productos agropecuarios que importa, con el fin de que los consumidores seleccionen aquellos con menor contenido de carbono en su producción, elaboración y transporte; Chile puede demostrar que su producción silvoagropecuaria es carbono neutral, tomada en su conjunto. Para mantener esta situación, se deberán tomar medidas de mitigación que reduzcan las emisiones de la producción agropecuaria y; mantener y aumentar las capturas de CO₂ en el sector forestal.

Para finalizar, es recomendable que se continúen e intensifiquen las acciones y actividades relacionadas con la mitigación y adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario chileno, junto con divulgar y capacitar a los trabajadores, técnicos, administradores y empresarios sobre los avances en esta materia. De esta forma, se podrá contar con la información necesaria para que el país tome las medidas indispensables que le permitan afrontar los efectos adversos del cambio climático y, si es el caso, aprovechar las situaciones que le permitan fortalecer la seguridad alimentaria nacional, así como expandir sus exportaciones agropecuarias y forestales.



Bibliografía

- CAMBRIDGE University Press. Climate change 2001: síntesis report. New York, The press syndicate of the University of Cambridge. 2001. 397 p.
- Climate CHANGE 2007: impacts, adaptation and vulnerability: summary for policymakers and Technical summary por Martin Parry *et al.* [s.l.], WMO, UNEP, 2007. 93 p.
- COLETTE, Agustín. Estudios de caso: cambio climático y patrimonio mundial. France, Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO, 2009. 79 p.
- COMISIÓN Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). *Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario y de los recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de cambio climático* [CD-ROM]. [s.l.], [s.n.], 2008.
- COMISIÓN Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Plan de acción nacional de cambio climático 2008-2012. Chile, (s.n.), 2008?. 77 p.
- CONVENCIÓN Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Convención sobre el cambio climático. France, (s.n.), 1999. 30 p.
- CONVENCIÓN Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). El protocolo de Kyoto: de la convención sobre el cambio climático. France, (s.n.), 1998. 37 p.
- CONVENCIÓN Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Unidos por el clima: guía de la convención sobre el cambio climático y el protocolo de Kyoto. (s.l.), (s.n.), 2007. 39 p.
- CRUZ Silva, Claudia y CALDERÓN Suenzen, Janette. Guía climática práctica. [s.l.], Dirección Meteorológica de Chile, 2008. 116 p.
- DEPARTAMENTO de Geofísica Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI: informe final. Chile, (s.n.), 2006. 127 p.
- DIRECCIÓN Meteorológica de Chile. Climatología de Chile. Santiago, Dirección Meteorológica de Chile, 2001. 222 p.
- DIRECCIÓN Meteorológica de Chile. Climatología sinóptica para Chile central. [s.l.], Dirección Meteorológica de Chile, 2000. 60 p.

- El CAMBIO climático y el agua: documento técnico VI del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, Secretaría del IPCC por Bryson Bates *et al.* Ginebra, (s.n.), 2008. 212 p.
- GRUPO Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, PACHAURI, Rajendra K. y REISINGER, A. Cambio climático 2007: informe de síntesis. Ginebra, Suiza, IPCC, 2008. 104 p.
- INTERGOVERNMENTAL Panel on Climate Change (IPCC), IPCC 4 th Assessment Report, Climate change 2007: synthesis report: summary for policymakers. [s.l.], IPCC, 2007. 77 p.
- ONF International. Reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD). Paris, (s.n.), 2008. 51 p.
- ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Terminología sobre cambio climático* [en línea]. El glosario de la FAO sobre el cambio climático y la bioenergía. Actualización 31 de Mayo 2008 [fecha de consulta: 15 de Mayo 2009]. Disponible en: <<http://www.fao.org/climatechange/49365/es>>
- PANEL Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Cambio climático 2007: base de las ciencias físicas, contribución del grupo de trabajo I al cuarto informe de evaluación del IPCC. (s.l.), (s.n.), 2007. 153 p. REDUCING emissions from deforestation and forest degradation (REDD): an options assessment report por Arild Angelsen *et al.* [s.l.], Meridian Institute, 2009. 100 p.
- SAMANIEGO, José Luis. Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. (s.l.), CEPAL, 2009. 147 p.
- The LITTLE climate finance book por Charlie Parker *et al.* Oxford (UK), Global Canopy Programme, 2009. 174 p.
- The LITTLE Redd + Book: an updated guide to governmental and non-governmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation por Charlie Parker *et al.* 2 ed. Oxford (UK), Global Canopy Programme, 2009. 132 p.
- UNNFFCC. Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático: manual. Bonn, Alemania, Dependencia de Asuntos Intergubernamentales y Jurídicos de la Secretaría del Cambio Climático, 2006. 247 p.

Anexos

JACQUES DESCLITRES AND ANA PINHEIRO. MODIS RAPID RESPONSE TEAM, NASA/GSFC.



El 1° de Julio de 2004, España y Portugal debieron soportar una devastadora onda de calor que costó la vida a mucha gente. Cuando el espectroradiómetro MODIS, en el satélite Aqua, capturó esta imagen (2:35 P.M. hora local en Lisboa), solo había nubes en el norte de la península, mientras el resto del país estaba a pleno sol. La imagen fue coloreada, en rojo oscuro para las mayores temperaturas superficiales (hasta 59 °C) y en amarillo para las menores. La temperatura del aire alcanzó los 40 °C, y la mayor demanda de electricidad para refrigeración y aire acondicionado causó cortes de energía en muchos lugares.

ANEXO 1.

Gases efecto invernadero, sectores y categorías de fuentes de emisiones

En el Anexo B del texto del Protocolo de Kyoto se encuentran enumerados los gases efecto invernadero y los sectores y categorías de fuentes de las emisiones de dichos gases.

Gases efecto invernadero

Por gases efecto invernadero se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja. Las categorías y sectores de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) son:

Dióxido de carbono (CO₂)

Metano (CH₄)

Óxido Nitroso (N₂O)

Hidrofluorocarbonos (HFC)

Perfluorocarbonos (PFC)

Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Sectores y categorías de fuentes de emisiones

Energía

Quema de combustible: industrias de energía, industria manufacturera y construcción, transporte y otros sectores.

Emisiones fugitivas de combustibles: combustibles sólidos, petróleo y gas natural y, otros.

Procesos industriales

Productos minerales, industria química, producción de metales, otra producción y, producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre

Utilización de disolventes y otros productos

Agricultura

Fermentación entérica, aprovechamiento del estiércol, cultivo del arroz, suelos agrícolas, quema prescrita de sabanas, quema en el campo de residuos agrícolas, otros.

Desechos

Eliminación de desechos sólidos en la tierra, tratamiento de aguas residuales, incineración de desechos y, otros.

ANEXO 2.

Glosario sobre cambio climático

Adaptación: Ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que puedan moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Los tipos de adaptación pueden ser de carácter preventivo y reactivo, público y privado, y autónomo o planificado.

Antropogénico: Resultante o producido por acciones humanas.

Atmósfera: Envoltura gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi íntegramente de nitrógeno y oxígeno, más cierto número de gases vestigiales, como el dióxido de carbono o el ozono.

Bioma: Categoría amplia de animales y plantas similares que conviven en un espacio determinado o bajo condiciones ambientales parecidas.

Biomasa: Masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente, denominada biomasa muerta.

Biota: Todos los organismos vivos de una zona; la flora y la fauna consideradas como una unidad.

Cambio climático: 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 periodos de tiempo comparables.

Capacidad de adaptación: Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los cambios extremos) a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas.

Capacidad de mitigación: Capacidad de un sistema social de contar con adecuadas estructuras y condiciones sociales, políticas y económicas que se requieran para una mitigación eficaz de los efectos del cambio climático.

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, también se menciona como UNFCCC, por su sigla en inglés.

Depósito: Uno o más componentes del sistema climático en que se está almacenando un gas de efecto invernadero o un precursor de un gas de efecto invernadero.

Efectos adversos del cambio climático: Los cambios en el medio ambiente físico o en la biota, resultantes del cambio climático, que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en los ecosistemas socioeconómicos o en la salud y el bienestar humanos.

Emisiones: liberación de gases efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y periodo de tiempo especificados.

Forzamientos naturales: Todos aquellos fenómenos que pueden ocasionar un cambio climático y que no dependen de la acción del hombre, como la actividad solar o los volcanes.

Fuente: Cualquier proceso o actividad que libera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor en la atmósfera.

IPCC: sigla en inglés que representa al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Establecido por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1988, el IPCC es un órgano intergubernamental y una red que incluye a los principales expertos y científicos especializados en el cambio climático a nivel mundial.

Mitigación: Intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases efecto invernadero.

Permafrost: terreno permanentemente congelado que se ubica en ambos polos y que se forma cuando la temperatura se mantiene por debajo de los 0 °C durante varios años.

Políticas y medidas: De acuerdo con la CMNUCC, se entiende por “políticas” aquellas acciones que pueden ejecutar u ordenar un gobierno –a menudo junto con empresas e industrias dentro de sus propios países, además de en otros países– para acelerar la aplicación y el uso de medidas encaminadas a frenar las emisiones de gases de efecto invernadero. Las “medidas” son tecnologías, procesos y prácticas que, si se emplean, pueden reducir las emisiones por debajo de niveles futuros anticipados. Como ejemplo pueden mencionarse impuestos sobre carbono o sobre otras

energías, normas para mejorar la eficiencia de combustibles en automóviles y otras. Se entiende por políticas “comunes o coordinadas” o “armonizadas”, las adoptadas de forma conjunta por las Partes de la CMNUCC y del Protocolo de Kyoto.

Sistema climático: la totalidad de la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la geosfera, y sus interacciones.

Sumidero: cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera.

Vulnerabilidad: nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

