

# EL CAMBIO CLIMÁTICO LOS BOSQUES Y LA SILVICULTURA



INSTITUTO FORESTAL  
2011



# **EL CAMBIO CLIMÁTICO LOS BOSQUES Y LA SILVICULTURA**

EDITORES

**Roberto Ipinza Carmona y Santiago Barros Asenjo**

INSTITUTO FORESTAL  
CHILE  
2011



**INFOR**

Instituto Forestal  
Chile

Sucre 2397  
Ñuñoa  
Santiago  
Tel. 56 2 3667115  
[www.infor.cl](http://www.infor.cl)

ISBN N°956-318  
Registro Propiedad Intelectual N°207.636

## PRÓLOGO

El mundo enfrenta un cambio climático global, para fines del siglo se habrán producido modificaciones respecto del clima actual, manifestadas principalmente en las temperaturas medias y en los regímenes de precipitaciones. Estas modificaciones no serán homogéneas, variarán por regiones de la Tierra, y no hay certidumbre sobre su magnitud, la que depende fundamentalmente de la evolución de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera.

El dióxido de carbono, el óxido de nitrógeno y el metano, principalmente, son gases naturalmente constituyentes de la atmósfera y provocan el efecto invernadero natural que hace posible la vida sobre la Tierra al retener y reenviar hacia la superficie de ésta una parte de la radiación solar que la superficie terrestre refleja hacia la atmósfera. De no existir este efecto invernadero natural, la temperatura en la superficie del planeta sería tan baja como para no permitir la vida tal como hoy se la conoce.

Desde los inicios de la Revolución Industrial, la actividad humana ha estado emitiendo a la atmósfera volúmenes cada día crecientes de GEI, originados principalmente en el uso de combustibles fósiles y en la deforestación. Estas emisiones, provocadas por el ser humano, han llegado a niveles tales que han provocado lo que se conoce como “efecto invernadero natural aumentado”, que es el fenómeno responsable del calentamiento global y del cambio climático.

Más allá de la ineludible necesidad de reducir el consumo de combustibles fósiles, los bosques surgen como un medio trascendental para mitigar el cambio climático. Ellos, además de generar múltiples bienes y servicios, capturan dióxido de carbono y lo fijan en su madera y sus productos, liberando oxígeno en el proceso. El uso de la madera es ampliamente ventajoso ambientalmente frente al acero, aluminio, concreto ladrillos y otros materiales, en términos de la energía necesaria para producirlos. Los bosques también son capaces de proveer grandes cantidades de biomasa, considerada carbono neutral, entregando la opción de reemplazar combustibles fósiles. Todos estos son beneficios que, bajo manejo forestal sostenible, los bosques pueden proveer continuamente.

La fragilidad de los ecosistemas forestales consiste en su vulnerabilidad a las variaciones climáticas. Las temperaturas y precipitaciones son las principales variables que gobiernan su existencia, su distribución geográfica, su composición y diversidad florística, su tamaño y su productividad. En el caso particular de las plantaciones forestales, estas variables climáticas determinan las especies que se pueden emplear, su período de rotación y acotan su productividad.

Surgen así, como los grandes desafíos del siglo para el sector forestal, la recuperación y el manejo sostenible de los bosques nativos, la recuperación de los suelos forestales desarbolados y degradados mediante plantaciones forestales, el desarrollo de la energía basada en biomasa forestal, la protección de cauces y cuencas y el incremento de la eficiencia de la industria forestal, en especial la de transformación secundaria de la madera.

Chile se encuentra en una ventajosa posición frente a estos desafíos al contar con más de 13 millones de hectáreas de bosques nativos, de los cuales casi la mitad se define de multiuso, con la potencialidad de ser puesto en régimen de producción comercial bajo manejo sostenible sumándose a sus naturales funciones de protección y conservación, además de los cerca de 2,5 millones de hectáreas de plantaciones forestales, gran parte de las cuales son de alta productividad y están bajo silvicultura intensiva. Extensas áreas de suelos desarbolados aún permiten aumentar la superficie de plantaciones, las que se sumarían a la mitigación del cambio climático ya ejercido por los bosques existentes.

Esta expectante posición requiere, necesariamente, desarrollar investigaciones en el área de la silvicultura donde se debe estudiar la vulnerabilidad y la adaptación de los bosques frente a diferentes escenarios de magnitud de los cambios en las variables climáticas que en algunas regiones podrían ser relativamente favorables al desarrollo de los bosques y, en otras, podrían tornarse limitantes.

De acuerdo a los cambios climáticos previstos y en términos generales, las temperaturas en el país se verían incrementadas en valores en torno a 2 °C y las precipitaciones, en tanto, podrían aumentar en 15 a 25% en las zonas altiplánicas del norte y en las regiones australes, pero disminuirían en similar proporción en la zona central y sur.

Estas proyecciones permitirían visualizar efectos positivos para las regiones australes, negativos para la zona semiárida central y un panorama variado para la zona sur, en donde el aumento de temperatura podría mejorar las posibilidades forestales en la precordillera andina, pero, posiblemente, generar algunas limitaciones en el resto de esta zona, dependiendo de la magnitud de reducción de las precipitaciones y su distribución estacional.

Es sabido que la investigación en el ámbito forestal requiere plazos. INFOR ya desarrolla un programa de investigación permanente dedicado al monitoreo continuo de los recursos forestales, que estudia y cuantifica su desarrollo y sus existencias, y considera, además, variables de carácter ambiental, trabajo que asegura un buen seguimiento de la evolución del recurso.

Las variaciones climáticas que se prevén permiten anticipar que, desde el punto de vista de la silvicultura, se enfrentará una variedad de posibles situaciones, como el desplazamiento en altitud y en latitud de tipos forestales del bosque nativo o de especies de éstos, restricciones en la regeneración natural, aparición de plagas y enfermedades, variaciones en la densidad y composición florística y otras, en tanto que las plantaciones forestales podrían requerir reemplazos de especies, introducción y selección de nuevas especies, ajustes en las densidades de plantación, esquemas de manejo y turnos de cortas, además de otras medidas de adaptación que una nueva distribución geográfica de las calidades de sitio haga necesarias.

**Hans Grosse Werner**  
DIRECTOR EJECUTIVO  
INSTITUTO FORESTAL

# CONTENIDO

PRÓLOGO .....	03
INTRODUCCIÓN .....	09
EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	13
<b>El Cambio Climático.</b> Santiago Barros Asenjo .....	15
<b>El Mercado de Carbono.</b> Santiago Barros Asenjo y Roberto Ipinza Carmona .....	37
<b>Madera: Carbono Secuestrado.</b> Roberto Ipinza Carmona .....	59
EL MANEJO FORESTAL EN EL ESCENARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	65
<b>Ordenación Forestal y Cambio Climático.</b> Yasna Rojas Ponce .....	69
<b>Manejo de los Bosques para la Mitigación del Efecto Invernadero.</b> Sabine Muller- Using Wenzke y Marjorie Martin Stuvén .....	75
<b>Aportes de los Bosques Plantados al Cambio Climático.</b> Alicia Ortega Zúñiga y Roberto Ipinza Carmona .....	79
<b>Monitoreo de los Bosques.</b> Carlos Bahamondez Villarroel .....	89
<b>Índices de Vegetación y su Relación con la Captura de Carbono.</b> Dante Corti González .....	93
LA ADMINISTRACIÓN FORESTAL .....	101
<b>El Uso de los Instrumentos de Fomento para Crear, Proteger y Mejorar Bosques.</b> Juan Carlos Valencia Baier .....	103
<b>Hacer las Cosas en Forma Simple, pero con Respeto a la Naturaleza.</b> <b>Un Nuevo Paradigma para el Sector Forestal.</b> José Carter Reyes .....	111
LA ECONOMÍA DEL BOSQUE Y LA MADERA EN EL ENTORNO DEL CAMBIO CLIMÁTICO .....	121
<b>Proyección Mundial de Madera.</b> Ignacio Cerda Vargas .....	123
<b>Escenarios de Mercado para el Bosque del Futuro.</b> Jorge Cabrera Perramon .....	131





# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

El cambio climático se ha transformado en un tema de acercamiento entre las naciones hacia una meta común, que consiste en equilibrar las concentraciones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera en un nivel tal que se detenga el calentamiento global. Si este objetivo no se alcanza, las próximas generaciones heredarán un planeta con un medio ambiente considerablemente desmejorado respecto de aquel que las actuales generaciones recibieron de las anteriores.

En la denominada cumbre de la tierra, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo (UNCED), en Río de Janeiro 1992, se aceptó el principio de la sustentabilidad y se creó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), que entró en vigor en 1994. Posteriormente, en el marco de esta Convención se creó el Protocolo de Kioto en 1997, en virtud del cual los países desarrollados se comprometen a reducciones de emisiones y el Protocolo establece mecanismos de mercado para facilitar su cumplimiento, así países que no logran cumplir sus metas de reducción pueden comprar reducciones logradas en otros países y se crea de este modo lo que hoy se conoce como el mercado de carbono. Se inician así, campañas globales de cooperación entre los países sin precedentes, ante una amenaza global de compleja predicción.

No obstante el reconocimiento mundial de la urgente necesidad de reducir las emisiones de GEI, los países tienen sus propios intereses, los compromisos de reducción no avanzan al ritmo esperado y hay naciones desarrolladas que aún no ratifican acuerdos de importancia. China y EEUU encabezan el ranking mundial de emisiones y son países muy dependientes del petróleo. Especialmente compleja es la situación de EEUU, que con alrededor de un 5% de la población mundial, es responsable de casi un cuarto del consumo anual de este combustible fósil, y siendo su población casi un cuarto de la de China, consume el doble de petróleo que esta.

Las últimas dos Conferencias de las Partes en materia de cambio climático, Copenhague 2009 y Cancún 2010, han resultado discretas y no se han logrado compromisos concretos de los países industrializados más contaminantes. Se espera que en Durban 2011 se produzcan avances más positivos.

Ante el tema del calentamiento global se ha planteado una cantidad de escenarios posibles, que se basan en diferentes proyecciones de emisiones de GEI futuras, de acuerdo con la intensidad de las medidas de reducción que la humanidad pueda aplicar. Las actuales tendencias señalan que dentro del presente siglo se verían alterados globalmente los regímenes de temperaturas y precipitaciones, se reducirían drásticamente los glaciares, las nieves polares y de montañas, ascendería el nivel de los océanos y se incrementarían los eventos climáticos extremos.

Diversos estudios y proyecciones indican que ninguna zona del mundo estaría ajena al cambio climático, pero estos cambios no se distribuirían uniformemente; áreas secas que no soportan cultivos pueden tornarse productivas, pero a la inversa, las principales áreas productoras de alimentos en las zonas templadas y mediterráneas podrían verse amenazadas.

Estimaciones generales señalan que los aumentos de temperaturas medias serían entre 1,4 y 5,8 °C para fines del siglo XXI, más pronunciados en las zonas terrestres que en los océanos y mayores en las latitudes altas que en los trópicos. Como resultado de este incremento en las temperaturas, el nivel medio del mar se elevaría en el mismo período entre 0,1 y 0,9 m, y respecto de las precipitaciones medias, estas se incrementarían en las latitudes altas y en los trópicos, y disminuirían en las zonas subtropicales, aunque aumentarían los eventos climáticos extremos, en frecuencia e intensidad.

Se puede prever que estos cambios podrían representar problemas importantes para las zonas costeras, las tierras bajas y los deltas de ríos; que se producirían migraciones de especies de flora y fauna en busca de sus óptimos de temperatura o precipitación; que la biodiversidad se podría ver reducida por especies que no logren adaptarse; que las disponibilidades hídricas podrían hacerse críticas en ciertas zonas, en tanto que en otras se podrían sufrir grandes inundaciones; que muchos cultivos, agrícolas y forestales, además de actividades ganaderas, deberían ser relocalizados, por mencionar algunas.

No obstante, los efectos podrían ser positivos en regiones donde temperaturas más altas o mayores precipitaciones generarían condiciones de mejor habitabilidad y también podrían hacer posibles, o mejorar, las actividades silvoagropecuarias y su productividad.

Estos posibles cambios ambientales hacen vulnerables a los ecosistemas y al ser humano, ante lo cual es necesario considerar medidas de adaptación a las variaciones del clima, principalmente para la agricultura, la silvicultura y la ganadería y medidas de mitigación que tiendan a estabilizar el dióxido de carbono en la atmósfera y atenuar así los posibles efectos del cambio climático.

Las medidas primarias cruciales para la estabilización de los GEI en la atmósfera son evidentemente la reducción del uso de combustibles fósiles y el uso de los bosques en su rol mitigador. En la primera de ellas, se requiere indispensablemente del desarrollo de energía alternativas no convencionales que desplacen los GEI, como centrales hidroeléctricas de paso, parques eólicos, aprovechamiento de biomasa y transformación de otras energías como la solar, la mareomotriz y la geotérmica. Respecto de los bosques, se debe regular el uso de estos y los cambios de uso de la tierra, y mantener programas fuertes de prevención y control de incendios forestales, ya que, como producto de las expansiones agrícolas y ganaderas y de los incendios forestales, de acuerdo a FAO se pierden anualmente alrededor de 13 millones de hectáreas de bosques, fundamentalmente en las zonas tropicales.

El cambio climático ha venido a relevar la importancia que tienen los bosques para la sociedad y el trascendental papel que desempeñan en materias ambientales. Hoy es más urgente que nunca poner los ecosistemas boscosos bajo manejo forestal sustentable, para obtener sus múltiples beneficios sin comprometer que las generaciones futuras también lo puedan hacer.

Los bosques, mediante la fotosíntesis, absorben dióxido de carbono de la atmósfera y lo transforman en los productos necesarios para la formación de sus tejidos y para su crecimiento y, en el mismo proceso liberan oxígeno a la atmósfera. Este carbono que absorben queda fijo en los tejidos de los árboles durante toda su vida y, además, si los árboles son utilizados en la producción de madera, tableros, pulpa y papel y otros productos, el carbono continúa retenido en ellos. Por el contrario, si los bosques son destruidos y su madera se descompone o se quema, el carbono constituyente se libera a la atmósfera.

El uso de productos de madera tiene grandes ventajas ambientales frente a alternativas como aluminio, acero, concreto, ladrillos y otros, materiales que para su producción han requerido un considerable mayor consumo de energía. El incremento de su uso representaría entonces un ahorro de energía y consecuentemente menores emisiones de GEI, además valorizaría los bosques propiciando un mejor manejo de ellos y mantendría carbono retenido en los productos de madera por un tiempo indefinido.

Los bosques, bajo esquemas de manejo sostenible, pueden generar productos a perpetuidad, entre ellos importantes cantidades de leña y residuos combustibles. Los bosques naturales son en general sometidos a periódicas intervenciones para extraer trozas comerciales, las cuales no afectan su superficie sino sólo su volumen total, y estas intervenciones se repiten en la medida que el bosque crece y ofrece este producto nuevamente. Las plantaciones forestales en tanto, tienen su ciclo de rotación, al fin del cual son cortadas a tala rasa para extraer sus productos y después establecer una nueva plantación, pero tanto durante su ciclo como al fin de este generan cantidades de madera y residuos que se pueden emplear como combustible. También es posible establecer plantaciones con especies de rápido crecimiento y para reducidos períodos de rotación, con el exclusivo fin de producir combustible.

La más importante ventaja del uso de combustibles leñosos radica en que reemplazan el empleo de combustibles fósiles, como el petróleo, la parafina, el gas licuado y natural y el carbón mineral, que son altamente contaminantes.

Chile es un país forestal, dispone de 13,6 millones de hectáreas de bosques nativos y 2,3 millones de hectáreas de plantaciones forestales, además de grandes superficies de suelos forestales donde ampliar este último recurso. De la superficie de bosques nativos, unos 4 millones de hectáreas se encuentran bajo la protección del Estado en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, dentro de Parques Nacionales y Reservas Forestales, unos 7 millones de hectáreas son bosques de carácter comercial y los restantes 2,7 millones de hectáreas corresponden a bosques de protección de cursos de agua, de suelos en fuertes pendientes y de flora y fauna amenazada.

El manejo sostenible y la puesta en producción de los bosques nativos a través de todos sus bienes y servicios, la ampliación de las plantaciones forestales con todos sus beneficios económicos y de recuperación de suelos degradados y desarbolados, y el aprovechamiento de la energía proveniente de biomasa forestal, el incremento del uso de la madera y un mayor desarrollo de la industria secundaria de esta, se cuentan sin duda entre los grandes desafíos actuales del sector forestal chileno.

En el presente libro se hace una revisión del cambio climático previsto, sus causas y las medidas que la sociedad internacional está tomando para enfrentarlo; del mercado internacional de bonos de carbono que estas medidas están generando; del papel de los bosques en la mitigación del cambio climático; del manejo de los bosques en el entorno de las modificaciones climáticas, y del comercio futuro de los productos forestales.



**EL CAMBIO CLIMÁTICO**



# EL CAMBIO CLIMÁTICO

Santiago Barros Asenjo<sup>1</sup>

El clima de la Tierra está en permanente evolución por razones naturales, como las variaciones en la actividad solar, la órbita del planeta en torno al sol, la actividad volcánica, el efecto invernadero natural que produce la atmosfera y variaciones en las corrientes marinas.

El clima es la resultante de la interacción de cinco componentes principales, que son la atmosfera, la hidrosfera, la criosfera, la litosfera y la biosfera, que corresponden a la capa gaseosa que rodea a la Tierra, las aguas en estado líquido, las aguas en estado sólido, el suelo y los seres vivos, respectivamente (Bahamóndez *et al.*, 2009).

La integración de estas componentes incide sobre el clima, tanto en lo que respecta a lo que se conoce popularmente como el tiempo, como al clima a largo plazo, que se expresa en condiciones meteorológicas generales caracterizadas por valores medios de variables como temperatura, precipitación, viento y otras.

No obstante, desde la Revolución Industrial la actividad humana ha estado crecientemente alterando la composición de la atmosfera, incrementando la concentración de gases de efecto invernadero en ella, principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), debido a la actividad industrial, al consumo de combustibles fósiles y a la deforestación (Figura N° 1).

Esta alteración de la composición de gases en la atmosfera, está propiciando un calentamiento global y generando progresivamente un cambio climático en el planeta, cuyas consecuencias en el largo plazo podrían comprometer la vida sobre este.



**Figura N° 1.** EMISIÓN DE GASES A LA ATMOSFERA, INCENDIOS FORESTALES Y DEFORESTACIÓN, PRINCIPALES AGENTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal, Mención Manejo Recursos Forestales, Universidad de Chile. DGS Universidad Adolfo Ibáñez. Unidad Relaciones Internacionales y Transferencia Tecnológica, Instituto Forestal. sbarros@infor.cl

## EFFECTO INVERNADERO NATURAL

El efecto invernadero natural es trascendental para la vida sobre el planeta, tal y como hoy se la conoce. La radiación solar, en forma de onda electromagnética, atraviesa la atmósfera, donde es atenuada en parte por reflexión por las nubes y por absorción por gases como el dióxido de carbono y el vapor de agua. La energía solar que llega a la superficie terrestre, continental y oceánica, es en su mayor parte absorbida, calentando la Tierra y los océanos, y en una parte menor reflejada como radiación infrarroja de onda larga hacia la atmósfera.

Gran parte de esta energía infrarroja es absorbida y vuelta a reflejar por los gases naturales de efecto invernadero, que son vapor de agua ( $H_2O$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido de nitrógeno ( $N_2O$ ) y ozono ( $O_3$ ), y una parte de ella vuelve a la Tierra. Este proceso es conocido como efecto invernadero natural y permite que la temperatura terrestre alcance una media cercana a los  $14\text{ }^{\circ}C$  (Figura N° 2), caso contrario la temperatura media sería cercana a los  $-18\text{ }^{\circ}C$  y no haría posible la vida sobre el planeta (Neuenschwander, 2010).

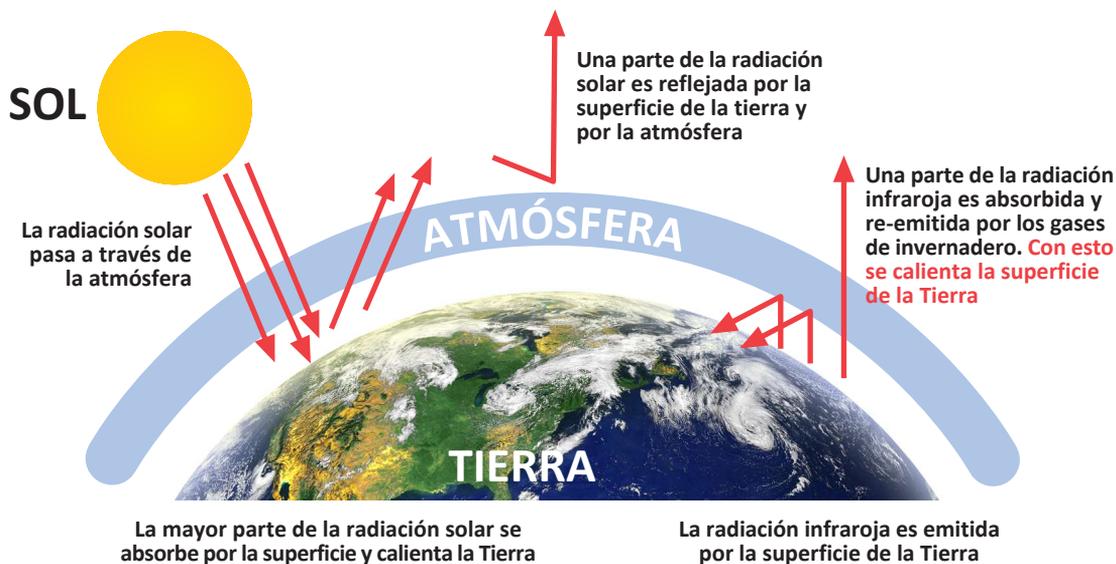


Figura N° 2. EFECTO INVERNADERO NATURAL

## CAMBIO CLIMÁTICO

IPCC<sup>2</sup> (2001) define el cambio climático como una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado, normalmente decenios o más, y señala que este se puede deber a procesos naturales o a cambios del forzamiento externo, como erupciones volcánicas, variaciones solares, o bien a cambios persistentes antropogénicos, es decir inducidos por el hombre, en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra.

CMNUCC<sup>3</sup> (1992) se refiere al cambio climático en forma más específica, situando al hombre como causa principal, y definiéndolo como un cambio en el clima, atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo comparables.

Existe ya abundante evidencia respecto de un cambio climático en el planeta, que es de origen antropogénico, principalmente a través de la deforestación, la actividad industrial y el transporte. La Revolución Industrial, cuyos inicios se remontan a la mitad del siglo XVIII, genera el mayor conjunto de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la historia de la humanidad desde el Neolítico. El trabajo manual como base de la economía fue reemplazado por la industria y la manufactura basada en el desarrollo de máquinas, la división del trabajo y la producción en serie.

Se desarrolla la máquina de vapor y sus aplicaciones a la industria y el transporte, se masifican el ferrocarril y los vapores, se intensifica la minería, aumenta la producción de alimentos con nuevas técnicas de cultivo y el uso de fertilizantes, mejora la medicina y se reducen las enfermedades y pestes. Para fines del período ya se han incorporado los motores de combustión interna, alimentados por petróleo o gasolina, y se ha iniciado la aviación.

Esto trae un sinnúmero de avances, dados por el incremento de la producción y la productividad y el mejoramiento de las condiciones de vida, en términos de salud y alimentos, y aumenta la población.

Sin embargo, todo este acelerado desarrollo y el aumento de la población, traen aparejada una fuerte presión sobre los recursos naturales, con la deforestación y la degradación de suelos, el incremento del uso de carbón mineral y la progresiva masificación del consumo de combustibles derivados del petróleo, como el diesel, la gasolina, el kerosene y el gas natural.

Se inicia así, una creciente emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera, entre los cuales el principal es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

2 Panel Internacional de Expertos en Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés)

3 Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

## GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Como se mencionó, existe un efecto invernadero natural indispensable para la vida sobre la Tierra, en el cual los gases naturales de efecto invernadero presentes en la atmósfera evitan el escape desde la Tierra del calor recibido del sol, permitiendo así temperaturas que hacen posible la vida.

Sin embargo, el cambio climático que se está evidenciando en el planeta se debe a aumentos sin precedentes en las concentraciones de algunos de estos gases de efecto invernadero en la atmósfera, muy principalmente del CO<sub>2</sub>.

Desde la Revolución Industrial las emisiones de GEI a la atmósfera ha aumentado en forma dramática y, si bien son gases de origen natural, como el CO<sub>2</sub>, el aumento desmedido de sus concentraciones genera los que se conoce como efecto invernadero natural aumentado (Neuenschwander, 2010), que calienta las capas bajas de la atmósfera y la superficie terrestre y está provocando el calentamiento global y el cambio climático.

El CO<sub>2</sub> se origina normalmente en la respiración de los seres vivos, en la descomposición de la materia orgánica y en otras fuentes, pero es emitido en grandes cantidades por la deforestación, cuando la madera libera el carbono que la constituye si se descompone o se quema, y por la combustión de carbón mineral y derivados del petróleo.

El CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O se originan en la actividad agrícola, principalmente en la ganadería y en el uso de fertilizantes (Neuenschwander, 2010). Se suman a estos otros GEI que son emitidos por la actividad industrial, como el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC), que se emplean en aerosoles, refrigerantes y algunos procesos industriales.

Neuenschwander (2010) señala que desde la Revolución Industrial las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O han aumentado como resultado de la actividad humana y que actualmente superan ampliamente los niveles pre industriales, situación que se ha demostrado mediante el estudio de hielos que datan de muchos cientos o miles de años. El GEI más importante, el CO<sub>2</sub>, ha pasado de 280 ppm<sup>4</sup> a 384 ppm; el CH<sub>4</sub> de 715 a 1.774 ppmm<sup>5</sup>; y el N<sub>2</sub>O de 270 a 319 ppmm.

## CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS

IPCC (2002) indica que los cambios esperados en el clima incluyen el aumento de las temperaturas, variaciones en las precipitaciones, elevación del nivel del mar y una creciente frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos que producen mayor variabilidad climática.

---

4 ppm: Partes por millón, en volumen.

5 ppmm: Partes por mil millones, en volumen.

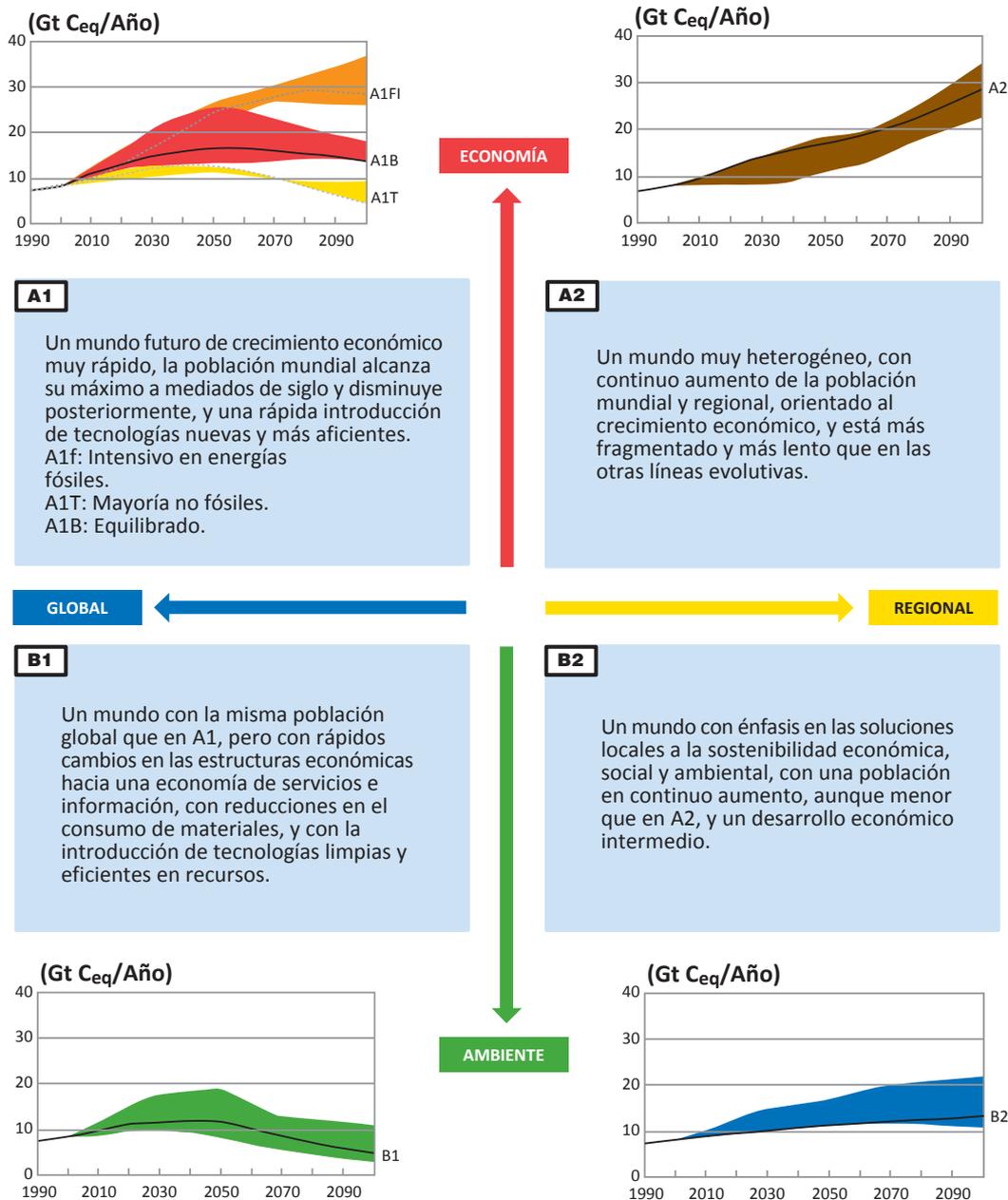
Respecto de las dimensiones y efectos del cambio climático, IPCC (2007) señala que ya en las últimas décadas se registran evidencias de cambio en las principales variables climáticas y hace algunas proyecciones para los próximos decenios, en función de varios escenarios futuros de emisiones de GEI.

El calentamiento global es ya un hecho y se evidencia en el aumento observado de las temperaturas medias mundiales de temperatura del aire y de los océanos, en el derretimiento de nieves y hielos y en el incremento de los niveles medios del mar.

De los doce años transcurridos entre 1995 y 2006, once figuran entre los más cálidos desde que hay registros instrumentales de temperatura (1850). La temperatura media aumentó en 0,74 °C durante el siglo XX y el nivel medio del mar ha subido a razón de 1,8 mm/año desde 1961 y de 3,1 mm/año desde 1993, debido a la dilatación térmica del agua y a los deshielos de glaciares y hielos polares. Desde 1978 la superficie de los hielos del ártico se ha reducido en un 2,7% cada diez años y los glaciares y cubiertas de nieve han disminuido en ambos hemisferios (IPCC, 2007).

Las proyecciones del cambio climático hacia el futuro dependen fundamentalmente de la evolución de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>. Al respecto, IPCC (2002) hace estimaciones bajo una variedad de escenarios de emisiones futuras, y señala que, según estos escenarios de emisiones, la temperatura media de la superficie terrestre habría subido entre 1,4 y 5,8 °C para fines del siglo XXI, con un calentamiento más alto en las zonas terrestres que en los océanos y mayor en las latitudes altas que en los trópicos.

Los escenarios de emisiones futuras son un conjunto de supuestos de emisiones (40 en cuatro familias: A1, A2, B1 y B2) desarrollado por IPCC (2000), asociados al uso de la energía, el desarrollo industrial, los cambios en el uso de la tierra, el crecimiento de la población, el desarrollo económico, diversas consideraciones sociales y otras fuerzas determinantes de los niveles de emisiones (Figura N° 3). Mediante estos escenarios se proyectan las emisiones futuras de GEI hasta fines del siglo XXI y sobre la base de estas se aplican los modelos climáticos que estiman los cambios esperables.

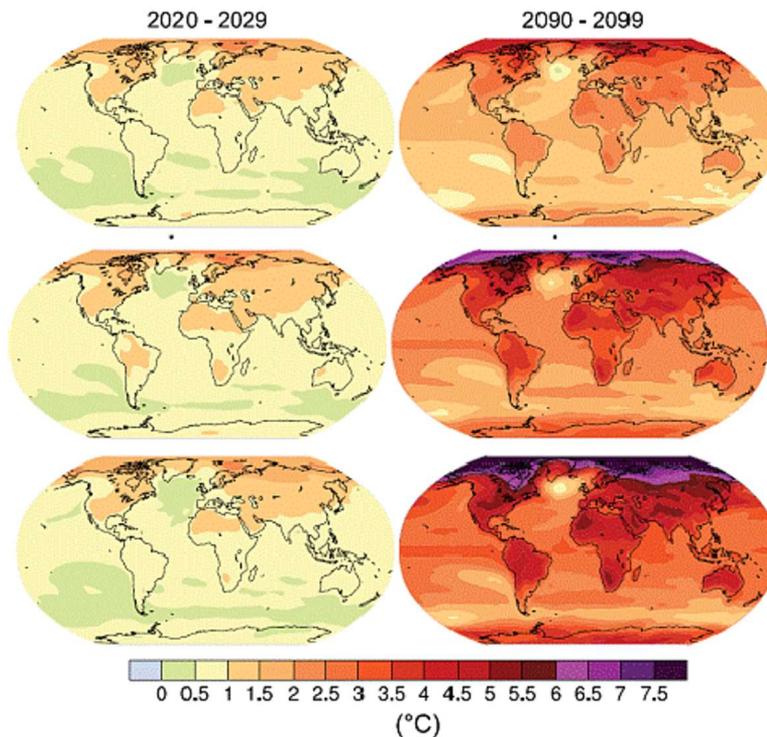


**Figura N° 3.** FAMILIAS DE ESCENARIOS DE EMISIONES DE GEI IPCC 2000 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y EMISIONES RESULTANTES BAJO CADA UNA.

Se puede apreciar que de cumplirse alguno de los escenarios del grupo A1F, de la familia A1; un mundo con fuerte aumento de población, rápido crecimiento económico e intensivo en el uso de combustibles fósiles, los niveles actuales de emisiones de CO<sub>2</sub> prácticamente se verían cuadruplicados para fines del siglo XXI, y semejante sería la situación con los escenarios de la familia A2.

Resulta evidente que sólo las tecnologías limpias, la reducción del uso de combustibles fósiles y un accionar global hacia la sustentabilidad, harían posible un cierto equilibrio en los niveles de emisiones para fines del siglo XXI, según se aprecia en los grupos de escenarios A1T, de la familia A1, y aquellos de la familia B1.

De acuerdo a los escenarios más extremos empleados por IPCC, los aumentos de temperatura a nivel global podrían darse como se indica en la Figura N° 4. Modelos climáticos que se han aplicado recientemente dan estimaciones que indican que el calentamiento global podría situarse en una media de 0,3 °C por cada diez años, bajo el supuesto que no se apliquen políticas de reducción de emisiones.



(Fuente: IPCC, 2007)

**Figura N° 4.** AUMENTO DE LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL

Como resultado de este incremento en las temperaturas, el nivel medio del mar se habrá elevado en el mismo período entre 0,1 y 0,9 m, y respecto de las precipitaciones medias se esperan aumentos en las latitudes altas y en los trópicos y disminuciones en las zonas sub tropicales, aunque aumentarían los eventos de precipitaciones muy intensas (IPCC, 2002).

En términos muy generales, resulta fácil prever que estos cambios podrían representar problemas importantes para las zonas costeras, las tierras bajas, los deltas de ríos, como los grandes deltas de África y Asia; que se producirán migraciones de especies de flora y fauna en busca de su óptimos de temperatura o precipitación; que la biodiversidad se podría ver reducida por especies que no logren adaptarse; que las disponibilidades hídricas pueden hacerse críticas en ciertas zonas, en tanto que en otras se podrán sufrir grandes inundaciones; que muchos cultivos, agrícolas y forestales, además de actividades ganaderas, deberán desplazarse; y muchas otras consecuencias, mayormente negativas.

Sin embargo, los efectos pueden ser positivos en regiones donde temperaturas más altas o mayores precipitaciones generarían condiciones de mejor habitabilidad y también podrían hacer posibles, o mejorar, las actividades silvoagropecuarias y su productividad. Ejemplos de esto pueden darse en regiones de latitudes altas, principalmente del hemisferio sur, donde se incrementarían ambas variables climáticas, y regiones templadas en donde las mayores temperaturas, si no van acompañadas de reducciones importantes de precipitaciones, pueden elevar sus rendimientos para cultivos agrícolas y forestales y para ganadería.

## CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

DGF<sup>6</sup> (2006), a solicitud de CONAMA<sup>7</sup>, efectúa un análisis del clima en Chile durante el siglo XX y efectúa proyecciones hacia el siglo XXI, dentro del marco del cambio climático global y considerando dos escenarios para la evolución futura de las emisiones de gases de efecto invernadero de IPCC, uno moderado (B2) y uno severo (A2).

### CLIMA OBSERVADO SIGLO XX

En la serie de precipitaciones medidas desde el año 1930 hasta el año 2000, se aprecia que entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía hay una tendencia decreciente hasta aproximadamente 1970, la cual se revierte en las décadas posteriores con inviernos relativamente más lluviosos y una tendencia con su mayor intensidad en el período 1955 - 1985. Distinta es la situación en la zona sur y austral, donde la tendencia es creciente hasta mitad de los años 70 y posteriormente decreciente hasta ahora.

---

6 Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile

7 Comisión Nacional de Medio Ambiente. Chile (hoy Ministerio de Medio Ambiente)

Respecto de las temperaturas medias, Aceituno *et al.* (1992) y Rosenbluth *et al.* (1997) (citados por DGF, 2006) indican que a partir de los años 40 el régimen térmico ha sido relativamente estacionario, con la excepción de la zona sur donde se observa un marcado descenso en las temperaturas medias. En cuanto a las extremas diarias, desde 1960 el comportamiento es estable, exceptuando la zona comprendida entre las regiones Metropolitana y Bio Bio que muestran aumentos de 0,05 °C y 0,18 °C en las medias anuales de temperaturas máximas y mínimas, respectivamente.

## PROYECCIONES HACIA EL SIGLO XXI

DGF (2006) emplea en su estudio modelos climáticos globales y regionales<sup>8</sup> para desarrollar proyecciones climáticas hacia fines del siglo XXI y entrega estimaciones para el comportamiento futuro de las temperaturas medias y las precipitaciones medias, además de algunas estimaciones sobre las variaciones en el nivel medio del mar. Esto bajo los escenarios ya mencionados de emisiones futuras de IPCC.

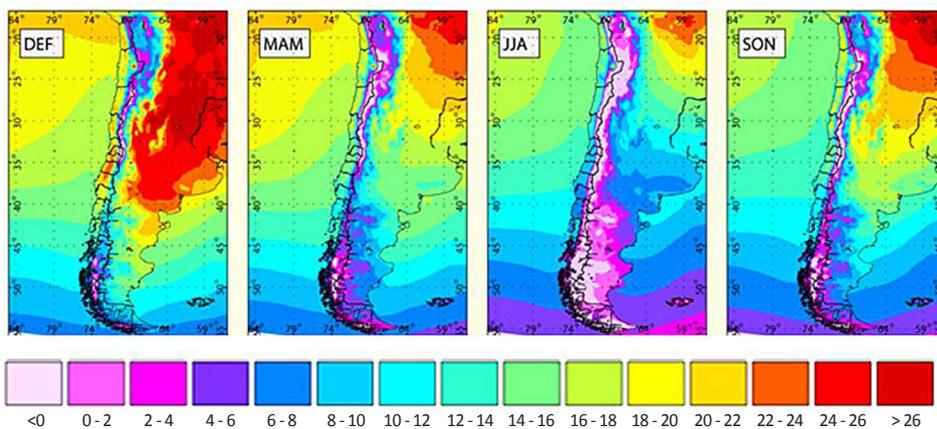
### - Temperatura

Las temperaturas medias se incrementarían en todo el país y el incremento es mayor bajo el escenario de emisiones más severo de IPCC (A2) (Figura N° 5).

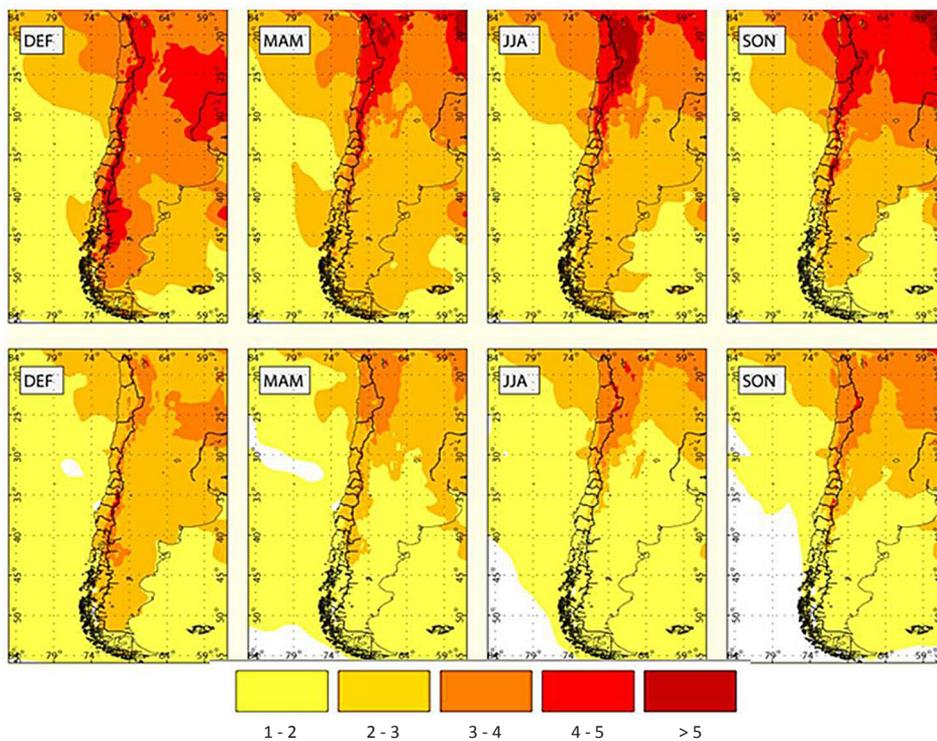
En comparación con el clima actual y bajo el escenario A2, las temperaturas medias subirían entre 2 y 4 °C, variación que sería más acentuada en las áreas cordilleranas andinas, y el incremento sería decreciente de norte a sur. Sólo en las regiones australes y bajo el escenario más moderado de emisiones de IPCC (B2) hay zonas en que el aumento de las temperaturas podría ser menor a 1 °C. El aumento de temperaturas medias es mayor en verano, y podría ser de más de 5 °C en áreas andinas.

Para mediados del siglo XXI se esperaría un ascenso de la isoterma 0 °C en 300 a 500 m de altitud respecto del clima actual (Figura N° 6).

8 PRECIS: (Providing Regional Climates for Impact Studies). Modelo Regional desarrollado por la Oficina Meteorológica del Reino Unido, y HadCM3: (Hadley Center Climate Model, version 3). Modelo General de Circulación, modelo acoplado atmosfera-océano, desarrollado por Hadley Center del Reino Unido.

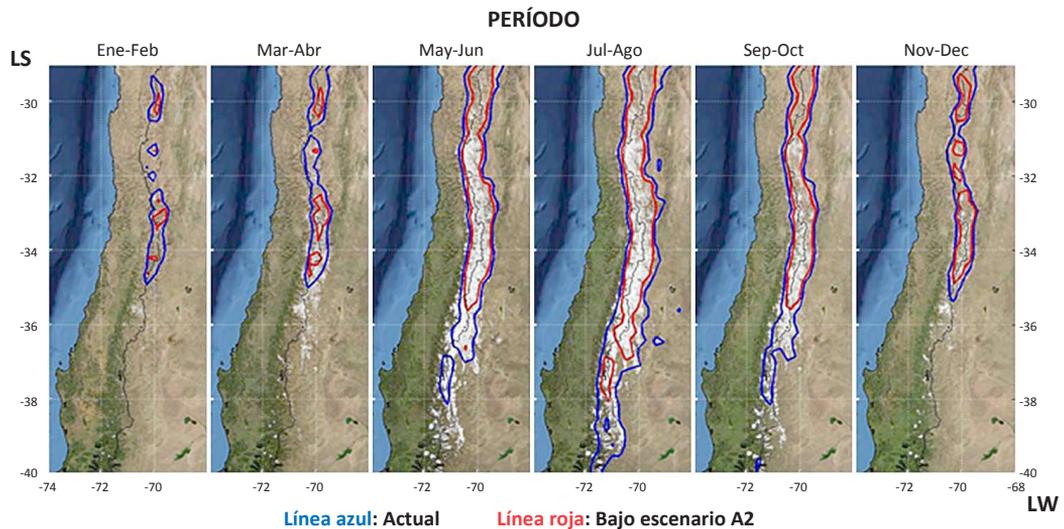


Temperatura (°C)



(Fuente: DGF, 2006)

**Figura N° 5.** TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS (°C) ACTUALES (ARRIBA) E INCREMENTO SOBRE ESTAS MEDIAS (°C) PARA FINES DEL SIGLO XXI SEGÚN ESCENARIO A2 (AL MEDIO) Y B2 (ABAJO) SEGÚN ESTACIONES DEL AÑO.



(Fuente: DGF, 2006)

**Figura N°6.** VARIACIÓN DEL ÁREA SOBRE LA ISOTERMA 0 °C DURANTE EL AÑO.

### - Precipitación

Aumento de las precipitaciones de primavera y verano en los sectores altiplánicos, incremento más importante en primavera en el extremo norte, bajo el escenario más severo (A2), y más parejo hacia la región de Antofagasta, bajo el escenario más moderado (B2) (Figura N° 7).

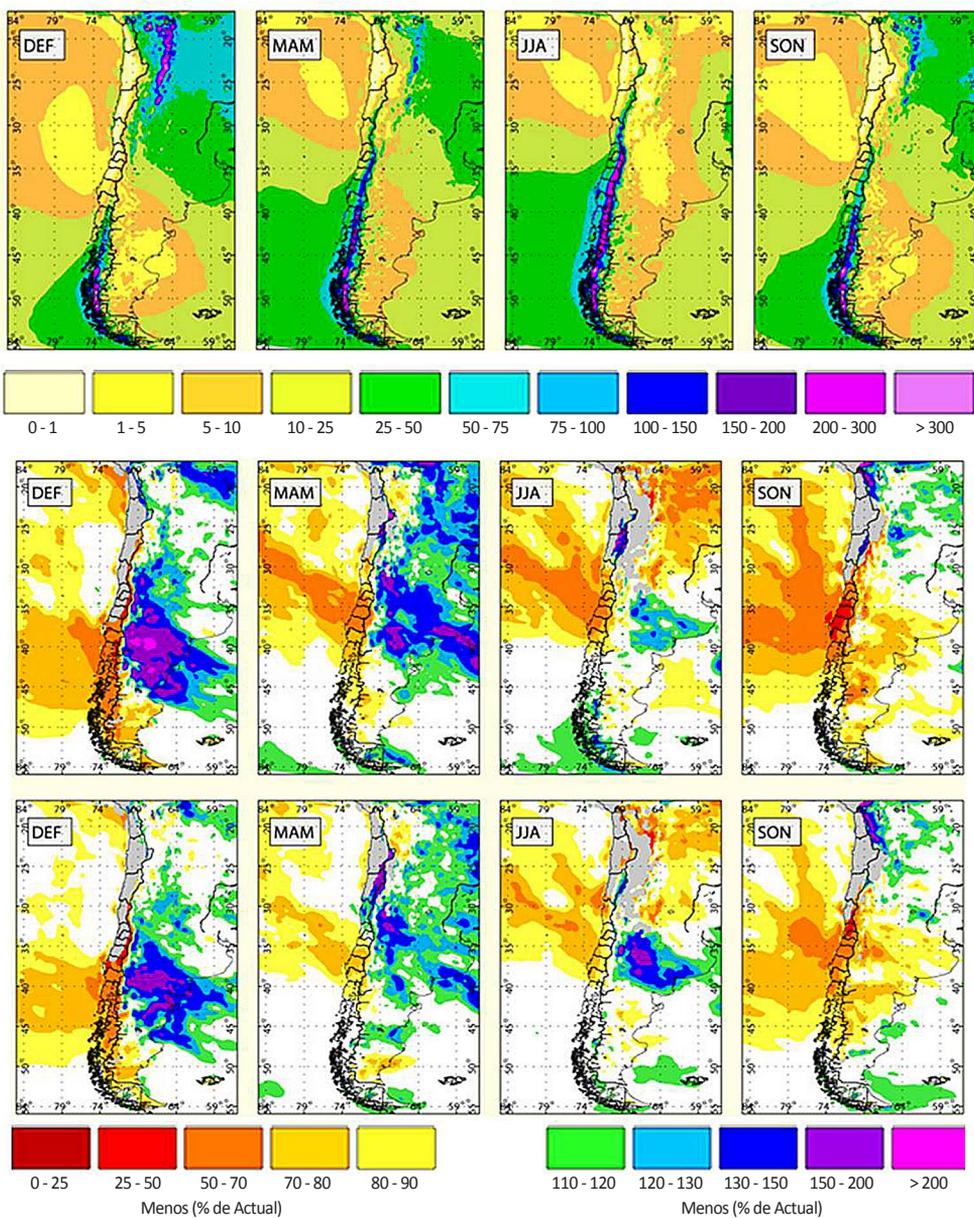
Entre las regiones de Atacama y Valparaíso el incremento de las precipitaciones, bajo el escenario B2, abarca todo el territorio en otoño, pero en invierno afecta solo a las zonas andinas y es decreciente de norte a sur.

En la parte central del país se reducen las precipitaciones bajo el escenario A2 y lo mismo ocurre bajo el escenario B2, exceptuando el otoño desde la región de Valparaíso al norte.

La reducción de precipitaciones en la zona central es de alrededor del 40% y más aún hacia la pre cordillera andina en verano, pero es menor en otoño e invierno bajo el escenario B2.

La zona sur mantiene precipitaciones como las actuales en otoño e invierno, pero estas se reducen en un 25% en primavera y alrededor de 40% en verano.

Las regiones australes sufren una disminución de sus precipitaciones en verano de alrededor de 25%, pero se mantienen las de invierno, y en el extremo sur hay cierto aumento durante todo el año.



(Fuente: DGF, 2006)

**Figura N° 7.** PRECIPITACIONES MEDIAS (cm/año) ACTUALES (ARRIBA) Y VARIACIÓN (%) PARA FINES SIGLO XXI SEGÚN ESCENARIO A2 (AL MEDIO) Y B2 (ABAJO) SEGÚN ESTACIONES DEL AÑO

## - Nivel del Mar

En las costas chilenas se ha registrado una variación general del nivel del mar desde el norte, con un descenso en unos 20 cm, hacia los sectores circumpolares australes donde hay ascensos de unos 10 cm.

Como proyección para fines del siglo XXI, la información disponible permitiría prever elevaciones del nivel del mar de 16 a 28 cm, bajo el escenario A2, y de 14 a 24 cm, bajo el escenario B2.

Estas variaciones no parecen representar un problema serio para la mayor parte del litoral chileno (DGF, 2006).

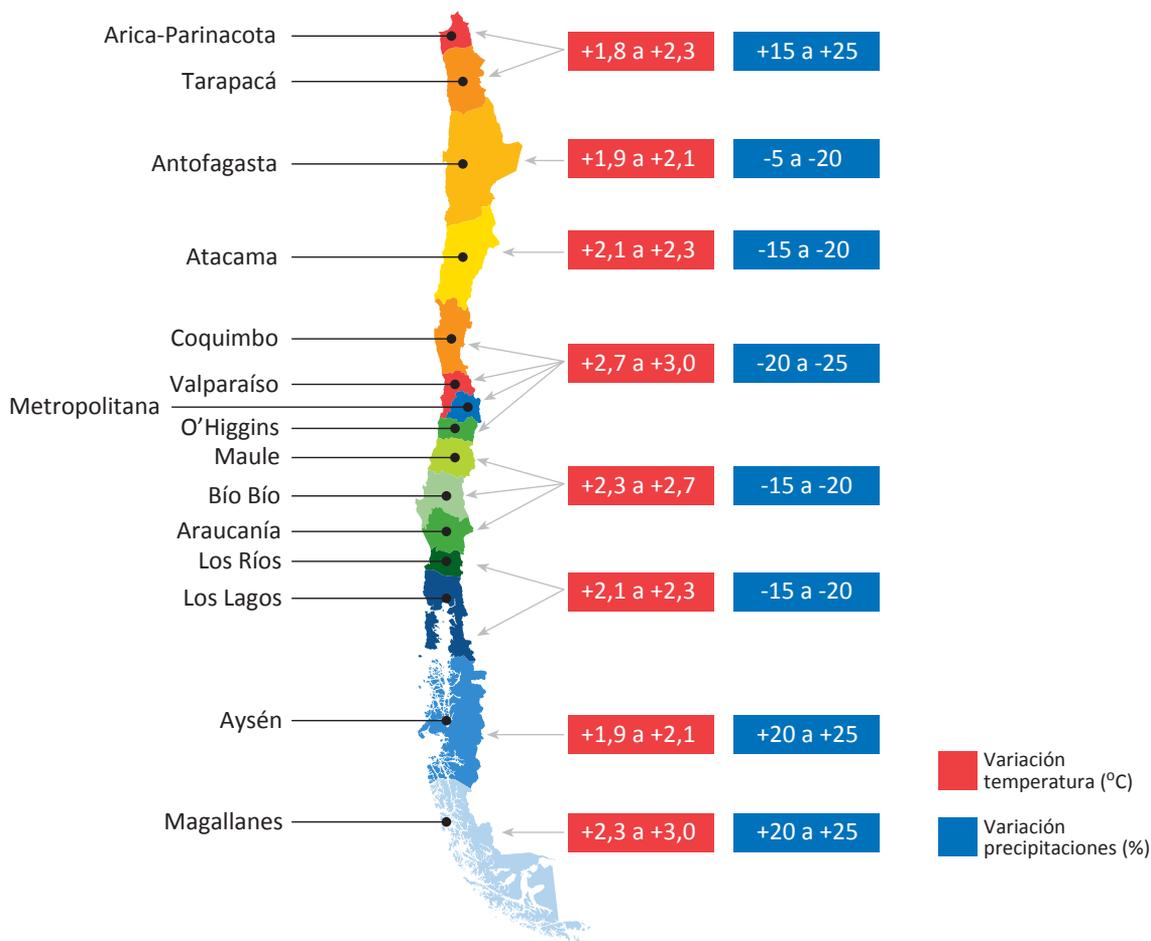
El país podría entonces presentar condiciones climáticas diferentes para fines del siglo XXI en lo que se refiere a las temperaturas y precipitaciones, en especial bajo el escenario de emisiones más severo (A2).

Un desplazamiento de la isoterma 0 °C a mayor altura disminuiría la capacidad de almacenamiento de nieve en los sectores cordilleranos y las crecidas estacionales de los ríos serían más intensas. Sin embargo, este cambio podría habilitar importantes superficies de suelos, en pre cordillera y valles altos, para actividades agrícolas, forestales y ganaderas, donde hoy no son posibles por las bajas temperaturas (Figura N° 6).

Las zonas cordilleranas entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos, que representan la parte más productiva del país y que alberga la mayor parte de la capacidad instalada de generación hidroeléctrica, mostraría una reducción de las áreas sobre la isoterma 0 °C, disminución que sería muy significativa en el período enero-abril.

Las precipitaciones en general se reducirían, con la excepción de las zonas altiplánicas del norte en verano y las zonas australes en invierno. El país, entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos, vería reducidas sus precipitaciones, y esta disminución se manifestaría también en verano entre las regiones de La Araucanía y Aysén, y más al norte por la zona andina.

Neuenschwander (2010) sintetiza esquemáticamente las variaciones de temperatura y precipitación a través de las regiones del país (Figura N° 8) para mediados del siglo XXI, mostrando aumentos en las temperaturas medias de 1,8 a 3,0 °C, y disminuciones en los montos de las precipitaciones medias de 15 a 25%, excepción a esto último son las regiones del extremo norte, Arica y Parinacota y Tarapacá, en los sectores altiplánicos, donde se incrementarían los montos en 15 a 25%, y las regiones australes, Aysén y Magallanes, donde se incrementarían en 20 a 25%.



(Fuente: Modificado de Neuenchwander, 2010)

**Figura N°8.** VARIACIONES EN LA TEMPERATURAS MEDIAS (°C) Y PRECIPITACIONES MEDIAS (%) PARA EL AÑO 2040

## EL MUNDO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

A fines de la década de los 60, con el establecimiento del Programa Mundial de Investigación Atmosférica, se manifiesta una primera inquietud concreta frente al cambio climático, sin embargo no hay un tratamiento político del problema hasta 1972, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano.

En los años 70, empieza a crecer la preocupación por el tema frente a diversos estudios científicos que plantean la relación entre las emisiones de GEI a la atmosfera provocadas por el hombre y el incremento del efecto invernadero natural, un posible calentamiento global y un cambio climático en desarrollo.

En el año 1979, en la Conferencia Mundial sobre Clima, realizada en Estocolmo, se acuerda pedir a los gobiernos que se inicie una acción global frente a esta amenaza.

En 1988 se efectúa en Canadá, la Conferencia de Toronto sobre Cambios en la Atmosfera, que fue la primera en la que científicos y políticos discutieron sobre las medidas a tomar para combatir el cambio climático, y se recomendó a los países industrializados reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% para el año 2005, tomando como base aquellas de 1988.

El mismo año, la Organización Mundial Meteorológica (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crean el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés), cuyo objetivo es evaluar el problema y sus alcances y proponer soluciones.

IPCC en su primera información en 1990 ya señala que, al ritmo de emisiones de ese momento, se producirá un calentamiento global sin precedentes en el siglo XXI, lo que motiva a la Asamblea General de las Naciones Unidas el mismo año a solicitar que se inicien negociaciones para constituir una convención internacional para abordar el tema y se crea el Comité Intergubernamental de Negociación para una Convención Marco sobre Cambio Climático.

El mencionado comité elabora un proyecto que en la Cumbre de Río de 1992, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, con la participación de 172 gobiernos, se transforma en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), que entra en vigor en el año 1994 y a la cual han adherido ya 194 países.

El órgano principal de la CMNUCC es la denominada Conferencia de las Partes (COP), constituida por representantes de todos los países que han adherido a la Convención. La primera Conferencia de las Partes (COP 1) se efectuó en Berlín el año 1995 y posteriormente se ha realizado ininterrumpidamente en forma anual, en distintos países, hasta la COP 16 en Cancún 2010.

En la COP 3, el año 1997 en Kioto, Japón, sobre la base de informes de IPCC, se aprueba el Protocolo de Kioto (PK), acuerdo en el cual los países industrializados se comprometen a reducir sus emisiones de GEI en al menos un 5,2% para el período 2008-2012, respecto de aquellas de 1990.

En sucesivas COP; COP 1 Berlín, 1995; COP 2 Ginebra, 1996; COP 3 Kioto, 1997; COP 4 Buenos Aires, 1998; COP 5 Bonn, 1999; COP 6 La Haya, 2000; COP 7 Bonn, 2001; COP 7 Marrakech, 2001; COP 8 Nueva Delhi, 2002; COP 9 Milán, 2003; COP 10 Buenos Aires, 2004; COP 11 Montreal, 2005; COP 12 Nairobi, 2006; COP 13 Bali, 2007; COP 14 Poznan, 2008; COP 15 Copenhague, 2009; y COP 16 Cancún, 2010, se han venido negociando acuerdos y planes de acción de carácter vinculante para implementar la CMNUCC y el PK, reducir los niveles de emisiones y lograr el objetivo de largo plazo que es la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera en niveles aceptables (Figura N° 9).

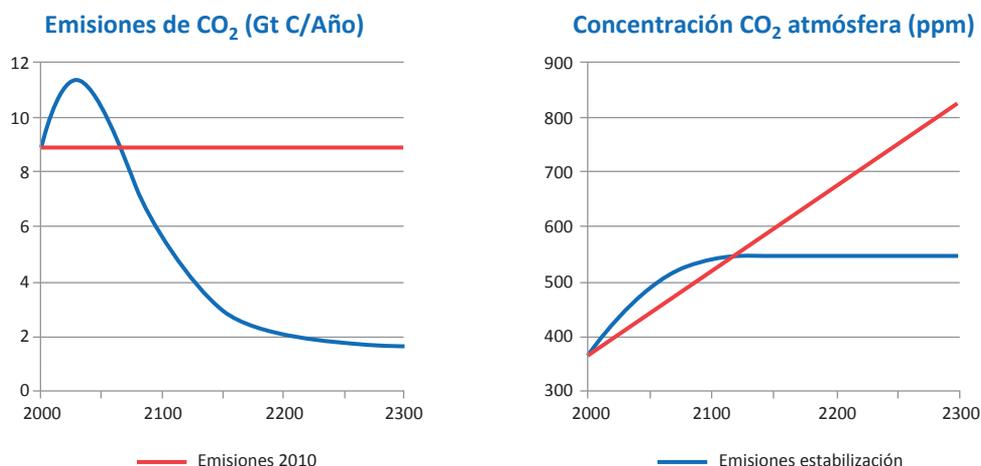


Figura N°9. OBJETIVO DE LOS ACUERDOS Y CONVENCIONES SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO<sup>9</sup>

Enfrentar los posibles efectos del cambio climático requiere del estudio de la vulnerabilidad ante estos cambios, de la adaptación a ellos y de las medidas de mitigación posibles.

FAO (s/f) define estos conceptos:

**Vulnerabilidad:** Potencial de un sistema de sufrir daños a causa del cambio climático, teniendo en cuenta las repercusiones del cambio climático en el sistema así como la capacidad de éste de adaptarse.

**Adaptación:** Actividades de individuos o sistemas para evitar, resistir o aprovechar la variabilidad, los cambios y los efectos del clima actuales o previstos. La adaptación disminuye la vulnerabilidad de un sistema o aumenta su capacidad de recuperación ante las repercusiones.

**Capacidad de adaptación:** Habilidad inherente de un sistema de adaptarse a los efectos del cambio climático.

**Mitigación:** Medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por fuente y de incrementar la eliminación de carbono mediante sumideros.

**Capacidad de recuperación:** Habilidad de un sistema de soportar los efectos negativos sin perder sus funciones básicas.

9 Los GEI se acumulan en la atmósfera y su permanencia en ella es prolongada, por esta razón, si se mantiene constante la tasa de emisión al nivel de 2010, la concentración de GEI en la atmósfera se duplicaría en 300 años. Además, dado el actual nivel de emisiones no es posible reducir las de inmediato sin comprometer seriamente la economía mundial, por lo que importantes reducciones de emisiones desde mediados de siglo sólo podrían mostrar tendencia a la estabilización de las concentraciones en la atmósfera para fines de siglo.

IPCC (1997) hace una evaluación de la vulnerabilidad, por regiones del mundo, centrado principalmente en los ecosistemas, en la hidrología y los recursos hídricos, en la producción de alimentos y fibras, en los sistemas costeros, en los asentamientos humanos y en la salud humana.

## CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) o United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) tiene como órgano principal la COP, además de una Secretaría y órganos asesores, y su financiamiento es provisto por los países partes y donaciones voluntarias, principalmente de países desarrollados, y es administrado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

Esta Convención define conceptos básicos en el tema, establece principios de acción y compromisos para las partes (CMNUCC, 1992):

### - Definiciones

**Efectos adversos del cambio climático:** 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.

**Cambio climático:** Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

**Sistema climático:** La totalidad de la atmosfera, la hidrosfera, la biosfera y la geosfera, y sus interacciones.

**Emisiones:** Liberación de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmosfera en un área y un período de tiempo especificados.

**Gases de efecto invernadero:** Componentes gaseosos de la atmosfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja.

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

**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 atmosfera.

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

### - Principios

Las Partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes, pero diferenciadas en sus respectivas capacidades. En consecuencia, las Partes que son países desarrollados deberían tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático y sus efectos adversos.

Deberían tenerse plenamente en cuenta las necesidades específicas y las circunstancias especiales de las Partes que son países en desarrollo, especialmente aquellas que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, y las de aquellas Partes, especialmente si son países en desarrollo, que tendrían que soportar una carga anormal o desproporcionada en virtud de la Convención.

Las Partes deberían tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo, las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas, tomando en cuenta que las políticas y medidas para hacer frente al cambio climático deberían ser eficaces en función de los costos a fin de asegurar beneficios mundiales al menor costo posible.

Las Partes tienen derecho al desarrollo sostenible y deberían promoverlo. Las políticas y medidas para proteger el sistema climático contra el cambio inducido por el ser humano deberían ser apropiadas para las condiciones específicas de cada una de las Partes y estar integradas en los programas nacionales de desarrollo, tomando en cuenta que el crecimiento económico es esencial para la adopción de medidas encaminadas a hacer frente al cambio climático.

Las Partes deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional abierto y propicio que condujera al crecimiento económico y desarrollo sostenible de todas las Partes, particularmente de aquellas que son países en desarrollo, permitiéndoles de ese modo hacer frente en mejor forma a los problemas del cambio climático. Las medidas adoptadas para combatir el cambio climático, incluidas las unilaterales, no deberían constituir un medio de discriminación arbitraria o injustificable ni una restricción encubierta al comercio internacional.

### - Compromisos

Las Partes adquieren compromisos al ratificar la Convención, en forma acorde con los principios descritos, en especial sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes, pero diferenciadas en sus respectivas capacidades, lo que da

ciertos niveles de compromisos diferentes para los países desarrollados y los países en desarrollo, que están dados por sus responsabilidades en el cambio climático, su potencial económico para enfrentarlo y otros aspectos.

Para estos efectos, la Convención distingue:

- Países Desarrollados (41), en Anexo I
- Países en Transición a Economías de Mercado (24), en Anexo II
- Países en Desarrollo (unos 130), denominados No Anexo I

Adicionalmente, entre los No Anexo I, distingue países particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático de acuerdo a si son países:

- Insulares pequeños
- Con zonas costeras bajas
- Con zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal
- Con zonas propensas a los desastres naturales
- Con zonas expuestas a la sequía y a la desertificación
- Con zonas de alta contaminación atmosférica urbana
- Con zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos
- Con economías que 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
- Sin litoral y países de tránsito

Los siguientes son compromisos generales de todas las partes:

- Elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la COP inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal<sup>10</sup>, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la COP.

---

10 Acuerdo internacional de 1987 específico para la protección de la capa de ozono.

- Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático.
- Promover la gestión sostenible de los sumideros y depósitos de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, incluyendo la biomasa, los bosques y los océanos, así como otros ecosistemas terrestres, costeros y marinos.
- Incluir en la medida de lo posible las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes, y emplear métodos apropiados con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas para mitigar el cambio climático o para adaptarse a él.

#### Compromisos para los países desarrollados:

- Se comprometen a adoptar políticas nacionales que limiten sus emisiones de gases de efecto invernadero y protejan y mejoren sus sumideros y depósitos, con el objeto de demostrar que los países desarrollados están tomando la iniciativa en lo que respecta a modificar las tendencias a más largo plazo de las emisiones.
- Los países desarrollados presentarán, dentro de los seis meses siguientes a la entrada en vigor de la Convención, y periódicamente de allí en adelante, información detallada acerca de las políticas y medidas y de las proyecciones resultantes de emisiones y absorción por sumideros, con el fin de volver, individual o conjuntamente, a los niveles de emisiones de 1990, información que será revisada por la COP.
- Estudiarán a fondo las medidas que sea necesario tomar en virtud de la Convención, incluso medidas relacionadas con el financiamiento, los seguros y la transferencia de tecnología, para atender a las necesidades y preocupaciones específicas de las Partes que son países en desarrollo, derivadas de los efectos adversos del cambio climático o del impacto de la aplicación de medidas de respuesta, en especial de los países particularmente vulnerables.

## PROTOCOLO DE KIOTO

El Protocolo de Kioto (PK) es un acuerdo internacional, dentro del ámbito de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), aprobado en la Conferencia de las Partes 3 (COP 3), realizada en Kioto, Japón, en 1997, mediante el cual los países industrializados y la Comunidad Europea se comprometen a reducir sus emisiones de GEI en al menos un 5,2% para el período 2008-2012, respecto de aquellas de 1990.

Una importante característica del PK es que fija metas vinculantes de reducción de emisiones para 37 países del Anexo I, reforzando así significativamente los objetivos de la CMNUCC, ya que en tanto esta Convención promueve las reducciones de emisiones, el Protocolo las transforma en un compromiso de las Partes.

Como en la Convención, se reconoce que los países desarrollados son los principales responsables de los actuales niveles de emisión, como resultado de más de 150 años de actividad industrial, y se mantiene el principio de responsabilidad común, pero diferenciada, sin embargo el Protocolo pone una carga considerablemente más pesada sobre estos.

El PK fue adoptado en 1997, pero sufrió una larga discusión y tramitación posterior hasta que fue puesto en vigor en el año 2005, después que en la COP 7 en Marrakesch, Marruecos, en el año 2001 se aprobaran las modalidades y procedimientos para su implementación, que fueron complementados en la COP 9, en Milán, Italia, el año 2003. Su puesta en vigor ocurre después de ser ratificado por todas las Partes del Anexo I, con la excepción de EEUU.

Neuenschwander (2010) analiza en detalle la evolución de las negociaciones y las modalidades y requisitos en el funcionamiento del Protocolo de Kioto, e INFOR - JICA (2009) analizan detalladamente la aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio en el ámbito forestal.

## REFERENCIAS

**Bahamóndez, V. C., M. Martín S., A. Pugin L., P. Jofre F., Y. Rojas P. y S. Muller-Using W., 2009.** El Cambio Climático y los Bosques. Informe Interno. Instituto Forestal, Chile. 60 p.

**Balairón, L., 2006.** Escenarios de Cambio Climático: Cambios Tolerables y Riesgo de Cambios Abruptos. Universidad Internacional Menéndez y Pelayo. Santander, España. En: [http://www.ico.es/web/descargas/paginas/1954803\\_PONENCIA%203.%20LUIS%20BALAIRO N.pdf](http://www.ico.es/web/descargas/paginas/1954803_PONENCIA%203.%20LUIS%20BALAIRO%20N.pdf)

**CMA, 2011.** Calidad Ambiental y Cambio Climático. Generalitat Valenciana. Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda. España. En: <http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=4560&idioma=C>

**CMNUCC, 1992.** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

**DGF, 2006.** Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI. Departamento de Geofísica. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

**FAO, s/f.** Mitigación del Cambio Climático y Adaptación en la Agricultura, la Silvicultura y la Pesca. En: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0142s/i0142s00.pdf>

**INFOR-JICA, 2009.** Manual Elaboración de Proyectos Forestación / Reforestación Bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). A/R MDL Protocolo de Kioto. Barros, Santiago Ed. Instituto Forestal (INFOR) y Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

**IPCC, 1997.** Impactos Regionales del Cambio Climático: Evaluación de la Vulnerabilidad. Resumen para Responsables de Políticas Informe Especial del IPCC. Grupo intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. En: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-sp.pdf>

**IPCC, 2000.** Informe Especial del IPCC. Escenarios de Emisiones. Resumen para Responsables de Políticas. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. En: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>

**IPCC, 2001.** Cambio Climático 2001. Informe de Síntesis. Anexo B. Glosario de Términos. En: [www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf)

**IPCC, 2002.** Cambio Climático y Biodiversidad. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. En: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>

**IPCC, 2007.** Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza. 104 p. En: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)

**ONU, 1998.** Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Organización de las Naciones Unidas. En: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kp span.pdf>

**Neuenschwander, A. A., 2010.** El Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile. Fundación para la Innovación Agraria, Chile. 123 p.

**UNFCCC, 2011.** Kyoto Protocol. En: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

# EL MERCADO DEL CARBONO

Santiago Barros Asenjo<sup>11</sup> y Roberto Ipinza Carmona<sup>12</sup>

La entrada en vigor del Protocolo de Kioto (PK), en febrero del 2005, marcó el inicio formal de una serie de acciones para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los países industrializados, con la finalidad de mitigar los efectos e impactos del cambio climático.

Fueron definidas las primeras metas internacionales de reducción de emisiones, comprometiéndose al menos un 5,2% bajo las registradas en el año 1990, tomado como año base, para un primer período de compromiso de 5 años (2008-2012). Los países signatarios del Protocolo asumieron compromisos cuantificados de reducciones y de carácter vinculante.

Además de definir las primeras metas internacionales para reducir las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero, el Protocolo de Kioto estableció, por primera vez, un medio para lograr que los países en vías de desarrollo participen en la mitigación del cambio climático.

Los países comprometieron sus metas de reducción de emisiones y las deben cumplir principalmente mediante acciones internas. No obstante, el Protocolo establece, como un medio adicional para cumplir estas metas mediante reducciones externas, tres mecanismos de mercado, y de esta manera se crea el mercado de carbono.

Estos mecanismos, denominados mecanismos flexibles, son el Comercio de Emisiones (CI), la Implementación Conjunta (IC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) (ONU, 1998; UNFCCC, 2011).

Las reducciones de emisiones obtenidas por los mecanismos flexibles tienen diferentes nombres técnicos dependiendo del mecanismo, pero se las conoce como créditos o bonos de carbono y se miden en unidades expresadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e). Un crédito de carbono es una tCO<sub>2</sub>e no emitida.

Los mecanismos flexibles, junto con el Esquema de Comercialización de la Unión Europea (EU ETS), establecida por esta con el fin de cumplir las metas del Protocolo de Kioto, y los Fondos de Carbono del Banco Mundial para proyectos IC y MDL, crearon el más grande de los mercados ambientales para la comercialización de créditos o bonos de carbono. El llamado mercado regulado o de cumplimiento.

11 Ingeniero Forestal, Mención Manejo Recursos Forestales, Universidad de Chile. DGS Universidad Adolfo Ibáñez. Unidad Relaciones Internacionales y Transferencia Tecnológica, Instituto Forestal, Chile. sbarros@infor.cl

12 Ingeniero Forestal, Mención Manejo Recursos Forestales, Universidad de Chile. Dr. Ingeniero de Montes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Investigador del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. robertoipinza@infor.cl

Existen países que no han suscrito el PK y empresas y personas que tienen interés en contrarrestar el calentamiento global, compensando o neutralizando sus propias emisiones, cuyas motivaciones están en la responsabilidad social corporativa o simplemente en responsabilidad ambiental, y están optando por comprar bonos de carbono.

Esto último ha generado un mercado paralelo al derivado del Protocolo de Kioto a nivel de países, que se ha denominado mercado voluntario o no regulado de bonos de carbono. Este mercado, muy dinámico en los Estados Unidos y la Unión Europea, está tomando fuerza y los proyectos orientados a él consideran temas como el impacto en el clima y ambiente local, las comunidades, la biodiversidad, la sociedad y la cultura, y otros, dando así un mayor valor agregado a los bonos que generen.

Si bien el mercado regulado de Kioto es el más grande, el mercado voluntario es el de más rápido crecimiento. Este mercado, no regulado, transa reducciones verificadas de emisiones las cuales son por lo general utilizadas no para cumplir con una obligación de reducción de emisiones sino para compensar emisiones inevitables en un contexto de Responsabilidad Social Corporativa.

El mercado de carbono es entonces el sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir unidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Incluye al mercado regulado y al mercado voluntario.

## MERCADO REGULADO

En este mercado se transan bonos de carbono utilizables para dar cumplimiento a compromisos de reducción de emisiones que resultan de acuerdos jurídicamente vinculantes. En este mercado, a los mecanismos flexibles de Kioto se han agregado los Fondos de Carbono del Banco Mundial y el Sistema de Transacción de Emisiones de la Unión Europea (INFOR-JICA, 2009).

### PROTOCOLO DE KIOTO (PK)

Los mecanismos flexibles del PK, creados para facilitar a los países desarrollados signatarios del protocolo (países Anexo I) cumplir con sus metas de reducción de emisiones de GEI, son los siguientes (ONU, 1998):

- **Comercio de Emisiones (CI)**

Las partes Anexo I comprometidas bajo el PK aceptan metas de reducción de emisiones, estas metas están expresadas como niveles de emisiones permitidas o montos asignados para el período de compromiso 2008 - 2012. Las emisiones permitidas resultan de restar de aquellas emitidas en el año base (1990) el monto de reducción comprometido.

Los países Anexo I pueden reducir emisiones en un monto mayor o menor al comprometido. Para facilitar el cumplimiento de las metas de reducción, el PK establece el mecanismo de Comercio de Emisiones (PK Art. 17), que permite que países Anexo I que han logrado un monto de reducción mayor que el comprometido puedan vender esta diferencia a países Anexo I que estén en la situación inversa y estos podrán adquirirlas para cumplir su meta.

- **Implementación Conjunta**

El mecanismo Implementación Conjunta (PK Art. 6) permite que un país Anexo I que no cumple su meta de reducción de emisiones pueda compensar la diferencia con reducciones de emisiones en otro país Anexo I, logradas mediante un proyecto de reducción que el primero ha ejecutado o ayudado a ejecutar en el segundo.

Este mecanismo ofrece un medio flexible y eficiente en costos para satisfacer parte de los compromisos de reducción de emisiones de un país que no lo ha logrado internamente, y el país hospedante del proyecto se beneficia a través de inversión externa y de transferencia de tecnología.

- **Mecanismo de Desarrollo Limpio**

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) (PK Art. 12) tiene por objeto ayudar a los países No Anexo I, es decir a los países en desarrollo, a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la CMNUCC, y a la vez ayudar a los países Anexo I a cumplir sus compromisos de reducción de emisiones.

Se trata de la ejecución de proyectos en países en desarrollo, que reduzcan emisiones, y estas reducciones pueden ser vendidas a países Anexo I.

Estos proyectos deben ser validados por una Entidad Operacional Designada (DOE por su sigla en inglés), aprobados por una Entidad Nacional Designada (DNA por su sigla en inglés), ambas nominadas por la COP, y finalmente aprobados e inscritos por la Junta Ejecutiva del PK.

La participación de los beneficiarios debe ser voluntaria y las reducciones de emisiones deben ser adicionales a las que se producirían sin proyecto.

Si un país Anexo I compra los certificados de reducción, podrá incorporar estas reducciones en su balance para el cumplimiento de sus compromisos, pero el país No Anexo I donde se ejecuta el proyecto no las resta, ya que no tiene compromisos definidos de reducciones.

Los proyectos MDL pueden ser, por ejemplo, iniciativas de abatimiento de combustibles fósiles, reemplazados por biomasa, viento u otras energías alternativas; iniciativas de

forestación o reforestación y otras, que estén relacionados con el desarrollo sostenible y cuyas reducciones de emisiones sean adicionales, respecto de la situación sin proyecto y de una línea base establecida.

Como condición para participar en estos mecanismos las partes del Anexo I deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Haber ratificado el Protocolo
- Haber calculado sus Unidades de Monto Asignado de reducción en términos de t CO<sub>2</sub>e.
- Disponer de un sistema nacional de estimación de emisiones y remociones de GEI en su territorio.
- Disponer de un sistema nacional de registro para el archivo y seguimiento de la creación y movimiento de Unidades de Reducción de Emisiones (ERU), Unidades de Monto Asignado (emisiones permitidas) (AAU), Certificados de Reducción de Emisiones (CER), y Unidades de Remoción (RMU) y reportar anualmente a la secretaría de PK.

### **FONDOS DE CARBONO DEL BANCO MUNDIAL (BM)**

Es una iniciativa pionera del BM que tiene el objeto de fortalecer los acuerdos internacionales sobre cambio climático. En 1999 el Banco empieza a desarrollar procedimientos para los proyectos MDL e IC y en la COP 7 Marrakech 2001 estos son sancionados.

Inicialmente el BM estableció el Fondo Prototipo de Carbono, para financiamiento de proyectos en áreas como energías renovables, reemplazo de combustibles, eficiencia energética y manejo de desechos, y dados los buenos resultados obtenidos amplió su acción y ahora administra y gestiona otros fondos, como el Español, el Italiano, el Holandés y otros (INFOR-JICA, 2009).

El funcionamiento contempla básicamente que gobiernos y empresas de países desarrollados aportan financiamiento para proyectos basados en los procedimientos del PK, el BM administra estos fondos y los potenciales países anfitriones de los proyectos, que son países en desarrollo, presentan ideas de proyectos, que son evaluadas por la Unidad de Financiamiento del Carbono del BM y, si son aprobadas, el Banco provee los fondos para la elaboración y tramitación del proyecto ante el PK.

### **SISTEMA DE TRANSACCIÓN DE EMISIONES DE LA UNIÓN EUROPEA (EU ETS)**

La UE inició en el año 2005 un sistema de transacción de derechos de emisión para el control de emisiones de GEI de una cantidad de instalaciones industriales en los países que la componen, con el fin de dar cumplimiento a los compromisos de cada uno ante el PK (INFOR-JICA, 2009).

El sistema contempla sanciones a las industrias por no cumplimiento y la obligación en este caso de comprar derechos de emisión u otros bonos de carbono permitidos en el sistema para dar cumplimiento al compromiso.

El sistema contempla también un mecanismo que permite la comercialización bajo este mercado de bonos de carbono procedentes de países de fuera del la UE, fundamentalmente países en desarrollo.

Las instalaciones industriales incorporadas al sistema son más de 11 mil, intensivas en energía, principalmente de los sectores energía y generación de calor, hierro y acero, refinerías de petróleo, minería y celulosa y papel. Las instalaciones tienen la opción de reducir las emisiones internamente o comprar asignaciones de otras instalaciones, en la forma de intercambios o a través de corredores, y además, tienen el incentivo de reducir las emisiones más allá de sus propios compromisos y llevar el exceso de reducciones al mercado.

## MERCADO VOLUNTARIO

En los mercados de carbono voluntarios, las actividades que reducen las GEI producen reducciones de emisiones verificadas que se transan con empresas o personas que voluntariamente desean reducir las llamadas huellas de carbono<sup>13</sup> (*footprint*).

Este tipo de reducciones de emisiones pueden ser generadas por proyectos que se desarrollan en países que no han ratificado el Protocolo de Kioto, proyectos que están fuera del alcance del MDL, que son muy pequeños para enfrentar los costos de elaboración y tramitación del MDL o que han sido específicamente desarrolladas para el mercado voluntario.

En este mercado hay dos sistemas generales principales o tipos de mercado, en el que se transan emisiones sobrantes o faltantes para cumplir compromisos (*Cap and Trade*) y es legamente vinculante; y el Mercado OTC (*Over the Counter*), consistente en acuerdos bilaterales y legalmente no vinculante.

Estos sistemas o mercados funcionan bajo estándares específicos para el desarrollo de los bonos de reducciones voluntarias. La credibilidad es un aspecto clave en el mercado voluntario de carbono de modo que el uso de estándares conocidos y aceptados mundialmente es indispensable. No se requieren aprobaciones nacionales ni registro ante la CMNUCC.

---

13 La huella de carbono es la suma de todas las emisiones de gases asociados a un producto, servicio, o empresa, emisiones que contribuyen al calentamiento global. En otras palabras, es la medida de la cantidad de gases con los que una empresa ha contribuido al calentamiento global resultado de su gestión productiva.

Grandes empresas y corporaciones nacionales o internacionales, como Shell, Dupont, IBM, Marubeni, Toyota de EEUU y otras, han contemplado metas de reducción de emisiones de GEI en forma voluntaria y en muchos casos invierten en reducciones generadas en proyectos en países en desarrollo. Estas inversiones no son importantes aún, pero están creando un mercado de bonos de carbono (INFOR-JICA, 2009).

Muchas grandes empresas se están planteando estrategias a futuro, previendo endurecimientos en las normativas ambientales y considerando que la producción limpia y las inversiones ambientales serán un valor agregado a sus productos o servicios y fortalecerán sus negocios.

Organizaciones no gubernamentales y otras entidades son empleadas como verificadoras de proyectos, en cuanto a que satisfacen criterios ambientales y sociales, lo cual da el nombre a los bonos de carbono así generados, reducciones de emisiones verificadas (VER por su sigla en inglés).

EEUU no ha asumido compromisos definidos ante el PK, que no ha ratificado, pero han surgido iniciativas estatales, como en Massachusetts, donde se impuso límites de emisiones de dióxido de carbono a las plantas térmicas de generación de energía; en California, donde se limitan las emisiones del transporte; en Oregón, con limitaciones a las plantas de generación eléctrica y además el establecimiento de fondos para proyectos de reducciones; y otros.

## **MERCADO DE CARBONO EN LATINOAMÉRICA Y CHILE**

Chile firmó el Protocolo de Kioto el 17 de junio de 1998 y lo ratificó el 26 de agosto de 2002, no obstante a nivel mundial este entró en vigor el 16 de febrero de 2005, desde ese momento los mercados globales han enfrentado importantes acontecimientos ofreciendo algunas oportunidades para proyectos forestales de carbono.

Existen más de 1.865 proyectos MDL registrados en todo el mundo, pero sólo el 0,58 por ciento pertenece al ámbito forestal (Segnini, 2011), lo cual constituye una cifra muy pequeña.

El Protocolo de Kioto crea tres fórmulas que usan al mercado como presunta ruta para reducir las emisiones. Entre estas se encuentra el MDL, consistente en la realización de proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo, incluye proyectos de plantaciones, forestación social, sistemas agroforestales para fijación de carbono y proyectos de reemplazo de combustibles fósiles para reducción de emisiones, pero no incluye manejo de bosques nativos, en consecuencia no representa un camino para proyectar una estrategia de desarrollo para los bosques naturales del sur de Chile.

En América Latina y el Caribe se tienen registrados 482 proyectos MDL, de ellos el 40% los desarrolla Brasil y el 19% México ; países como Colombia y Chile en una proporción de 8% cada

uno; en tanto que Argentina, Perú y Honduras 4% cada uno y, por último, Guatemala, Panamá y Ecuador, un 2% cada uno<sup>14</sup>.

En Chile se han transado alrededor de US \$330 millones en certificados de emisiones reducidas (CER por su sigla en inglés), y la demanda sigue aumentando, pero lamentablemente ninguno de estas transacciones se relaciona directamente con los bosques como secuestradores o sumideros de carbono. Desde que se empezaron a transar estos bonos, su valor ha subido de los US \$3.45 en 1998 a US\$ 16 en 2009, por tonelada de carbono al año.

América Latina emite 972 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año y sus principales emisores son México, Brasil, Venezuela y Argentina. Hoy, Chile emite en promedio 70 millones de toneladas anuales, nivel correspondiente al 0,02% de las emisiones mundiales de GEI, y no posee compromisos de reducción de emisiones (Gonzalez *et al.*, 2009).

Junto con otros países latinoamericanos, Chile impulsó la inclusión de los bosques dentro del MDL, lo que se suponía una oportunidad para todos los propietarios forestales. Sin embargo, después de casi 15 años de haberse aprobado el uso de los bosques como mitigadores del cambio climático, el MDL ha sido un fracaso desde el punto de vista forestal, debido al bajo precio de los bonos de carbono, la excesiva tramitación impuesta por los procedimientos del Protocolo de Kioto y el alto costo de la elaboración de los proyectos para cumplir con estos procedimientos.

En este contexto, a marzo del 2009 se habían aprobado solo tres proyectos, en China, Moldovia y luego en India (Carbon News and Info, 2005, 2009, 2009a). El 2011 se aprobó el primer proyecto de reforestación en la República del Congo<sup>15</sup>. América Latina ha presentado 125 proyectos forestales y Chile tiene sólo uno en proceso de validación.

El proyecto chileno es una iniciativa liderada por el Instituto Forestal y JICA<sup>16</sup>, es un proyecto F/R MDL<sup>17</sup> en la región de Aysén, en el cual la asociación de propietarios Pulmahue, constituida para los efectos del proyecto, ha plantado 500 ha con *Pinus ponderosa* para la fijación de carbono durante el período de rotación de la plantación y su utilización maderera al fin de esta (INFOR-JICA, 2009). El proyecto se encuentra en su etapa final de validación para su registro ante la Junta Ejecutiva del Protocolo de Kioto, después de lo cual se espera colocar los CER<sup>18</sup> en el mercado de carbono.

Debido a esta baja tasa de aprobación de los proyectos forestales, los desarrolladores de proyectos se han movido en forma importante hacia los mercados voluntarios<sup>19</sup>, donde se ofrece una

14 [http://www.consejoderedaccion.org/sitio/CdR\\_documents/actividades/bonos\\_carbono\\_2010/MEJICO.pdf](http://www.consejoderedaccion.org/sitio/CdR_documents/actividades/bonos_carbono_2010/MEJICO.pdf)

15 <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/NEWS/0,,contentMDK:22851551~pagePK:34370~piPK:34424~theSitePK:4607,00.html>

16 JICA = Japan International Cooperation Agency

17 F/R MDL: Forestación/Reforestación en Mecanismo de Desarrollo Limpio.

18 Certificados de Emisiones Reducidas (Bonos de Carbono)

19 Mercados en los que los compradores y vendedores llevan a cabo transacciones de manera voluntaria, no por alguna regulación o para cumplir una reducción obligatoria. Generalmente las empresas o los consumidores individuales se involucran en los mercados voluntarios por cuestiones filantrópicas, manejo del riesgo o como preparación para participar en un mercado regulatorio.

aproximación más pragmática y diferentes soluciones para el tema de la permanencia<sup>20</sup> y constituyen una oportunidad para los interesados en desarrollar proyectos.

## EL MERCADO VOLUNTARIO, UNA OPORTUNIDAD

El mercado voluntario no es regulado por el Protocolo de Kioto y se considera un medio más expedito que el mercado regulado. En el mercado voluntario las empresas, las organizaciones no gubernamentales, los gobiernos y los particulares pueden adquirir créditos de carbono, quienes desarrollan proyectos verifican compensaciones (*offsets*) por medio de agentes independientes, estas se denominan Reducciones de Emisiones Verificadas (VER por su sigla en inglés) y pueden ser vendidas a personas u organizaciones que desean compensar sus emisiones de carbono y a empresas o personas que voluntariamente desean reducir la llamada "huella de carbono" (*footprint*) que dejan sus emisiones.

Estos pre-creditos del MDL pueden a menudo no cumplir los requisitos para la emisión de CER y, por tanto, los compradores pagan un menor precio por el mismo. Es importante destacar que el objetivo inicial de este mercado no era satisfacer regulaciones sino tan solo la construcción de una "imagen verde" o de Responsabilidad Social Corporativa (RSC), por lo tanto, las normas son más sencillas y por eso reciben un menor precio.

El mercado voluntario de carbono es similar a cualquier otro mercado de productos básicos, con algunas excepciones, por supuesto. La mercancía es la reducción de emisiones, la calidad es asegurada por rigurosos procedimientos técnicos que normalmente son desarrollados por estándares específicos y metodologías procedentes del MDL, y además se aplican normas de verificación aceptadas internacionalmente y garantías de desarrollo sostenible. En este sentido, los sellos de Manejo Forestal Sustentable (MFS), herramientas también voluntarias, tales como FSC<sup>21</sup> y CERTFOR<sup>22</sup>/PECF<sup>23</sup>, cobran una oportunidad inusitada ya que son aceptados por estos mercados.

Los mercados voluntarios se acomodan a transacciones de pequeña escala, cuando empresas desean compensar parte de sus emisiones institucionales o construir una "imagen verde", y también personas informadas que desean compensar sus emisiones por viajes aéreos y desplazamientos en general. Los incentivos que influyen en el comprador o el vendedor en cualquier otro mercado son similares; vendedores tratando de minimizar los costos y el tiempo, evitando los largos costosos procedimientos del MDL, y compradores intentando obtener el máximo

---

20 Permanencia: Corresponde al espacio de tiempo en que el carbono se mantendrá almacenado después de haber sido fijado en la vegetación o, en otras palabras, "la reversibilidad" de los beneficios del almacenamiento.

21 FSC = Forest Stewardship Council

22 CERTFOR: Sistema Chileno de Certificación de Manejo Forestal Sustentable, homologado internacionalmente por PEFC en Octubre 2004.

23 PECF = Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes

de reducción de emisiones con el mínimo costo. Sin embargo, un incentivo común es que tanto el vendedor como el comprador quieren aprovechar al máximo los créditos de un proyecto.

América Latina tiene la posibilidad<sup>24</sup> de usar 864 millones de hectáreas de bosque (FAO, 2010) en el mercado de bonos carbono, el doble de extensión que cualquier otra región como África o Asia del Sur.

En Chile, de la superficie total de bosque naturales, más de 13 millones de hectáreas, unos 4 millones de hectáreas se encuentran protegidas por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999). El resto de la superficie, más de 9 millones de hectáreas de bosques, se considera productiva de bienes y servicios ambientales y por lo tanto es la superficie candidata para producir el bien conocido como bonos de carbono.

Cristian Dannecker de South Pole CarbonAsset Management Ltda.<sup>25</sup>, plantea que en el mercado de carbono los proyectos forestales son más rentables al trabajar con especies nativas que con las no nativas, dado que el valor de los bonos puede ser de US\$ 8 a US\$ 10 la tonelada de CO<sub>2</sub>, en tanto que con las no nativas los bonos son pagados en el mercado a la mitad de este valor.

En Colombia, se reconoce el potencial de las iniciativas voluntarias, sin desconocer que “la diferencia entre los mercados fundamentalmente es en términos de precios, el valor cambia todos los días, en la actualidad el valor de la tonelada de CO<sub>2</sub> es de 13,23 Euros. En el mercado voluntario es mucho menor el precio, pues esta es una plaza que se mueve mucho más rápido, se aplica con énfasis para el sector forestal” (Bejarano y Castañeda, 2011).

Un estudio sobre el estado del mercado voluntario, publicado en junio de 2010 por Ecosystem Marketplace, de Bloomberg New Energy Finance, muestra cómo este gigantesco negocio verde está sacudiéndose sus ataduras. Revela un “tremendo” crecimiento de Latinoamérica en el mercado de proyectos forestales; entre el 2008 y el 2009 el número de créditos originados en esta región se triplicó y continuó aumentando. Tanto así, que ese año los proyectos forestales representaron el 80% de todas las iniciativas emprendidas en la región en el mercado voluntario de bonos de carbono.

---

24 [http://www.consejoderedaccion.org/sitio/CdR\\_documents/actividades/bonos\\_carbono\\_2010/bonos\\_carbono.html](http://www.consejoderedaccion.org/sitio/CdR_documents/actividades/bonos_carbono_2010/bonos_carbono.html)

25 <http://www.southpolecarbon.com/>

## EL COMPROMISO ACTUAL DE CHILE UNA OPORTUNIDAD PARA EL SECTOR FORESTAL<sup>26</sup>

En el ámbito internacional, Chile se comprometió en la Convención de Copenhague a reducir en 20% sus emisiones al 2020. El balance neto de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) de Chile se ha incrementado desde 26 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 1984 hasta 108,4 millones de toneladas en 2006, esto es un aumento del 317% en 22 años.

La Ministra del Medio Ambiente de Chile<sup>27</sup>, en la COP 16<sup>28</sup>, Cancún 2010, instancia que reunió a especialistas de todo el mundo para analizar el cambio climático y el papel que juegan las naciones para controlar el efecto invernadero, manifestó que los efectos y los trastornos climáticos que se están ocasionando exigen una urgente respuesta por parte de la comunidad internacional. Aseguró también que el Gobierno chileno se comprometió a realizar acciones nacionales apropiadas de mitigación para limitar el crecimiento de emisiones en un 20% respecto de la proyección del escenario de referencia (*business as usual*) al 2020, utilizando tanto recursos nacionales como internacionales, y finalmente destacó: “Chile asume este compromiso convencido de que no existe contradicción entre la búsqueda del crecimiento y el desarrollo sustentable”.

El sector energía es el principal emisor y la proyección es que esta tendencia se acentúe hasta casi duplicarse entre 2006 y 2020. Le sigue la agricultura, que es el segundo emisor nacional, con un crecimiento del orden de 15% entre 1984 y 2006.

El sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Forestal (LULUCF por su sigla en inglés) es el único que aporta captura de emisiones de GEI para compensar, en parte, el balance neto nacional. Siendo el sector agrícola un emisor neto, el potencial de mitigación recae principalmente en el sector LULUCF y, específicamente, en el sector forestal (Neuenschwander, 2010). En este contexto, el bosque nativo y los bosques plantados tendrán un papel importante en contribuir a cumplir el compromiso nacional.

Respecto de las posibilidades que Chile concrete su acuerdo en el plazo señalado, con la aplicación de medidas como la participación del 20% de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en el sistema eléctrico en 2020, la reducción del 20% de la tasa de crecimiento del consumo vía eficiencia energética, el uso de 10% de biocombustibles en el transporte y una mayor participación de colectores solares en viviendas nuevas, el país podría llegar a una reducción cercana al 11% de emisiones sobre la línea base del sector energía<sup>29</sup>.

---

26 <http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/927579/Cambio-climatico-generara-nuevas-oportunidades-para-el-sector-agricola.html>

27 <http://www.consultoradeturismo.com/blog/2010/12/ministra-benitez-ratifico-compromiso-de-chile-para-reducir-en-20-sus-emisiones/>

28 Conferencia de las Partes 16 de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Cancún, México. Diciembre 2010.

Es fundamental entonces el papel del sector LULUCF, como un biosecuestrador y resulta muy relevante la nueva ley de fomento a la forestación (en estudio), ya que ésta permitiría capturar del orden de 8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, que podrían compensar en un porcentaje importante las necesidades de abatimiento de emisiones del sector energía. Es indispensable también desacelerar la degradación de los bosques naturales en América Latina, incluido Chile, ya que esto es un componente clave de la solución a largo plazo para el calentamiento global.

Los principales estándares del mercado voluntario son VCS<sup>30</sup>, CCBS<sup>31</sup>, Plan Vivo, CarbonFix, CCAR<sup>32</sup>, ACR<sup>33</sup>. Ellos exhiben distintas barreras de elegibilidad que deben estudiarse en cada caso en particular, sin embargo criterios esenciales son la adicionalidad, la metodología, la permanencia, las fugas, la transparencia y el registro del proyecto.

Se debe recordar que la contribución de los bosques naturales a la economía del país es muy marginal en relación al rubro plantaciones, de la corta total anual de trozas para fines industriales en el año 2009 el volumen de madera procedente de bosque nativo es de sólo un 1,13% (INFOR, 2010). No obstante, los bosques nativos tienen una enorme importancia como proveedor de leña (biomasa) para cocinar y calentar los hogares del sur de Chile. Para satisfacer esta necesidad se consumen aproximadamente 12 millones de m<sup>3</sup> de madera por año, lo que a su vez ha provocado una degradación sistemática de estos bosques. La línea base es así relativamente baja, por lo que cualquiera acción tendiente hacia el manejo forestal sustentable, desacelerando la degradación, es muy positiva para el aumento del volumen de los bosques y por ende para la captura de carbono.

La ley de recuperación de bosque nativo (Ley N° 20.283 de 2008), está perfectamente alineada para mejorar los niveles de productividad, aunque la tabla de costo es en la actualidad insuficiente. El negocio de la generación de bonos de carbono abre una puerta para mejorar el flujo de caja del propietario forestal y por ende valorizar y proteger los bosques.

Chile es el país de América Latina mejor posicionado en la oferta de los bonos de carbono, de hecho se ubica en el tercer lugar entre los mercados más confiables para este tipo de transacciones, después de India y China, según datos de la consultora PointCarbon. Quizás por esto han llegado a Chile algunos *brokers* y fondos extranjeros, que vienen a buscar proyectos para compañías y naciones del primer mundo que necesitan reducir emisiones. Entre éstos se puede mencionar a CantorCO<sub>2</sub>e, Evelop, MGM International, EcoInvest, Aple Consultores, Deuman International, 3C, Proyectos Globales, firmas que, en algunos casos, también juegan el papel de asesores y desarrolladores de proyectos.

29 Aquiles Neuenchwander, 2011, Experto chileno en cambio climático, de la Fundación de Investigación Agraria (FIA). Comunicación personal.

30 VCS = Verified Carbon Standard

31 CCBS = Climate, Community & Biodiversity Standard

32 CCAR = California Climate Action Registry

33 ACR = American Carbon Registry

Se suma la creación en Chile, en el año 2009, de la primera bolsa de bonos de carbono del hemisferio sur, la Santiago Climate Exchange (SCX), que también puede constituir una instancia en la búsqueda de los mejores precios de los bonos de carbono para los propietarios de los bosques chilenos. También la instalación de una oficina en Santiago de Chile, en mayo del 2011, de VCS<sup>34</sup> ayudará a mejorar la incertidumbre metodológica de este exitoso estándar sobre el bosque nativo chileno.

Encuestas de compradores de bonos de carbono a principios de 2010, señalan que el interés por las compensaciones forestales ha aumentado significativamente, debido a los altos beneficios adicionales para las comunidades y la biodiversidad. La mayor demanda proviene del mercado voluntario y de los compradores en los mercados antes de la reglamentación, como Estados Unidos y Australia.

## OTROS MECANISMOS DE MERCADO

Existen otros mecanismos e iniciativas con relación directa o indirecta con el mercado de carbono y que se encuentran en diferentes estados de avance y desarrollo. Entre estos se puede mencionar el Programa REDD y REDD+ de las Naciones Unidas, la Huella de Carbono y los Sistemas de Pago por Servicios Ambientales.

### PROGRAMA ONU REDD Y REDD+

El Programa ONU REDD es una iniciativa colaborativa de la Organización de las Naciones Unidas sobre Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques (REDD) en países en desarrollo, y se inició en el año 2008 en respuesta a una solicitud al respecto de la COP 13 en Bali (FAO, UNDP, UNEP, 2008).

La deforestación y la degradación de bosques, debida a la expansión de las fronteras agrícolas, los incendios forestales y la sobre utilización de bosques, representan cerca del 20% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero a la atmosfera, más que toda el área de transporte y solo por debajo del área de energía. Los objetivos y metas de todas las medidas para reducir emisiones que se han tomado a nivel mundial son prácticamente imposibles de alcanzar si no se reducen las emisiones desde el sector forestal, además de las otras fuentes (UN REDD, 2009).

El Programa REDD es un esfuerzo por crear valor financiero para el carbón almacenado en los bosques, ofreciendo incentivos a los países en desarrollo para reducir las emisiones desde tierras boscosas e invertir en medidas hacia el manejo forestal sostenible.

---

34 [http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/article.page.php?page\\_id=8318&section=news\\_articles&eod=](http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/article.page.php?page_id=8318&section=news_articles&eod=)

REDD es el primer mecanismo que se orienta a incorporar la conservación y el manejo sostenible de los bosques nativos, como una fundamental herramienta para la mitigación del cambio climático, ya que hasta ahora el sector forestal solo podía participar a través de forestación y reforestación o mediante reemplazos de combustibles fósiles por energías renovables no convencionales en el área industrial, como dendroenergía, electricidad de centrales hidráulicas de paso y otras.

REDD+ va más allá de la deforestación y la degradación de bosques e incluye la conservación, el manejo forestal, la reforestación y la ampliación de los *stocks* de carbono.

Se predice que los flujos financieros para la reducción de emisiones de GEI mediante REDD+ pueden alcanzar hasta US\$ 30 mil millones por año, y este importante flujo de fondos norte-sur puede redituarse significativas reducciones de emisiones y, además, respaldar nuevos desarrollos pro-pobres, ayudar a conservar la biodiversidad y asegurar servicios ecosistémicos vitales.

Para lograr los objetivos, las actividades de REDD+ deben ser complementarias y no un sustituto para los profundos recortes de emisiones que los países desarrollados tienen que efectuar.

Elemento clave para el éxito de REDD+ es que su aplicación no ponga en peligro los compromisos de los países Anexo I de reducir sus propias emisiones y que se efectúe con un fuerte componente de respeto por los derechos de comunidades indígenas y otras dependientes de los bosques (UN REDD, 2009).

FAO, UNDP y UNEP están trabajando estrechamente con el Banco Mundial (Forest Carbon Partnership Facility FCPF) y el GEF (GEF Tropical Forest Account) y también con Australia (Australia's International Forest Carbon Initiative IFCI), además de otros miembros asociados, para avanzar en los objetivos planteados.

Un plan de "partida rápida" se implementa para el tiempo restante hasta la COP 15 en Copenhague 2009, enfocando la atención en las necesidades y prioridades detectadas en un conjunto de países piloto que participan en esta fase de partida rápida, cuyos objetivos son crear capacidades en países en desarrollo para implementar REDD, probar actividades relevantes para las negociaciones de REDD bajo los auspicios de la CMNUCC antes de la COP 15, probar conceptos y escenarios preliminares para aplicación de REDD y preparar el camino para la inclusión de REDD en el mercado de carbono a través del pago por servicios ambientales.

Aún no se establece un acuerdo definitivo sobre REDD, algunos de sus proyectos ya se encuentran en marcha en varios países, naciones industrializadas han comprometido importantes aportes para las primeras iniciativas del mecanismo, canalizados a través del Programa ONU REDD y el Fondo para Reducir Emisiones de Carbono mediante la Protección de los Bosques (FCPF) del Banco Mundial, entre otras entidades. Una vez que se alcance un acuerdo, el 2013 sería la fecha más próxima en la que REDD podría comenzar a operar formalmente, después de la expiración del Protocolo de Kioto<sup>35</sup>.

35 <http://es.mongabay.com/temas/redd.html>

El programa tiene actualmente 29 países asociados, de África, Asia y Latinoamérica, de los cuales 13 están ya recibiendo apoyo para sus programas nacionales (Bolivia, Camboya, República Democrática de Congo, Ecuador, Indonesia, Panamá, Papúa Nueva Guinea, Paraguay, Filipinas, Islas Salomón, Tanzania, Viet Nam y Zambia).

Hasta ahora, el Comité de política de UN-REDD ha aprobado un total de US\$ 51,4 millones para estos países piloto. Estos fondos están ayudando a establecer e implementar las estrategias nacionales de REDD, y en siete de estos países ya están en fase de implementación (Bolivia, República Democrática de Congo, Indonesia, Panamá, Tanzania, Viet Nam y Zambia).

Los países del Programa UN-REDD que no están recibiendo apoyo directo participan como observadores en el Comité de Política y en reuniones de trabajo e intercambio de conocimientos en el espacio en línea que facilita el Programa. Estos países son Argentina, Bangladesh, Bután, República Central de África, Colombia, Costa Rica, Gabón, Guatemala, Guyana, Kenya, México, Nepal, Nigeria, República del Congo, Sri Lanka y Sudán.

El programa UN REDD está proporcionando ayuda técnica para apoyar el desarrollo de análisis y guías en medición, información y verificación de emisiones y flujos de carbono, para asegurar que los bosques sigan proporcionando sus múltiples beneficios, y para incorporar a las comunidades indígenas y a la sociedad en todas las etapas de diseño e implementación de las estrategias REDD+.

Objetivo importante es construir consensos en torno al programa para asegurar que el mecanismo REDD+ sea incluido en un acuerdo sobre cambio climático después del año 2012, es decir posterior a la conclusión del primer período de compromiso del Protocolo de Kioto.

Respecto del financiamiento, Noruega es el principal donante, desde que el Programa se inició en 2008 ha aportado US\$ 52 millones para 2008-2009 y ha comprometido US\$ 31 millones para 2010, Dinamarca ha aportado US\$ 8 millones y España ha comprometido US\$ 20 millones para un período de tres años. El Programa está buscando activamente más donantes para satisfacer las crecientes demandas de países que esperan apoyo.

## HUELLA DE CARBONO

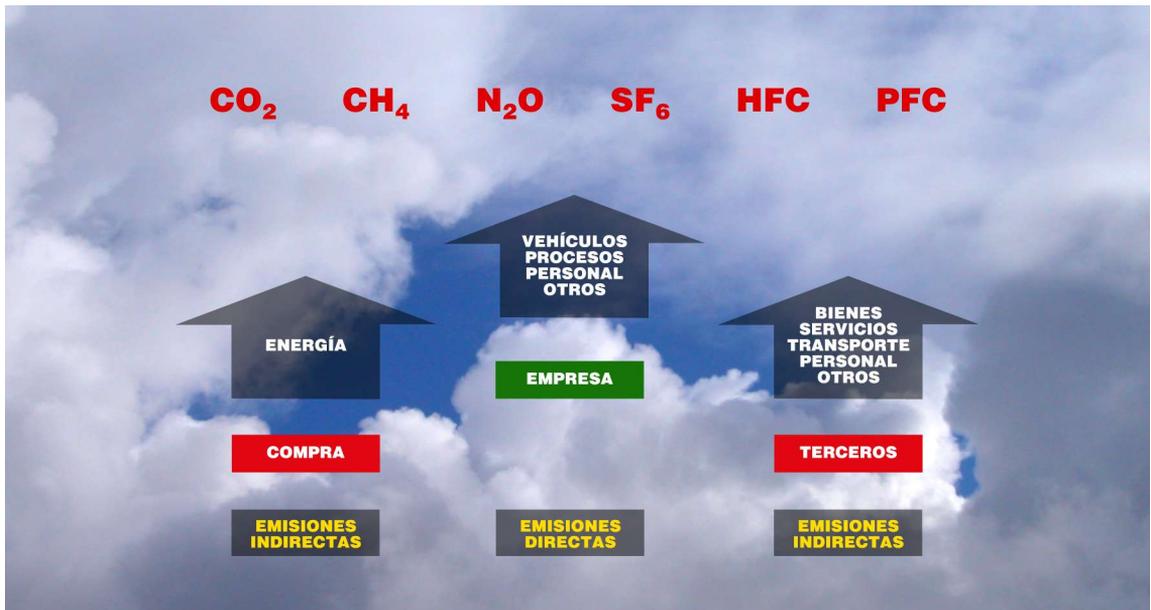
La huella de carbono se refiere a la cantidad total de emisiones de GEI producida directa o indirectamente por personas, organizaciones, empresas, productos, eventos o países.

Más específicamente, es el cálculo de todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) originadas por un producto, un servicio o una empresa a lo largo de su cadena de valor y abastecimiento. Este cálculo permite encontrar eficiencias y deficiencias internas y externas que permiten disminuir emisiones y mejorar procesos<sup>36</sup>.

---

36 [http://www.prochile.cl/servicios/medioambiente/huella\\_de\\_carbono.php](http://www.prochile.cl/servicios/medioambiente/huella_de_carbono.php)

Aplicada a actividades y productos, es la medida del total de las emisiones de GEI causadas de forma directa e indirecta por una actividad específica, o a través del ciclo de vida de determinado producto. Hay emisiones directas que son aquellas que genera la empresa y sus procesos, e indirectas, como el consumo de energía adquirida y bienes y servicios comprados o subcontratados a terceros (Figura N° 10).



(Fuente: GHG, 1998)

Figura N° 10. FORMAS DE EMISIONES

La unidad universal de medida para indicar el potencial de calentamiento global (GWP por su sigla en inglés) de cada uno de los seis GEI es  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) y es usada para evaluar emisión, o emisión evitada, de los GEI en una base común. La expresión del GWP en  $\text{CO}_2\text{e}$ , la unidad base, emplea las equivalencias que se indican en el Cuadro N° 1.

La cuantificación de la huella de carbono en diferentes actividades o productos se puede efectuar empleando metodologías que se encuentran disponibles a nivel internacional, como la de GHG Protocol<sup>37</sup>, desarrollada por el Instituto de Recursos Mundiales (*World Resources Institute-WRI*), con la colaboración de empresas y ONG, apropiada para enfoques corporativos; la PAS 2050:2008<sup>38</sup>, desarrollada por el Instituto de Normalización Británico (*British Standard Institute*), en colaboración con universidades y empresas, para el ciclo de vida de bienes o servicios; y otras más específicas, como el Protocolo del Vino<sup>39</sup>, elaborado por distintas agencias internacionales, que tiene especificidad geográfica (USA, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Australia).

37 [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)

38 [www.bsigroup.com](http://www.bsigroup.com)

39 [www.co2vid.cl](http://www.co2vid.cl)

**Cuadro N° 1.** EQUIVALENCIAS DE LOS GEI EN TÉRMINOS DE GWP

GEI		EQUIVALENCIA EN CO <sub>2</sub> e DE UNA MEDIDA DE GAS
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	310
Hidrofluorocarbonos	HFC	740
Perfluorocarbonos	PFC	1.300
Hexafluoruro de Azufre	SF <sub>6</sub>	23.900

(Fuente: Valenzuela, s/f)

El uso de la huella de carbono en la producción de bienes o servicios puede masificarse en la búsqueda de un valor agregado a ellos o de imagen corporativa, sin embargo su uso se puede hacer ineludible en la medida que se extiendan iniciativas que ya han nacido principalmente en países europeos, orientadas a exigir la huella de carbono como condición para la compra y como información para consumidores finales que pueden privilegiar productos con este sello ambiental.

Los productores de los bienes y servicios podrán optimizar ambientalmente sus procesos para obtener una huella de carbono más favorable, pero con seguridad tendrán que recurrir al mercado de carbono para adquirir bonos para compensar la parte faltante.

## SISTEMAS DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales, también conocidos como servicios ecosistémicos, son en términos generales funciones que cumplen los bosques o los ecosistemas a través de sus múltiples roles, más allá de la producción de bienes madereros y no madereros, que representan un beneficio para la comunidad local, nacional o mundial.

Los principales servicios considerados en esta categoría son la captura o fijación de carbono en los ecosistemas forestales, la conservación de la biodiversidad, la regulación de la cantidad y calidad de agua en las cuencas, y los paisajes y belleza escénica (Pagiola, 2002 y FAO, 2009, citados por Cabrera y Rojas, 2009).

El pago por servicios ambientales (PSA), es un innovador instrumento financiero de mercado, consistente en el pago directo por el mantenimiento o provisión de los servicios ambientales por parte de los usuarios del servicio, el cual se destina a los proveedores. La idea final del pago por servicios ambientales es crear un mercado para un bien que habitualmente no tiene precio, persiguiendo así la asignación eficiente de los recursos. En términos económicos, los servicios ambientales son ciertas externalidades positivas que pueden proporcionar algunos recursos naturales, cuyo aporte es reconocido mediante una retribución financiera al titular de tales recursos (Tallar 2009).

Wunder (2005), citado por Cabrera y Rojas (2009), conceptualiza el pago por servicios ambientales como una transacción voluntaria, donde el servicio ambiental está bien definido, es comprado por al menos un consumidor, lo vende al menos un proveedor, y procede solo si el servicio es provisto con seguridad.

El servicio ambiental, además de ser claramente definido, debe ser medible directa o indirectamente, dado que es necesario disponer de cifras monetarias para establecer la relación comercial. El funcionamiento de un sistema de pago por servicios ambientales depende de la existencia de usuarios, reales o potenciales, dispuestos a pagar el monto establecido, y de que tanto el pago como los servicios sean continuos (Cabrera y Rojas, 2009).

El sistema de pago por servicios ambientales radica así en transacciones voluntarias entre sus proveedores y sus beneficiarios, y los servicios pueden ser provistos por los ecosistemas forestales, en términos de calidad y cantidad de agua para consumo humano, riego o centrales hidroeléctricas, bajo la forma de hábitat de flora y fauna y conservación de biodiversidad, o manifestados en paisaje y belleza escénica, todas estas formas son compatibles con otro servicio que es la captura y fijación de carbono en estos ecosistemas.

En consecuencia, los desarrollos de los Sistemas de Pago por Servicios Ambientales y del mecanismo UN REDD+ son convergentes y complementarios, muy especialmente para los ecosistemas forestales correspondientes a bosques nativos.

## PRODUCTOS DEL MERCADO DE CARBONO

Los productos del mercado de carbono son las reducciones de emisiones y su transacción se efectúa en las unidades que se emplean en él, esto es toneladas de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e), cuyo nombre varía según el mecanismo que las genera<sup>40</sup>.

### AAU: Unidades de Monto Asignado

De acuerdo a la meta del PK, a cada país le corresponde un cierto porcentaje de reducción de emisiones respecto de su monto de emisión en 1990, al restar este monto de aquél de 1990 resulta un monto de emisión permitido que se expresa en AAU. Considerando el primer período de compromiso 2008-2012, el cálculo es:

$$\text{AAU} = (\text{Emisiones 1990} - \text{Monto Reducción País}) * 5.$$

Como ejemplo, para el caso de Japón con 6% de reducción:

$$\text{AAU} = 1.173.360.000 \text{ t/CO}_2\text{e} * 0,94 * 5 = 5.514.792.000 \text{ t/CO}_2\text{e}.$$

37 [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)

38 [www.bsigroup.com](http://www.bsigroup.com)

39 [www.co2vid.cl](http://www.co2vid.cl)

Estas AAU quedan acreditadas en una cuenta de retiro en el Registro Nacional del País Anexo I que corresponda.

### **RMU: Unidades de Remoción de Emisiones**

Se obtienen por actividades domésticas realizadas por un país Anexo I y se relacionan con la captura o secuestro de carbono en el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Forestación (LULUCF por su sigla en inglés). Este sector está relacionado con actividades forestales incluidas dentro del marco del PK.

### **ERU: Unidades de Reducción de Emisiones**

Se obtienen como consecuencia de la participación de un país Anexo I, o sus empresas, en mecanismos de reducción de emisiones de GEI o secuestro de carbono en un país distinto al propio pero que también pertenece al Anexo I. Es decir en el mecanismo de IC.

### **CER: Unidades de Reducción de Emisiones Certificadas**

Se obtienen cuando un país Anexo I, a través de inversiones y transferencia tecnológica, logra reducciones de emisiones de GEI en un país que siendo signatario del PK no esté incluido entre los países Anexo I. El objetivo propuesto es que mientras uno se hace de los bonos, el otro recibe a cambio inversiones y tecnología limpia que le permitan tener una economía sustentable. Corresponden al MDL y se las denomina ICER o tCER cuando son reducciones de largo plazo o temporales, respectivamente.

### **VER: Unidades de Emisiones Reducidas Verificadas**

Son reducciones de emisiones que se usan en el mercado voluntario de quienes quieren compensar o neutralizar sus emisiones. No pueden ser usadas para cumplir los compromisos de reducción establecidos por el Protocolo de Kioto.

Independientemente de los mercados, regulado o voluntario, el comercio de emisiones se divide también en transacción de derechos de emisiones, como aquellas del Comercio de Emisiones (CE) del PK o las del EU ETS, y transacción de emisiones basadas en proyectos, como es el caso de MDL e IC del PK.

Existen dos criterios comunes en el mercado de carbono, el primero es que no es relevante en dónde se reducen las emisiones, dado que se enfrenta un problema global, y el segundo sostiene que ambientalmente lo importante no es el tiempo en que se reducen sino que efectivamente esto ocurra. Estos principios son los que permiten las transacciones entre países, muy distantes a veces, y los proyectos de reducciones temporales o de reducciones futuras.

## DIMENSIÓN DEL MERCADO DE CARBONO

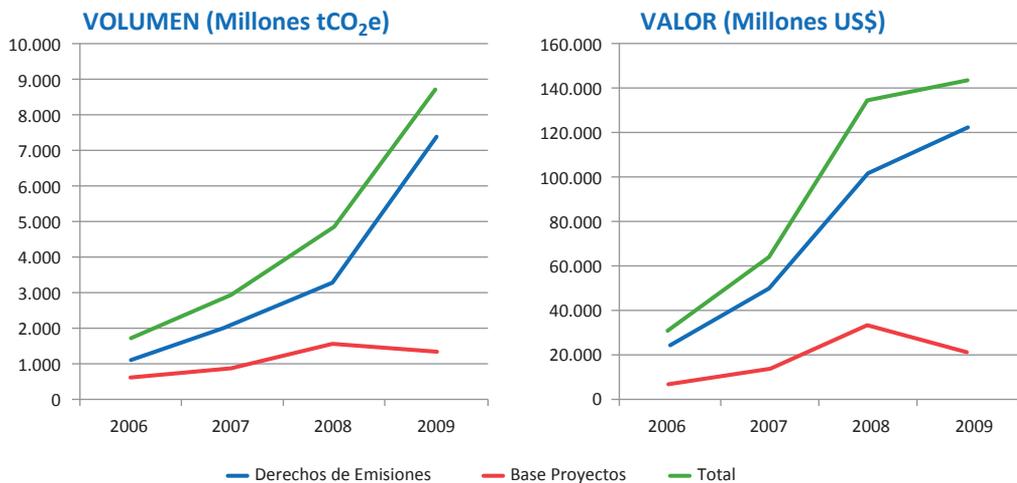
En el año 2009 el mercado de carbono tiene un volumen de 8.700 millones de tCO<sub>2</sub>e, por un valor total de 143.735 millones de dólares (WB, 2010).

Hasta el año 2008, el mercado mostraba un crecimiento muy fuerte, prácticamente duplicando su monto y su valor anualmente, sin embargo la crisis económica iniciada a fines del año 2008 frenó este crecimiento en los valores tranzados, pese a que el crecimiento en volumen se mantuvo. La disminución de la actividad industrial redujo la demanda por derechos de emisiones, aunque el mercado tenía cierta inercia y el valor subió levemente. Más grave fue la situación respecto del financiamiento para proyectos, el volumen bajó y las transacciones base proyectos redujeron su valor (Cuadro N° 2 y Figura N° 11).

**Cuadro N° 2. VOLUMEN Y VALOR DEL MERCADO DE CARBONO**

	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
	(Millones t CO <sub>2</sub> e)				(Millones US\$)			
<b>Derechos de Emisiones</b>	1.134	2.109	3.278	7.362	24.699	50.394	101.492	122.822
<b>Base Proyectos</b>	611	874	1.558	1.338	6.536	13.641	33.574	20.913
<b>Total</b>	<b>1.745</b>	<b>2.983</b>	<b>4.836</b>	<b>8.700</b>	<b>31.235</b>	<b>64.035</b>	<b>135.066</b>	<b>143.735</b>

(Fuente: INFOR-JICA, 2009; WB, 2010)



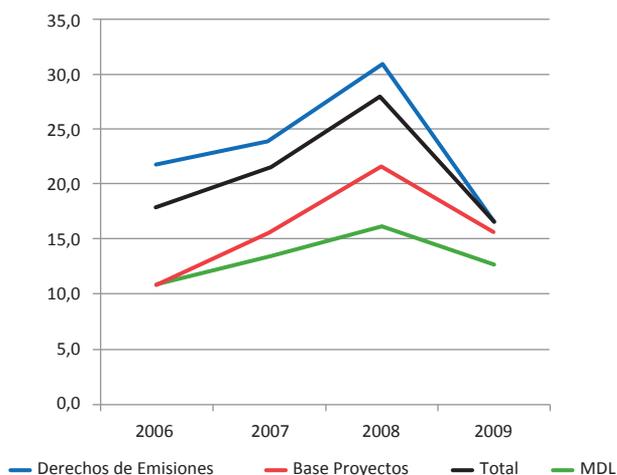
**Figura N° 11. VOLUMEN Y VALOR DEL MERCADO DE CARBONO**

El mercado, tanto en su volumen como en su monto, está ampliamente dominado por el sistema de transacciones de la Unión Europea (EU ETS), con 6.326 millones de tCO<sub>2</sub>e y 118.474 millones de dólares en el año 2009, lo que representa un 73% y un 82% del total transado, respectivamente, en el mercado de los derechos de emisiones (WB, 2010).

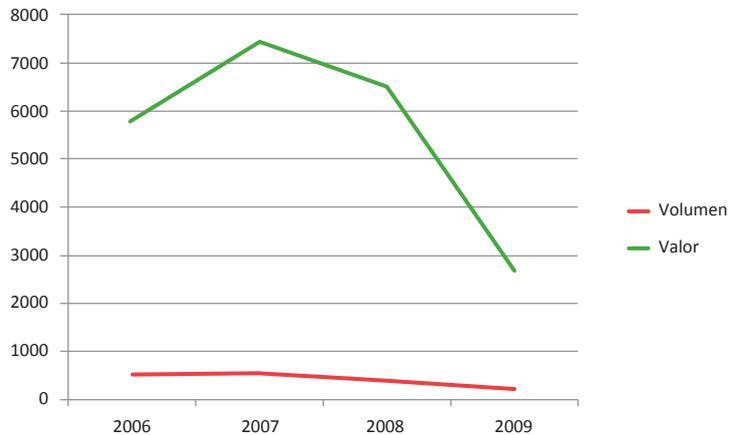
Pese a la crisis económica, el mercado de derechos de emisiones sube su volumen más que duplicándolo, pero su valor se incrementa sólo en un 20%. El valor medio del bono de carbono en este mercado baja de 31 US\$/tCO<sub>2</sub>e en 2008 a 16,7 US\$/tCO<sub>2</sub>e en 2009.

El mercado basado en proyectos en tanto, baja fuertemente en 2009. En el caso del MDL disminuye casi a la mitad su volumen respecto de 2008 y al 40% del valor de 2008. El valor medio de los bonos de carbono para el mercado basado en proyectos para el 2008 es de 21,5 US\$/tCO<sub>2</sub>e y para el 2009 es de 15,6 US\$/tCO<sub>2</sub>e, para el MDL por su parte estos valores son 16,1 US\$/tCO<sub>2</sub>e en 2008 y 12,7 US\$/tCO<sub>2</sub>e en 2009.

El MDL inicia una baja en volumen y valor en 2008, respecto de 2006 y 2007 cuando mostraba una tendencia creciente, en especial en su valor, y baja fuertemente en 2009. Esto se debe a los efectos de la crisis económica, pero además a importantes problemas estructurales. La complejidad y el permanente cambio en sus regulaciones, e ineficiencias en su cadena de tramitación han impactado negativamente el financiamiento de proyectos y ahora toma más de tres años cruzar toda la cadena regulatoria para el promedio de proyectos MDL (WB, 2010). Esta situación destaca la necesidad de mejores y más fuertes mecanismos de mercado para cuando concluya el primer período de compromiso en 2012.



**Figura N° 12.** EVOLUCIÓN DEL VALOR MEDIO DEL BONO DE CARBONO (US\$ /t CO<sub>2</sub>e) SEGÚN MERCADO PERÍODO 2007 - 2009



**Figura N° 13.** VOLUMEN (Millones t CO<sub>2</sub>e) Y VALOR (Millones US\$) MERCADO MDL

Respecto del mercado voluntario basado en proyectos, la tendencia es semejante, creciente hasta el 2008 y cae en 2009. Su volumen en 2008 es de 57 millones de tCO<sub>2</sub>e, con un valor de US\$ 419 millones, en tanto que en 2009 baja a 46 millones de tCO<sub>2</sub>e y US\$ 338 millones, aunque el valor medio del bono de carbono permanece constante en 7,4 US\$/tCO<sub>2</sub>e (WB, 2010).

## REFERENCIAS

**Bejarano, J. y Castañeda, E., 2011.** Colombia incursiona en mercados voluntarios porque pagan mejor. El mercado de los bonos de carbono en América Latina. Marzo 22 de 2011. [www.CdRonline.org](http://www.CdRonline.org)

**Cabrera, J. y Rojas, Y., 2009.** Pago por Servicios Ambientales, Conceptos y Aplicación en Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 177. 150 p.

**Carbon News and Info, 2005.** First CDM forestry Project approved. <http://www.carbonpositive.net/viewarticle.aspx?articleID=150>

**Carbon News and Info, 2009.** Second CDM forestry project approved. <http://www.carbonpositive.net/viewarticle.aspx?articleID=1443>

**Carbon News and Info, 2009a.** Third CDM forestry project approved. <http://www.carbonpositive.net/viewarticle.aspx?articleID=1463>

**CONAF, CONAMA, BIRF, 1999.** Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. 87 p.

**FAO, 2010.** FRA 2010 Forest Resources Assessment. En: [www,fao,org/forestry](http://www.fao.org/forestry)

**FAO, UNDP, UNEP, 2008.** Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries (UN-REDD). Framework Document. En: <http://www.un-redd.org/>

**GHG, 1998.** The Greenhouse Gas Protocol Initiative. En: <http://www.ghgprotocol.org/>

**González, S., Salazar, F., Newenschwander, A., Arata, P., Tessada, R., Salas, C., y Searle, P., 2009.** Inventarios Anuales de Gases de Efecto Invernadero de Chile. Serie Temporal 1984/2003 para sectores No-Energía. Boletín INIA - No. 185. 260 p.

**INFOR, 2010.** Anuario Forestal 2010. Boletín Estadístico N° 128. Instituto Forestal, Chile.

**INFOR-JICA, 2009.** Manual Elaboración de Proyectos Forestación / Reforestación Bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). A/R MDL Protocolo de Kioto. Barros, Santiago Ed. Instituto Forestal (INFOR) y Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

**Neuenschwander, A. A., 2010.** El Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile. Fundación para la Innovación Agraria, Chile. 123 p.

**ONU, 1998.** Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Organización de las Naciones Unidas. En: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

**Segnini, Giannina, 2011.** Ataduras de un gigante verde. El mercado de los bonos de carbono en América Latina. Marzo 22 de 2011. [www.CdRonline.org](http://www.CdRonline.org)

**Tallar, F., 2009.** Contexto Jurídico y Marco Normativo. En: Cabrera, J. y Rojas, Y., 2009. Eds. Pago por Servicios Ambientales, Conceptos y Aplicación en Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 177. 150 p.

**UN REDD, 2009.** Programa de colaboración de las Naciones Unidas de reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (Programa ONU-REDD). Informe Sinóptico Estratégico.

En: [http://www.un-redd.org/Portals/15/documents/events/20090309Panama/Documents/UN-REDD%20Strategic%20Overview%20\(Sp\)%2010Mar09.pdf](http://www.un-redd.org/Portals/15/documents/events/20090309Panama/Documents/UN-REDD%20Strategic%20Overview%20(Sp)%2010Mar09.pdf)

**Valenzuela, R., s/f.** Mercados Voluntarios y Huella de Carbono: Conceptos Generales. Chile CO2 Centro de Fomento del Mercado de Carbono. DEUMAN En: [www.chile-co2.cl](http://www.chile-co2.cl)

**WB, 2010.** State and Trends of the Carbon Market 2010. Carbon Finance at the World Bank En: [www.carbonfinance.org](http://www.carbonfinance.org)

# MADERA: CARBONO SECUESTRADO

Roberto Ipinza Carmona<sup>41</sup>

La madera tiene muchos atributos que la convierten en una opción medioambiental inteligente. Es el único material de construcción que es renovable y por ende sostenible en el largo plazo. Existen tres razones que convierten a la madera en la elección natural para mitigar el cambio climático:

- Los productos madereros siguen almacenando el carbono secuestrado por los árboles, de esta forma en una casa o mueble de madera este elemento permanece retenido indefinidamente, de igual forma que en un bosque ordenado y manejado sustentablemente.
- El mayor uso de madera significa un menor consumo de combustibles fósiles, de acuerdo al análisis del ciclo de vida<sup>42</sup>, la madera tiene importantes ventajas por su menor consumo de energía.
- Productos de madera son durables y adaptables, prueba de estos son las iglesias de Chiloé, que se han mantenido en pie por más de 300 años y quizás son las construcciones en madera más antiguas que permanecen en pie en el planeta.

## EVIDENCIAS SOBRE LA CONVENIENCIA AMBIENTAL DEL USO DE MADERA

### CONSORCIO CORRIM

El *Consortium for Research on Renewable Materials* (CORRIM)<sup>43</sup> es una entidad sin fines de lucro de EEUU, constituida por 15 universidades que realizan investigación operacional y práctica, que en el año 2004 llegó a la conclusión que las estructuras de acero utilizaban un 17 % más de energía que la construcción en madera para una vivienda típica en el estado de Minnesota (EEUU), mientras que la construcción en hormigón utilizaba un 16 % más de energía que una casa de construcción en madera en el estado de Atlanta (EEUU). En ambos casos, el consorcio descubrió que el índice potencial de calentamiento global usando acero es un 26 % mayor que usando madera y un 31 % mayor usando hormigón (Lippke *et al.*, 2004).

41 Ingeniero Forestal, mención Silvicultura de la Universidad de Chile. Dr. Ingeniero de Montes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Investigador del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. robertoipinza@infor.cl

42 Life Cycle Assessment (LCA): Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una manera objetiva de comparar los materiales utilizados, e incluso las estructuras en su conjunto, a lo largo de toda su vida, desde la extracción de recursos, su fabricación, distribución, uso y eliminación al final de su vida útil.

43 <http://www.corrим.org/>

## MODELO ATHENA

Modelo desarrollado por el Instituto Athena<sup>44</sup>, una organización sin fines de lucro, que compara el cociente ecológico de la madera, el acero y el hormigón desde “la cuna a la tumba” a lo largo de seis etapas, que corresponden a la esperanza de vida de un material; extracción de los recursos, fabricación, construcción *in situ*, ocupación de las instalaciones, demolición y reutilización o reciclaje finales.

El Modelo Athena concluye que la madera es el material que presenta el menor impacto medioambiental en todas estas categorías y que la madera supera a todos los demás materiales en términos de adecuación medioambiental y uso de la energía, producción de gases de efecto invernadero, contaminación atmosférica y del agua, producción de residuos sólidos y uso global de recursos ecológicos (Canadian Wood Council, s/f).

## ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO)

FAO<sup>45</sup> encargó a la Universidad de Hamburgo una revisión exhaustiva de los trabajos sobre análisis del ciclo de vida (LCA por su sigla en inglés) efectuados durante la década del 90. En dicha investigación se alcanzó la siguiente conclusión: “El estudio de análisis del ciclo de vida (LCA) indica claramente que los sistemas de productos de madera presentan ventajas en la mayor parte de las categorías de impactos medioambientales. La impresión subjetiva, respecto que los productos de madera son mejores en relación a aspectos medioambientales, puede probarse científicamente”. (Scharaid-Rad y Welling, 2002).

## BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE)

El *Building Research Establishment* (BRE)<sup>46</sup> de Inglaterra publicó los resultados del estudio “*Environmental Profiles of Building Materials, Components and Buildings*”. En este el BRE otorgó puntuaciones elevadas a la madera en las 13 categorías de impactos medioambientales estudiadas desde el punto de vista del cambio climático, contaminación atmosférica y del agua, eliminación de residuos y congestión y contaminación del transporte. La madera se reveló como el único material de construcción que tenía un impacto positivo sobre el medioambiente debido a la capacidad de los árboles para absorber dióxido de carbono. El BRE llegó a la conclusión que “la madera y los materiales basados en madera presentan un excelente rendimiento medioambiental..., en muchos casos mejor que el de materiales alternativos. La madera y los materiales basados en madera pueden contribuir significativamente a una producción más sostenible” (Anderson *et al*, 2002).

---

44 <http://www.athenasmi.org/index.html>

45 <http://www.fao.org/>

46 <http://www.bre.co.uk/>

## ESTUDIOS AMBIENTALES SOBRE MATERIALES DE CONTRUCCION

Lawson (1996) realizó un profundo estudio sobre la energía contenida en varios materiales de construcción utilizados en Australia. Dicho autor establece el concepto energía contenida, que es aquella que está relacionada directamente con la manufactura del componente o material, es decir es la energía consumida por todos los procesos asociados con el desarrollo de un producto. En el Cuadro N° 3 se presentan algunos de estos materiales, ahí se observa que los productos madereros tienen muy baja energía contenida comparada con los plásticos y metales. También cabe destacar la diferencia entre secar la madera al aire y en cámara, donde el 75% de la energía requerida es consumida en el proceso de secado.

**Cuadro N° 3. ENERGÍA CONTENIDA EN VARIOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN POR UNIDAD DE MASA**

MATERIAL	ENERGÍA CONTENIDA (MJ/kg) <sup>47</sup>
Madera aserrada de latifoliadas secada al aire	0,5
Bloques de hormigón	1,5
Madera aserrada de latifoliadas secada en cámara	2,0
Ladrillos de arcilla	2,5
Madera aserrada de coníferas secada en cámara	3,4
Placa para tabicar	4,4
Cemento de fibra	4,8
Cemento	5,6
Tablero de partículas	8,0
OSB	9,5
Contrachapado	10,4
Madera laminada encolada	11,0
Contrachapado de madera	11,0
MDF	11,3
Cristal	12,7
Acero galvanizado	38,0
Pintura acrílica	61,5
PVC	80,0
Plásticos - general	90,0
Cobre	100,0
Caucho sintético	110,0
Aluminio	170,0

(Fuente: Extraído principalmente de Lawson, 1996).

47 1 MegaJoule por Kilogramo =1 MJ/KG = 7,9kwh/lb = 1 MJ/kg = 238,8 kcal/kg

La producción de un metro cúbico de aluminio requiere más de 300 veces la cantidad de energía necesaria para la producción de un metro cúbico de madera tratada y el acero estructural alrededor de 375 veces esta cantidad de energía. La diferencia en la cantidad de carbono emitido durante la fabricación de estos materiales, como se aprecia, es dramática.

La madera tiene la virtud que la cantidad de carbono queda "encerrada" en la estructura de la madera a través de su uso como un producto de madera. En consecuencia, una de las maneras más eficaces para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es el uso de madera en lugar de otros materiales para la construcción de casas, edificios, puentes, jardinería, muebles, señalética, terminaciones, entre otros. Cada vez que se utiliza un metro cúbico de madera en lugar de un metro cúbico de materiales de construcción como el hormigón, bloques o ladrillos se produce un ahorro promedio de 0,8 t de emisiones de dióxido de carbono.

## LA INDUSTRIA FORESTAL Y LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE

A través de un simple ejemplo, Burschel y Kursten (1992) calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes de la producción de pilares de distintos materiales. Los pilares son de 3 m de largo y fueron diseñados para soportar la misma carga de 20 kN<sup>48</sup>, valor que está basado en el consumo de energía producido por su manufactura.

**Cuadro N° 4.** COMPARACIÓN DE DIFERENTES PILARES DE 3 m DE LONGITUD DISEÑADOS PARA LA MISMA CARGA DE 20 KN

	Madera	Acero	Concreto	Ladrillo
<b>Peso: (kg)</b>	60	78	300	428
<b>(kWh)</b>	60	561	221	108
<b>(kg)</b>	15 (1=15/15)	136 (9,1=136/15)	54 (3,6=54/15)	26 (1,7=26/15)

(Fuente: Kursten, 2008)

El Cuadro N° 4 demuestra claramente la ventaja de la madera, en especial si se la compara con el acero. La energía necesaria para producir un pilar que lleva la misma carga, es 9,1 veces superior en el acero que en la madera. Esta diferencia se debe a que se contabilizan las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros impactos negativos (minería del carbón, emisiones de SO<sub>2</sub>, consumo de agua, entre otros).

Lo anterior implica que si se elige un material con baja entrada de energía (energía contenida), como la madera, al mismo tiempo se reducen los problemas ambientales resultantes del proceso de producción de los materiales alternativos.

48 kN = kilonewton, es una unidad de fuerza, equivale a 1000 Newtons

Esto puede conllevar a un nuevo paradigma para diseñar y establecer políticas de incentivos hacia el consumo y producción de madera, mejorando los productos y servicios del bosque, mientras se reduce el impacto en la salud humana y en el ambiente.

## REFERENCIAS

**Anderson, J., Edwards, S., Mundy, J. y Bonfield, P., 2002.** Life cycle impacts of timber: A review of the environmental impacts of wood products in construction. BRE Digest 470. BRE, Garston.

**Burschel, P. y Kursten, E., 1992.** Wald und Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaus der Erde. En: Produktionsfaktor. Umwelt:Klima - Luft. Hrst. Verbundungsstelle Landwirtschaft - Industrie e.V., Energiewirtschaft und Technik Verlagsges. mbH, Dusseldorf, 97-125.

**Canadian Wood Council, s/f.** Energy and the Environment in the residential construction. Sustainable Building Series No. 1. 16 p.

**Kursten, E., 2008.** How forest industries may contribute to environmental protection. WoodNews 17 (6), Mar - Apr 2008, pp. 8-15.  
([http://www.wood-report.de/pdf/forestry\\_environmental\\_protection.pdf](http://www.wood-report.de/pdf/forestry_environmental_protection.pdf))

**Lawson, B., 1996.** Building materials energy and the environment. Towards ecologically sustainable development. Published by Royal Australian Institute of Architects in Red Hill, A.C.T.

**Lippke, B., Wilson, J., Perez-Garcia, J., Bowyer, J. y Meil, J., 2004.** CORRIM: Life-Cycle Environmental Performance of Renewable Building Material. Journal Forest Products. Vol. 54, No. 6. pp. 6-19.

**Scharaid-Rad, M. y Welling, J., 2002.** Environmental and energy balances of Wood products and substitutes. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 70 p.





**EL MANEJO FORESTAL EN EL  
ESCENARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO**



# EL MANEJO FORESTAL EN EL ESCENARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La presencia de los bosques está directamente relacionada con la salud humana, la calidad de vida rural y el ambiente en general para la vida humana y la biodiversidad de flora y fauna.

Frente al cambio climático global, que se está produciendo debido a las grandes pérdidas de cubierta forestal, provocadas por el avance de las fronteras agrícolas y ganadera, los incendios forestales y la sobreutilización de los recursos, y a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hacia la atmosfera, originadas en la actividad industrial, el transporte y la movilización, la humanidad tiene un enorme desafío para asegurar su supervivencia en el planeta.

Para enfrentar este trascendental desafío existen sólo dos caminos, que son complementarios; reducir las emisiones de estos gases indeseables a la atmosfera y recuperar parte de estos gases desde ella.

La reducción de emisiones requiere de múltiples y variadas medidas, siendo las más importantes una drástica disminución del uso de combustibles fósiles, como el petróleo, la gasolina, el kerosene, el gas envasado, el carbón mineral y otros, y el mejoramiento de los procesos que emplean estos combustibles para hacerlos menos contaminantes. Complementariamente, los países deben desarrollar o adecuar urgentemente la tecnología necesaria para la utilización de una variedad de energías alternativas disponibles, como la biomasa, la eólica, la solar, la geotérmica, la mareomotriz, la hidráulica en centrales de paso, entre otras.

Respecto de la recuperación de gases dañinos desde la atmosfera, muy principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), parece haber un solo camino y este es la conservación, recuperación y manejo sostenible de los bosques existentes y la creación de nuevos bosques también bajo régimen de manejo forestal sostenible.

Se destaca así una vez más que los bosques son en el largo plazo condición para la mantención de la vida en el planeta.

En materia de reducir los GEI en la atmosfera, los bosques, mediante la fotosíntesis, absorben CO<sub>2</sub> y liberan O<sub>2</sub> y el C lo fijan en su biomasa. En tanto que, en lo referente a reducir emisiones de GEI, su biomasa puede reemplazar combustibles fósiles para la generación de energía, siendo un recurso renovable y considerado neutral respecto del C, es decir el C que libera la combustión se compensa con el anteriormente captado para formar su biomasa.

El manejo forestal sostenible, es decir la silvicultura aplicada de modo tal de obtener los diversos productos y servicios de los bosque hoy sin comprometer el que las generaciones futura también puedan hacerlo, es posiblemente uno de los más importantes desafíos actuales de la humanidad, y su logro representa grandes beneficios, no sólo en la economía sino también en la conservación del medio ambiente y la vida humana.



# ORDENACIÓN FORESTAL FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Yasna Rojas Ponce<sup>48</sup>

Los bosques cumplen con funciones ecológicas vitales, donde se puede destacar el ciclo hidrológico, los ciclos de nutrientes y la retención de sedimentos entre muchas otras (Figueroa, 2009). La transformación de una función ecosistémica en un servicio ambiental se produce cuando ésta genera beneficios ecológicos, sociales y económicos para una población (Cordero *et al.*, 2008).

Si bien los bosques ofrecen una multiplicidad de bienes y servicios, la sociedad se ha centrado históricamente en el bien más evidente que es la madera y a una menor escala en los productos forestales no madereros, quedando postergados muchos servicios ambientales que ofrecen los bosques.

Entre los servicios ambientales más reconocidos que brindan los bosques están la conservación de cuencas hidrográficas que incluye servicios hidrológicos y conservación de suelos, la belleza escénica o paisajística, la conservación de la biodiversidad y la captura o fijación de carbono (Landell-Mills y Porras, 2002; Robertson y Wunder, 2005).

Los bosques a nivel mundial forman un importante recurso y, en este contexto, la planificación territorial de este recurso debería considerar entonces la multiplicidad de bienes y servicios que provee el bosque. En el marco mundial actual, se está ante un escenario de cambio climático donde las emisiones de gases de efecto invernadero han alcanzado niveles muy altos y provocan alteraciones en el clima que pueden tener graves consecuencias para la humanidad.

Los bosques naturales primarios y secundarios, así como las plantaciones forestales son importantes sumideros de carbono, fijando el carbono en su biomasa hasta el momento de su cosecha, persistiendo el carbono capturado en la madera durante otro período de tiempo (Oyarzun *et al.*, 2004; Myers, 2008) y esto hoy en día es un servicio ambiental reconocido.

Chile cuenta con un importante recurso forestal y tiene compromisos voluntarios de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Con estos antecedentes se plantea la posibilidad de ordenar el recurso forestal teniendo como objetivo mejorar la captura de carbono.

Es importante tener en cuenta que los árboles tienen su ciclo de vida como todo ser vivo y en las distintas etapas de este ciclo la tasa de captura de carbono varía. En los primeros años de

---

49 Ingeniera Forestal, Universidad Austral de Chile. Dra. Ingeniera de Montes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Investigadora del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. yrojas@infor.cl

vida las tasas de crecimiento son altas y por tanto, las tasas de acumulación de biomasa y carbono son también muy altas. En la etapa adulta, mientras los árboles siguen creciendo, acumulan carbono en tasas superiores a las de emisión a través de la respiración. Luego pasan por una etapa de madurez donde existe un equilibrio entre la captura y la emisión y finalmente en la etapa de desmoronamiento de los árboles, las tasas de emisión son superiores a las tasas de captura.

Por otra parte, desde el punto de vista de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, los árboles y los bosques son sumideros temporales de carbono ya que al extraer los árboles del bosque, una parte del carbono almacenado es liberado a la atmosfera. Esto significa que cuando los árboles se cortan, se queman o se mueren, una parte del carbono contenido es liberado nuevamente a la atmosfera. Por lo tanto, las políticas y las estrategias forestales deberían tener el objetivo de prolongar la capacidad de los árboles y de los bosques de contener carbono por el mayor tiempo posible (Ciesla, 1995).

En este contexto, los bosques pueden ordenarse para mitigar el cambio climático, es decir, reducir las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>. La ordenación forestal que consideren este puede tener tres caminos distintos de acuerdo al planteamiento que postula Brown *et al.* (1996); ordenación para la conservación del carbono, para el almacenamiento del carbono y para la sustitución del carbono.

## **ORDENACIÓN DEL BOSQUE PARA LA CONSERVACIÓN DEL CARBONO**

El objetivo es evitar las emisiones de carbono a la atmosfera mediante opciones tales como el control de la deforestación, la protección del bosque en reservas, el cambio de los regímenes de aprovechamiento y el control de otras perturbaciones antropogénicas, como los incendios y las plagas.

Las disyuntivas económicas que se producen al tener este objetivo están principalmente en las causas de la deforestación y degradación forestal, que se asocian muchas veces con la expansión y degradación de los terrenos agrícolas y de pastoreo y la demanda de subsistencia y mercancías de productos madereros. En este caso, es importante que los programas de reducción de deforestación consideren medidas para aumentar la productividad y sostenibilidad agrícola (Brown, 1997).

Las medidas planteadas para permitir la conservación de una mayor fracción de carbono pueden incluir la ampliación de las edades de rotación de los bosques manejados, la reducción de los daños a árboles que permanezcan en el bosque, la reducción de los desechos de explotación aplicando sistemas de conservación del suelo y la utilización de madera en forma más eficiente en cuanto al carbono (Brown, 1997).

## ORDENACIÓN FORESTAL DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO

El objetivo en este caso es aumentar la cantidad de carbono en la vegetación y el suelo de los bosques mediante el aumento de la superficie y/o del carbono de la biomasa de los bosques naturales y de plantación y, además, incrementar el almacenamiento en productos madereros duraderos.

En el caso del incremento de las reservas de carbono en la vegetación y el suelo, este podría cumplirse a través de la protección de bosques secundarios y otros bosques degradados, que presentan valores de carbono inferiores a su valor máximo, tanto en la biomasa como el suelo, tomando medidas de regeneración natural o artificial y de enriquecimiento del suelo.

Las plantaciones en terrenos forestales que se encuentran sin cubierta boscosa, junto con el fomento de la regeneración natural o artificial de los bosques secundarios y el incremento de la cubierta boscosa en terrenos agrícolas o pastizales mediante la agroforestería son medidas que contribuyen a aumentar la cantidad de carbono.

En el caso de los productos madereros, las reservas de carbono pueden aumentarse incrementando la demanda de productos madereros con un ritmo mayor que la tasa a la cual se deteriora la madera y ampliando la duración de los productos madereros.

## ORDENACIÓN PARA SUSTITUCIÓN DE CARBONO

El objeto ahora es incrementar la transferencia de carbono de la biomasa forestal en productos, como por ejemplo materiales de construcción y biocombustibles, en lugar de utilizar energía y productos basados en combustibles fósiles y productos basados en el cemento.

Este sistema incluye la ampliación del uso de los bosques para productos madereros y combustibles obtenidos, ya sea mediante el establecimiento de nuevos bosques o plantaciones o mediante el aumento del crecimiento de los bosques existentes a través de tratamientos silvícolas (Brown *et al.*, 1996).

En este tipo de ordenación, las situaciones en que bosques con fines energéticos (biomasa) se establezcan en terrenos forestales sin cubierta boscosa producen no solo un incremento en la cantidad de carbono almacenado en el terreno sino que la biomasa que se queme como combustible sustituye el uso de combustibles fósiles, lo que crea una tasa efectiva de captación de carbono en los combustibles fósiles no quemados, lo que se conoce como desplazamiento de emisiones.

Estos tres enfoques se presentan en la Figura N° 14 y pueden ser analizados desde el punto de vista de la intensidad con la que se enfrentan las acciones.

El sistema de ordenación de conservación de carbono es el más básico, los otros sistemas van escalando y agregando más medidas que consideran obtener una mayor captura de carbono y finalmente el último sistema incorpora el desplazamiento de emisiones.

Es muy importante entender que estos enfoques incluyen la producción de madera y de bienes y servicios ambientales. Por lo tanto, esto es una invitación a ampliar la mirada en la planificación del recurso forestal considerando el servicio ambiental de captura o fijación de carbono.

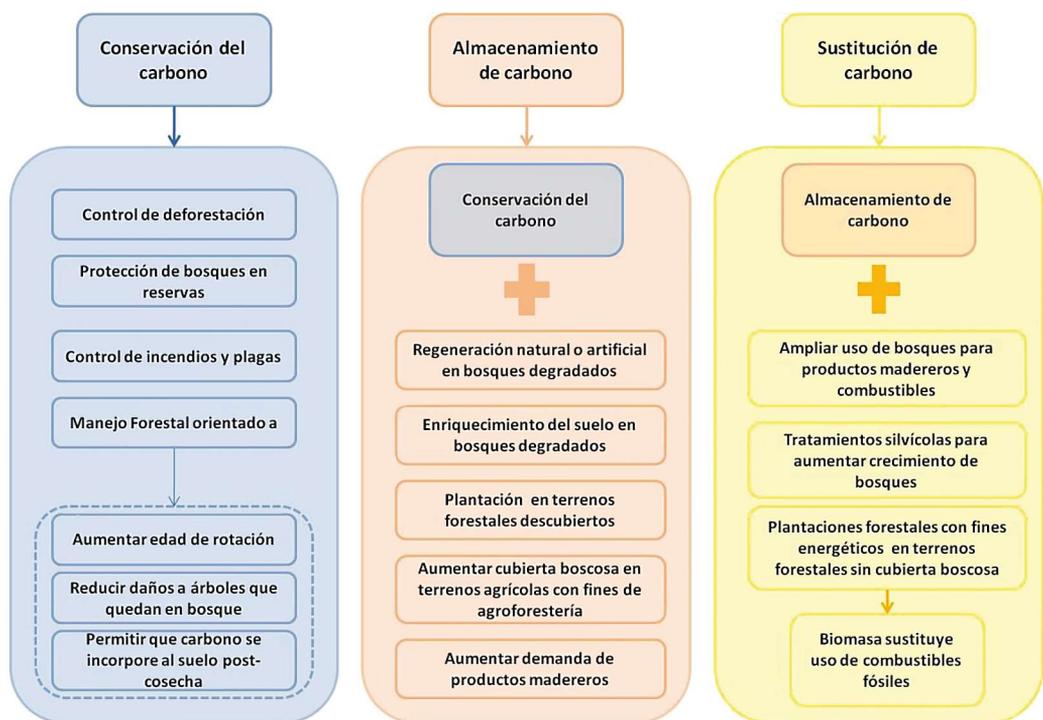


Figura N° 14. OPCIONES DE ORDENACIÓN FORESTAL PARA EL CAMBIO CLIMATICO

(Adaptado de Brown *et al.*, 1996 y Brown, 1997)

## REFERENCIAS

**Brown, S., Sathaye, J., Cannell, M., Kauppi, P. E., 1996.** Management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions. In: R. T Watson, M. C. Zinyowera, and R. H. Moss (eds.), *Climate change 1995: impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific analyses. Contribution of working group II to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, pp. 773-798

**Brown, S., 1997.** Los bosques y el cambio climático: El papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. Trabajo presentado en XI Congreso Forestal Mundial, Turquía.

**Ciesla, W., 1995.** Oficial forestal (protección forestal) Dirección de Recursos Forestales. Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto. Estudio FAO Montes 126. Cordero, D., Moreno-Díaz, A. y Kosmus, M., 2008. Manual para el Desarrollo de Mecanismos de Pago/Compensación por servicios ambientales. GTZ e INWENT. Quito, Ecuador. 111p. Invent.

**Figueroa, E., 2009.** Pago por servicios ambientales en áreas protegidas en América Latina: Programa FAO/OAPN (Organismo Autónomo Parques Nacionales del Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España). Roma, Italia. 133 p.

**Landell-Mills, N. y Porras, I., 2002.** Silver bullet or fool's gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. Instruments for sustainable private sector forestry series. International Institute for Environment and Development (IIED). London, United Kingdom.

**Myers, E., 2008.** Climate change and forestry: A REDD primer. In: Forests Taking root in the voluntary carbon markets. The Katoomba Group's Ecosystem Marketplace. pp: 26 - 34.

**Oyarzún, C. Nahuelhual, L y Núñez, D., 2004.** Servicios ecosistémicos de bosque templado lluvioso: Producción de agua y su valoración económica. Ambiente y Desarrollo 20 (3): 88-95.

**Robertson, N. y Wunder, S., 2005.** Huellas frescas en el bosque. Evaluación de iniciativas incipientes de PSA en Bolivia. Centro para Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Bogor, Indonesia.



# MANEJO DE LOS BOSQUES PARA LA MITIGACION DEL EFECTO INVERNADERO

Sabine Müller - Using Wenzke<sup>50</sup> y Marjorie Martin Stuvén<sup>51</sup>

El objetivo final de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a niveles aceptables. En principio, esta meta puede alcanzarse mediante una reducción de las emisiones de estos gases, reduciendo las fuentes, y una remoción de ellos incrementando los sumideros.

Los bosques cumplen un rol muy importante en el balance de carbono. A nivel mundial un 46% del carbono orgánico terrestre está almacenado en la biomasa arbórea (359 Gt C) y los suelos (787 Gt C) (IPCC, 2007). En consecuencia, cualquier cambio en el balance neto de CO<sub>2</sub> de los ecosistemas forestales, sea por causa de cambio de uso o de cambios en el manejo, tienen un fuerte impacto en las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>.

La producción de biomasa en los bosques secuestra CO<sub>2</sub> del ambiente, sin embargo, el rango de la eficiencia de secuestro, según estado y composición del bosque varía en un alto grado. Existen incluso situaciones excepcionales en las cuales la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado del sistema supera al secuestro. Resulta evidente que con la silvicultura se cuenta con un instrumento clave para regular el nivel de almacenamiento de carbono de los bosques naturales manejados.

Para lograr el objetivo global de la Convención Marco, es de importancia primaria que los ecosistemas forestales del mundo se encuentren en un estado en el que se mantenga e incremente su capacidad de funcionar como sumideros de gases de efecto invernadero. Esto requiere tanto conservación, como manejo sostenible y aumento de sumideros y reservorios.

Se requieren cuatro tipos de acciones generales:

- Medidas en contra de la desertificación, deforestación y destrucción de los bosques. Esto debería apuntar a la estabilización apropiada del área boscosa y, de ser posible a incrementarla.
- Promoción de la salud total de los ecosistemas. Esto incluye especialmente las acciones en contra de los efectos perjudiciales causados por los contaminantes.

<sup>50</sup> Diplom Forstwirtin, M.Sc. Ciencias Forestales y Dr. Forest. de la Universidad de Göttingen, Alemania. Investigadora del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. smuller@infor.cl

<sup>51</sup> Ingeniera Forestal de la Universidad de Chile. Dra. (c) Manejo Forestal e Inventario. Universidad de Helsinki, Finlandia. Investigadora del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. mmartin@infor.cl

- Medidas en contra de la degradación y manejo no sostenible de los ecosistemas, y medidas que aumenten el potencial de los bosques para actuar como sumideros de gases de efecto invernadero (densidades de almacenamiento, cantidad de biomasa, etc.).
- Promoción de la investigación científica sobre los bosques, como fuentes, sumideros y reservorios de C, y sobre su manejo sostenible.

El Carbono almacenado en los bosques se encuentra repartido en los distintos estratos, generalmente se distingue entre biomasa aérea, radicular, detritus leñoso y humus. Los principales factores que definen el estado de estos estratos son luz y calor, disponibilidad de agua y nutrientes y estado de desarrollo del rodal. Estos son los factores que puede regular la silvicultura.

En el contexto del balance de C, la productividad es definida como el aumento porcentual de este elemento en relación con la biomasa del rodal. Al priorizar especies con alta densidad y alto crecimiento aumenta esta productividad y una opción adicional es la mezcla de especies, con el fin de optimizar el aprovechamiento de los recursos y así lograr una aún mayor fijación de C.

Bajo condiciones climáticas extremas, que se prevé serán más abundantes en el futuro, se le atribuye gran importancia al control de la densidad a través de raleos. Existen experiencias respecto de que distintas situaciones climáticas requieren diferentes densidades del rodal para maximizar la productividad y la fijación de C.

Las grandes cantidades de carbono fijadas en humus y suelo son también manejables a través de la silvicultura. Una cobertura continua es de gran importancia para la permanencia de la materia orgánica en el suelo, la cual se logra con sistemas de regeneración controlada y dirigida a la meta productiva.

Según sitio y especie, la fijación de C puede variar considerablemente entre un sistema silvícola y otro. Estudios en bosques de haya en Alemania han demostrado una variación entre 200 y 600 tC/ha (Mund, 2004). Un factor importante es la regulación del período de rotación. Otros factores son los métodos y equipos de corta y el volumen en pie del rodal.

Es posible que surjan conflictos de intereses entre la fijación de C y otras funciones del bosque. Estos pueden ser de distintas características (Caparrós y Jacquemont, 2003):

- Económico : Evaluación a corto vs evaluación largo plazo.
- Tecnológico : Balance oferta - demanda de madera.
- Silvicultura : Estabilidad del bosque vs rendimiento y costos de cosecha.
- Ecológico : Diversidad vs secuestro de carbono.
- Social : Seguridad de producción vs utilidad a corto plazo.

La aplicación de un manejo que logre equilibrar estos conflictos, requiere de conocimientos fundados sobre la reacción de los bosques a distintas opciones silvícolas.

Una mayor eliminación de GEI de la atmósfera, mediante el incremento de los bosques como sumideros, puede considerarse una meta a corto plazo. Por otra parte, la biomasa de los árboles puede usarse como sustituto de los combustibles fósiles, reduciendo las emisiones que se producirían por el empleo de estos y generando energía en términos neutrales respecto del C, debido a que el C liberado por la combustión de la madera había sido retenido por esta antes.

## MANEJO DE BOSQUES PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los árboles son en general especies longevas, los ciclos de crecimiento, floración, fructificación y en general su metabolismo base, son procesos todos que responden a las condiciones del clima, en particular a la temperatura, precipitación y radiación solar. Es así como cambios en dichos factores influirán sobre las tasas de crecimiento la competencia interespecífica e incluso la supervivencia de especies.

Dado que el cambio climático podría alterar el rendimiento de los bosques y aumentar el riesgo biótico y abiótico en la producción forestal, a mediano plazo, el manejo forestal actual podría no ser el adecuado para las nuevas condiciones.

Es de gran importancia entonces encontrar las herramientas que permitan al bosque nativo y a las plantaciones enfrentar el cambio climático. Una fase crítica en este aspecto es la fase de regeneración o la de implementación de bosques, las pequeñas plantas son muy susceptibles a variaciones de radiación y en el suministro de agua, y el fracaso en su establecimiento comprometería la estabilidad de los bosques nativos y la creación de plantaciones.

Opciones silvícolas reconocidas para enfrentar el cambio climático son:

- Manejar las especies en su óptimo ambiental.
- Incluir especies pioneras. que generalmente tienen una amplitud ambiental muy grande.
- Reducir las densidades a temprana edad para mayor estabilidad del árbol individual y menor competencia por agua.
- Incluir especies no autóctonas con mayor tolerancia a cambios de temperatura y régimen de humedad.
- En el caso de bosques naturales preferir la regeneración natural para mantener variabilidad genética. Para la regeneración artificial preferir plantaciones de alta densidad o la siembra directa, pero en ambos casos con material regenerativo de mediano nivel de mejora.

## REFERENCIAS

**Caparrós, A. and Jaquemont, F., 2003.** Conflicts between biodiversity and carbon sequestration. *Ecological Economics* 46. 143-157.

**IPCC, 2007.** IPCC Fourth assessment report: Climate Change 2007.

**Mund, M., 2004.** Carbon Pools of European Beech Forests (*Fagus sylvatica*) under different silvicultural management. Ber. Forschungszentrum Waeldökosysteme, Göttingen, Reihe A, Bd. 189.

# APORTES DE LOS BOSQUES PLANTADOS A LA MITIGACION DEL CAMBIO CLIMATICO

Alicia Ortega Zúñiga<sup>52</sup> y Roberto Ipinza Carmona<sup>53</sup>

El informe “Los bosques en el mundo” (FAO, 2009), en el tema Sociedad, bosques y actividad forestal: Adaptarse al futuro” presenta una serie de directivas a seguir con el objetivo de preservar y aumentar las áreas forestales. En este sentido, se reconoce ampliamente que las plantaciones forestales cumplen con este papel, además de muchos otros.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC<sup>54</sup> por su sigla en inglés) ha señalado como actividades de mitigación la forestación, reforestación y reducción de la deforestación, además el manejo silvícola de bosques, el uso de bioenergía, la mejora de especies arbóreas para aumentar la productividad de biomasa y, por lo tanto, el secuestro de carbono.

Por otra parte, los mercados voluntarios de carbono han recogido las dificultades que enfrentan los proyectos forestales en el proceso Kioto y han reaccionado generando este mercado que se rige por los mismos principios, metodologías y restricciones que un proyecto Kioto. La única diferencia es que estos mercados actúan entre privados, lo que permite agilizar el proceso. Por estas razones, los conceptos que se presentan, están referidos a ambos mercados.

## PLANTACIONES

El concepto de plantaciones, en su sentido amplio, está referido a una actividad en la que se establece una plantación con fines productivos y/o recuperación de suelos degradados y/o de protección. Es relevante esta diferencia, puesto que en el segundo caso, Chile cuenta con una superficie importante de suelo desnudo, erosionado, abandonado. Antecedentes cuantitativos indican que aproximadamente un 32% del territorio nacional es considerado “Área sin vegetación” (INIA, 2001), lo cual indica que una fracción de esta superficie, hasta la fecha, es suelo no productivo en términos rentables. Por otro lado, dado que el 45 % de la superficie total de Chile es de aptitud forestal y que el 49,1% del territorio sufre algún grado de erosión<sup>55</sup>, el sector forestal está llamado a seguir cumpliendo su papel de beneficio ecológico y por lo tanto el sector de plantación debe continuar su crecimiento para proteger los suelos del cáncer de la erosión.

52 Ingeniera Forestal de la Universidad de Chile. Dra. Ingeniera de Montes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Docente de la Universidad Austral de Chile, Isla Teja s/n, Valdivia, Chile. aortega@uach.cl

53 Ingeniero Forestal, mención Silvicultura de la Universidad de Chile. Dr. Ingeniero de Montes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Investigador del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. robertoipinza@infor.cl

54 IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change

55 <http://www.ciren.cl/cirenxml/noticias/default.asp?a=5&id=647>

La especie con la que se planta puede ser propia del país o introducida. En ambos casos, se conforma una superficie con una inversión inicial, intervenciones intermedias, tales como raleos y podas, y una cosecha final, la que da origen a un nuevo ciclo de producción.

Para que nuevas plantaciones tengan un efecto en aumentar las tasas de captura de C, deben cumplir con una serie de requisitos, los cuales son muy explícitos en los mercados de carbono, tanto obligatorios como voluntarios. Dichos requisitos se refieren a buenas prácticas y a sellos de certificación.

## **BUENAS PRÁCTICAS**

En Chile, se han desarrollado guías o manuales de buenas prácticas, desde la construcción de caminos y su mantenimiento y las intervenciones silvícolas (INFOR, 2006), hasta la cosecha y consiguiente cuidado del suelo hasta una nueva plantación.

Estas prácticas han evolucionado en su implementación, siendo obligatorias en empresas medianas y grandes, y graduales en el caso de pequeños propietarios, en los que los costos hacen más difícil su aplicación, materia en la que el Estado debería ser más proactivo en apoyar en forma efectiva a estos propietarios.

## **SELLOS DE CERTIFICACIÓN**

Los sellos, entre los cuales destacan FSC<sup>56</sup> y CERTFOR<sup>57</sup>/PEFC<sup>58</sup>, permiten asegurar que el manejo se rige por normas que aseguran la sustentabilidad de los proyectos y que las plantaciones están comprometidas con la sustentabilidad a largo plazo.

El significado actual del Manejo Forestal Sustentable (MFS) va mucho más allá de la problemática de la deforestación y reforestación. Tiene que ver en primer lugar con que el crecimiento acumulado excede a la cosecha maderera y luego con las sociedades y las personas. Esto último, implica la necesidad de que deban y puedan mantener y aumentar los servicios, beneficios económicos y la salud de los bosques para su desarrollo y mejor calidad de vida.

A partir del estudio “En Busca de Casos Ejemplares de MFS<sup>59</sup> en ALC<sup>60</sup>” (FAO, 2011), se visualizó que los bosques pueden ser gestionados y manejados aplicando criterios de sostenibilidad a diferentes escalas, en variados contextos y por distintos actores, y que definitivamente el buen manejo es un efectivo freno a la deforestación, contribuye a la reducción de la pobreza y permite la sostenibilidad de los bienes y servicios ambientales que los ecosistemas forestales ofrecen, además de ser el epicentro para la mitigación del cambio climático (FAO, 2011).

---

56 FSC = Forest Stewardship Council

57 CERTFOR = Sistema Chileno de Certificación de Manejo Forestal Sustentable

58 PEFC = Promoting Sustainable Forest Management

59 MFS = Manejo Forestal Sustentable

60 ALC = América Latina y el Caribe

## REQUISITOS OBLIGATORIOS PARA CONTABILIZACIÓN DE CAPTURA DE CO<sub>2</sub>

Existen algunos aspectos que determinarán el atractivo de una inversión en plantaciones para almacenamiento de carbono y que corresponden a variables de largo plazo, como la adicionalidad y la trazabilidad.

### ADICIONALIDAD

Este concepto diferencia a una plantación adicional a aquellas plantaciones que serían plantadas de todas maneras. Un proyecto debe demostrar obligatoriamente que no responde a un mandato de ley y que no es una práctica común. Por otro lado debe aclarar que el proyecto necesita económicamente de los créditos para su implementación y que de otra manera no podría implementarse.

### TRAZABILIDAD

Se trata de la posibilidad de rastrear el origen, proceso y destino de un producto. Permite detectar procedimientos inseguros, doble contabilidad, rigurosidad en cumplimiento de los principios de relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión.

Proyectos de plantaciones forestales han recibido cuestionamientos como la dificultad de demostrar adicionalidad, permanencia, fugas, riesgos e incertidumbres, impactos sociales y ambientales, que evidencian la necesidad de tener claras respuestas.

En tal sentido, los sellos de certificación de Manejo Forestal Sustentable actúan regulando la actividad silvícola en su conjunto y eliminando mucha de esta incertidumbre.

Para lograr un efecto adicional sobre su papel como sumidero de carbono, las plantaciones programadas con doble propósito son la solución a los diversos cuestionamientos. Esto significa que se debe tener contabilidad sobre los productos que se obtienen de dichas plantaciones. Se ha demostrado que la madera sólida o maciza y madera para carpintería o construcción fijan por una cantidad ilimitada de años el carbono, contribuyendo a la permanencia. Por otra parte, la producción de papel y producción de energía contribuyen de maneras alternativas a la disminución de emisiones, en especial por su naturaleza neutral. Por lo tanto, la elaboración de proyectos que involucran no tan solo las plantaciones forestales sino también los usos de la madera, aumentan la adicionalidad (Gonzalez, 2008).

Entonces, lo que se requiere es formar masas forestales para controlar procesos erosivos, regular el régimen hídrico, capturar CO<sub>2</sub> y disminuir su vulnerabilidad frente al cambio climático. Mejorar las condiciones físicas y ambientales de las zonas críticas mediante la implantación de masas

forestales de protección ambiental. En este sentido Dameron et al. (2009), en su estudio sobre el tipo de plantaciones en terrenos agrícolas que pueden contribuir a la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el año 2050, consideran:

- Plantaciones de corta rotación y alta densidad, desde rotaciones de 8 años en climas tropicales húmedos hasta 30 años en climas más boreales. El objetivo de estas plantaciones será satisfacer los requerimientos locales de energía.
- Plantaciones de corta rotación y alta densidad, similar a la anterior. El objetivo es producir madera para la construcción y otros materiales.
- Plantaciones convencionales, de rotaciones largas de 80 años y raleos cada 10 años. El objetivo principal es producir madera para construcción.
- Plantaciones que nunca serán cosechadas, pero serán usada para secuestrar carbono. En Chile, además de las opciones voluntarias de los propietarios privados, se podrían establecer en áreas de quebradas donde actualmente no exista bosques o tengan otros usos.

Es importante recordar que la deforestación y el mal uso del suelo, son causa del 20% de la emisión de los gases que crean el efecto invernadero.

En cualquier caso, a mayor cantidad de estructuras vegetales existente, más carbono se encontrará almacenado en ellas, por lo que resulta obvio que la capacidad de remoción de CO<sub>2</sub> de la atmosfera de las especies de crecimiento rápido es mayor.

Por otra parte, el Manejo Forestal Sustentable, que debe garantizar la persistencia, mejora y crecimiento, si es posible, de la masa forestal (sin descuidar su aprovechamiento), conlleva que, desde el punto de vista global de la citada masa, que se va aprovechando por fases, a la vez que se va regenerando, constituya un almacén de carbono, también persistente en el tiempo.

## **CARBONO EN PRODUCTOS FORESTALES**

Cannell *et al.* (1991) considera que el tiempo de vida del producto es el lapso en el que el 95% del carbono se pierde.

Fearnside (1995) para un estudio realizado en Amazonas considera que la vida media del C y la duración se distribuye de la siguiente manera: 40% corto plazo con una vida media de 0,5 años, 50% mediano plazo con una vida media de 5 años, 8% de largo plazo con una vida media de 50 años y 2% es de muy largo plazo y vida media de 500 años. Esta proporción resulta en una vida media de 13 años para madera con destino de aserrado.

Ingerson (2011) cita emisiones en la fabricación para productos como OSB y *plywood* del orden de 0.01-0.26 tCO<sub>2</sub>e/t de producto terminado. Richards (2011) analiza detalladamente los diferentes tipos de productos posibles, la vida media y la tasa de decaimiento. Dentro de los productos de debobinado para el caso de madera laminada enchapada se considera un producto de vida larga.

Finalmente en este sentido, debe quedar claro que la transformación de los árboles en productos forestales, tales como madera aserrada, contrachapado o papel no supone en sí misma una liberación de carbono a la atmósfera, sino que el carbono fijado por la masa forestal permanece en los productos derivados del bosque durante su ciclo de vida, en un porcentaje dependiente del producto y los procesos que los transforman.

En los países industrializados, la acumulación de carbono en productos madereros es de 20 a 40 t/ha, al tiempo que en el bosque manejado o gestionado se almacena más carbono que en el bosque natural (Del Alamo, 2007).

## CARBONO EN LAS PLANTACIONES FORESTALES EN CHILE

Un estudio realizado en 2008 por Gilbert *et al.* (2008) respecto al carbono capturado por las plantaciones acogidas a incentivo (DL 701) indica que el carbono acumulado en el año 2005 corresponde a 33.272.139 t CO<sub>2</sub>e.

El volumen fustal asociado a cada estrato permanece constante en el tiempo, dado que su superficie es siempre la misma en un régimen de patrimonio forestal regulado. Por consiguiente, el carbono total capturado, que está asociado a la suma de los volúmenes fustales por edad, también constituye un inventario permanente en el tiempo; lo que se cosecha/emite cada año se compensa con el crecimiento/captura de la superficie boscosa correspondiente a todas las edades menores a la de rotación.

El inventario de plantaciones considera edad, productividad, propietario, sitio y manejo (estratos), lo que permite generar proyecciones al año 2010 considerando que dichas plantaciones están en régimen, es decir, las plantaciones bonificadas y sus sucesoras están en un régimen de patrimonio forestal regulado.

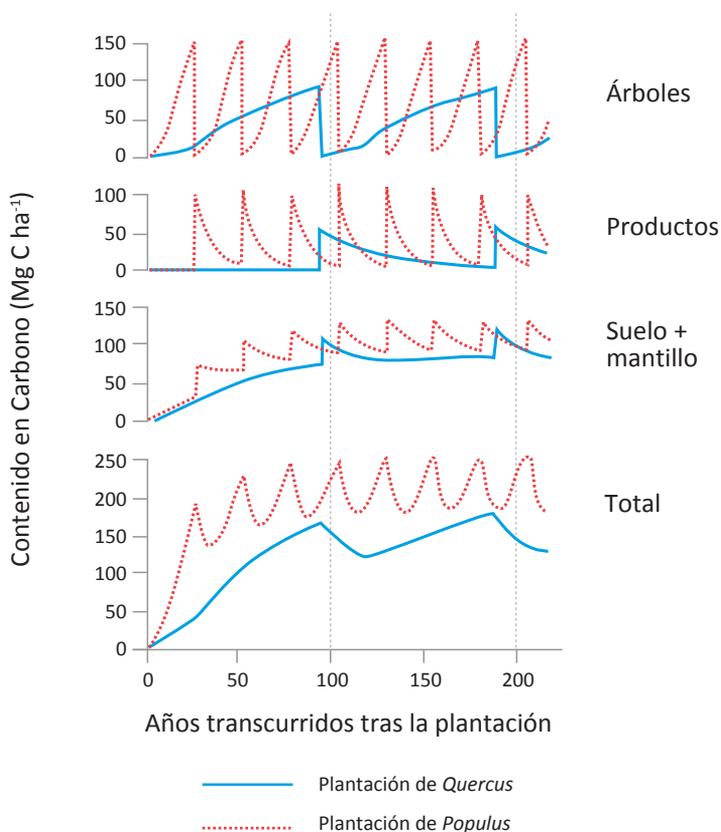
Al año 2010, se ha estimado un valor total de 44.486.076 t CO<sub>2</sub>e.

El aumento del inventario de carbono con respecto a la situación al año 2005 se debe, en parte, a la mayor superficie forestal que estaría disponible, pero principalmente a que en un régimen de patrimonio forestal regulado las plantaciones tendrán una mayor edad promedio que en la situación al año 2005 y por lo tanto las existencias promedio de volumen y biomasa serán mayores,

y a que habrá un incremento de la participación relativa de las plantaciones de eucaliptos, las que concentran un mayor contenido de carbono por hectárea.

## COMPARACIÓN ENTRE TIPO DE PLANTACIONES

Respecto de qué plantaciones son más apropiadas en términos de retención de carbono, en la Figura N° 15 se comparan dos especies con ritmos distintos de crecimiento, *Quercus* sp. (mediana rotación) y *Populus* sp. (corta rotación). Se incorpora el carbono capturado por los productos, de tal manera de sumar a la captura total, una estimación de pérdidas en el tiempo para estos productos.



(Fuente: Pardos, 2010)

**Figura N° 15.** COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN DOS PLANTACIONES FORESTALES

Como se observa en la figura, especies de más rápido crecimiento pueden contribuir de manera más efectiva a la captura del carbono, aunque sus productos suelen ser menos durables en el tiempo. Estos aspectos son relevantes en la toma de decisiones.

## TAREAS POLÍTICAS

Sobre los sumideros y las políticas nacionales internas de mitigación de cambio climático, según lo establecido en el artículo 2 del Protocolo de Kioto (Políticas y Medidas de Partes Anexo I) (UNFCCC, 2005), se indica que, con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el Anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones (artículo 3 del Protocolo) deberá aplicar (o seguir elaborando y aplicando) políticas y medidas, de acuerdo con sus circunstancias nacionales, entre las que se proponen:

- La protección y mejora de los sumideros y depósitos forestales de los gases de efecto invernadero.
- La promoción del manejo forestal, forestación y reforestación.

Aplicando cada una de estas propuestas al sector forestal se pueden definir líneas generales de trabajo en cuanto al desarrollo y mejora de los sumideros nacionales.

Se tendrían que compensar emisiones con las fijaciones verificables de CO<sub>2</sub> producidas en los sumideros forestales nacionales, a través de las siguientes líneas de trabajo:

- Forestación y reforestación de grandes zonas forestales no arboladas, cuya totalidad representa cerca del 50% del suelo forestal y repoblación de bosques de arbolado ralo.
- Impulso y dotación de recursos para la defensa contra incendios forestales.
- Impulso de los modelos de certificación forestal, en especial para la pequeña y mediana propiedad forestal.
- Desarrollo de investigaciones, también en colaboración con otros países, sobre la capacidad fijadora de las diferentes especies y suelos forestales.
- Fomento y generación de incentivos al sector a través de reducción de cargas fiscales, subvenciones, fomento del aprovechamiento de la biomasa forestal como electricidad y combustible, y apoyo a los propietarios forestales, para llevar a cabo una silvicultura del carbono, que optimice el papel de los sumideros forestales. En este contexto es importante indicar que el carbón mineral utilizado para producir electricidad puede liberar desde 8 hasta 30 veces más CO<sub>2</sub>, que la madera o sus residuos.

Por tanto, queda clara la importancia de los sumideros forestales nacionales, así como la necesidad de desarrollar una metodología de contabilidad interna, sencilla y práctica, a la vez que realista, que permita capitalizar la contribución de los sumideros forestales, todo esto bajo el concepto de un Inventario Forestal Nacional, que debiera incorporar la cuenta del carbono.

Como estrategias para la reducción de CO<sub>2</sub> por la vía forestal, se pueden citar entre otras, las siguientes (Caparrós, 2001)

- Incremento de las existencias de biomasa en pie, bien variando la silvicultura de los bosques (por ejemplo alargando la rotación) o repoblando.
- Incremento del Carbono fijado en productos de larga duración.
- Sustitución de otros productos de construcción que causan mayores emisiones por productos forestales.

A esto se le agrega la utilización de biomasa como combustible en sustitución de combustibles fósiles, el desarrollo de nuevas políticas de reforestación, la ejecución de programas de reforestación en áreas degradadas, las plantaciones forestales, la protección de cabeceras de embalses, la gestión o manejo sustentable, la aplicación de la silvicultura del carbono con técnicas capaces de optimizar la fijación de carbono que benefician la regeneración de la masa y conservación evitando las deforestaciones masivas, la protección frente a la erosión hídrica, la desertización o la prevención contra los incendios forestales.

Sin lugar a dudas las plantaciones están llamadas a jugar un nuevo papel en la mitigación del calentamiento global, pero para ello la sociedad debe entender su ventaja, los técnicos deben buscar soluciones innovativas y los legisladores deben mejorar los instrumentos para facilitar a plantación de nuevos bosques.

## REFERENCIAS

**Cannell, M. G. R., R. C. Dewar, J. H. M. Thornley, 1991.** Carbon flux and storage in European forests. En Teller A, P Mathy, JNR Jeffers, Elsevier Applied Sciences eds. Responses of Forest Ecosystems. London. p. 256-271.

**Caparrós, A., 2001.** Valoración económica del uso múltiple de un espacio natural: Análisis aplicado en los pinares de la sierra de Guadarrama. Tesis doctoral. Universidad Complutense, Madrid. 320 p.

**Dameron, V., Barbier, C. y Riedacker A., 2009.** World CO<sub>2</sub> emission reduction by forest plantations on agricultural land up to 2050. Les Cahiers du CLIP n°17, IDDRI, Paris, 2005/09.

- Del Álamo, J., 2007.** Bosques y cambio climático: La función de los bosques como sumideros de carbono y su contribución al cumplimiento del Protocolo de Kioto por parte de España. Foro de Bosques y cambio Climático. Madrid. 28 p.
- INIA, 2001.** Diagnóstico sobre el estado de degradación del recurso suelo en el país. Boletín INIA No. 15, 196 p.
- FAO, 2009.** Situación de los bosques del mundo. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 163p.
- FAO, 2011.** State of the World's Forests 2011. Rome. 164 p.
- Fearnside, P., 1995.** Global Warming Response Options in Brazil's Forest Sector: Comparison of Project-Level Costs and Benefits. Biomass and Bioenergy 8(5): 309-322.
- González, A., 2008.** Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 57 p.
- Gilbert, H., Meza, F., Cabello, H., Aurtenenchea, M. y Laroze, A., 2008.** Estimación del Carbono capturado en las plantaciones de Pino Radiata y Eucaliptos relacionadas con el DL-701 de 1974. Informe final. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias ([www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl)).
- INFOR, 2006.** Especificaciones Técnicas de Buenas Prácticas para Plantaciones Forestales. Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas. MNAGRI. 47 p.
- Ingerson, A., 2011.** Carbon storage potential of harvested wood: summary and policy implications. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 16: 307-323.
- Pardos, J., 2010.** Ecosistemas forestales y captura de CO<sub>2</sub>. Real Academia de Ingeniería, 2010. FUNDACIÓN PRO REBUS Academiae. 16 p.
- Richards G.P., C. Borrough, D. Evans, A. Reddin, F. Ximenes, y D. Gardner. 2007.** Developing a carbono stocks and flows model for Australian wood products. Australian Forestry 70(2): 108-119.
- UNFCC, 2005.** Cuidar el clima - Guía de la Convención Sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto. 43 p.



# MONITOREO DE LOS BOSQUES

Carlos Bahamondez Villarroel<sup>61</sup>

En el contexto de las ciencias relativas a los ecosistemas, y en especial a los ecosistemas forestales, el tema del seguimiento o monitoreo es un tópico relevante y de alto interés porque representa un apoyo a la gestión de los recursos comprendidos en estos ecosistemas. Infortunadamente, una vez implementado un programa de actividades que involucre los ecosistemas forestales, el monitoreo es visto como una actividad que consume recursos financieros y humanos, frente a la alternativa de utilizar estos recursos en forma directamente productiva (Wright, 2002). Cuando se trata de monitoreo se debe necesariamente conocer el objetivo del este, de tal forma de tener claridad respecto a los métodos, mediciones, procesamiento y análisis de los datos e información relativa al monitoreo.

Uno de los aspectos claves para efectuar un monitoreo es la definición e identificación de indicadores tales que permitan realizar el seguimiento esperado de acuerdo al objetivo propuesto. Así, en lo que respecta a los indicadores estos son claves para realizar el monitoreo y necesariamente deben ser seleccionados en forma adecuada, de manera tal que representen en forma sintética los objetos de interés, esto representa un grado alto de dificultad, y más aún si se refiere a ecosistemas forestales, dada la complejidad inherente de estos (Bubb *et al.*, 2010). Se requiere entonces, que estos indicadores sean simples de medir e interpreten y reflejen, o prevean, características concretas como, tendencias, impacto y consecuencias, sean entendibles por el usuario potencial público-privado y permitan implementar políticas y acciones en la dirección correcta.

Dadas las características anteriormente mencionadas, la estructura que es capaz de apoyar la identificación y definición de los indicadores corresponde al marco de trabajo conocido como Presión-Estado-Respuesta (PSR). Este enfoque es suficientemente flexible y robusto para este propósito de identificación de indicadores. En este esquema, presión se refiere al escrutinio de todas aquellas actividades humanas que significan estrés sobre el ecosistema forestal afectando su dinámica, estado se refiere a la condición en que el ecosistema se encuentra al momento de recibir fuerzas de estrés y, por último, respuesta se refiere a cómo la sociedad toda responde a través de sus múltiples estamentos a los efectos de las presiones o estrés sobre el ecosistema.

## CAMBIO CLIMÁTICO Y MONITOREO

En el contexto del cambio climático, la necesidad de monitoreo queda manifiesta y es requerida dada la obligación de los países desarrollados, también conocidos como países Anexo I en el

61. Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile. Dr. (c) Manejo Forestal e Inventario. Universidad de Helsinki, Finlandia. Investigador del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. cbahamon@infor.cl

ámbito del Protocolo de Kioto, de reportar su inventario de gases de efecto invernadero (GEI) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), los cuales se producen como resultado de ciertas actividades productivas que conllevan cambios en las existencias de Carbono en clases de uso del suelo específicas.

Es en el contexto anterior que el cuerpo científico subsidiario del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC<sup>62</sup> por su sigla en inglés), enfatiza en su publicación de la Guía de Buenas Prácticas (IPCC, 2003) la necesidad de monitoreo relativo a las estimaciones de cambios en las existencias de Carbono producidas por la actividad humana sobre las distintas clases de uso del suelo definidas por IPCC.

El tema del monitoreo se refuerza en la comunidad de cambio climático con la aparición del proceso conocido como REDD+<sup>63</sup>, el cual pretende dar solución a escala nacional de las emisiones producidas por efecto de la deforestación y la degradación de bosques. Uno de los puntos más relevantes y de discusión recurrente se refiere a las dificultades que implica el diseño e implementación de un sistema de monitoreo, cuyo carácter de grandes áreas a escala nacional contrasta con la necesidad de precisión en las estimaciones por parte de los países.

Como REDD+ involucra a países No Anexo I, es a estos países que se exige que la estimación de cambios en existencias de Carbono sea lo más precisas posible para los distintos acervos de carbono en las clases de uso del suelo definidos por la IPCC.

Se exige para este proceso alta rigurosidad en las mediciones, en el reporte y en la verificación (MRV<sup>64</sup>). Es decir, se requiere de los países el poseer un sistema de monitoreo para REDD+ tal, que debe necesariamente contener estos aspectos con métodos explícitos para lograr credibilidad internacional. IPCC (2003) establece que un sistema de monitoreo del *stock* y cambios de *stock* asociados a REDD+ debe dar cuenta de los cinco tipos de sumideros de carbono que son susceptibles de medir y de alterar debido a la actividad humana, los cuales son:

- Biomasa viva sobre el suelo
- Biomasa viva bajo el suelo
- Madera muerta (necromasa)
- Hojarasca
- Carbono orgánico en el suelo

---

62 IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change

63 REDD = Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries; and the Role of Conservation, Sustainable Forest Management and Enhancement of Forest Carbon Stocks.

64 MRV = Measurement, Reporting and Verification

Todos estos sumideros contabilizados para las clases de uso del suelo y su dinámica de cambios.

Un sistema de monitoreo para REDD+ comprende de acuerdo a IPCC:

- Localización de las existencias; extensión (ha), identificación de las clases de uso del suelo y de los diferentes acervos
- Cuantificación de las existencias; estimación de los factores de emisión en los diferentes acervos y la cuantificación de los *stocks* de carbono por tipos forestales o equivalente
- Cuantificación de los cambios producidos en las existencias bajo las distintas clases de uso del suelo, considerando tendencias y variaciones en el tiempo.

Varias organizaciones (IPCC, 2003; GOF-C-GOLD, 2009; FAO - FRA, 2010) destacan que al menos estos son los temas relevantes que debe contener un sistema de monitoreo. REDD+ supone cinco componentes conceptualmente diferentes, dos relativos a reducir emisiones (degradación y deforestación) y los demás se pueden considerar como aportes adicionales a las existencias de carbono.

Así, un sistema de monitoreo en este contexto debe ser capaz de capturar ambos conceptos y ser lo suficientemente robusto para enfrentar las complejidades de un proceso en marcha y, aún así, ser capaz de responder a las demandas actuales. Por ejemplo, ampliar a sectores del mundo agrícola la contabilización bajo AFOLU (Agriculture, Forestry and Land Use), o considerar los “múltiples beneficios” generados por REDD+, entre ellos biodiversidad y el cambiar el concepto de “actividad” a uso del suelo en el contexto del seguimiento de las existencias y cambios de estas en el tiempo.

## MONITOREO EN CHILE

En Chile se ha estado avanzando en el tema del monitoreo desde la realización de la Cumbre de Río en 1992. Así en la década del 90 se dio impulso al seguimiento de los usos del suelo y los tipos forestales mediante la ejecución del Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF, CONAMA y BIRF, 1999) el cual mediante una aproximación *wall to wall* dio cuenta de todas las clases de uso del suelo del país con énfasis en los tipos forestales. Esta iniciativa es hoy en día objeto de seguimiento y actualización permanente sobre bases regionales.

Adicionalmente, a partir del año 2001 y bajo diseño estadístico muestral se ha estado realizando el Inventario Continuo de los Ecosistemas Forestales por parte del Instituto Forestal (INFOR), el que actualmente cubre 9,08 millones de hectáreas, desde la región del Maule a la de Magallanes y tiene como tarea dar cuenta del estado y condición de los ecosistemas forestales naturales, incluidos los bosques plantados, en el contexto del desarrollo sustentable.

Esta iniciativa cuenta con el soporte del Ministerio de Agricultura y se basa en una grilla de puntos de muestreo geográficamente permanente de 5 x 7 km, donde se hace seguimiento continuo de cada localización geográfica no obstante haya cambiado de uso forestal a otro uso. Adicionalmente, se hace seguimiento de la dinámica de uso del suelo por medio de muestreo de superficies en unidades muestrales sistemáticamente distribuidas de 10.000 ha cada una.

Por su parte, en el caso de factores de emisión país-específicos se ha realizado un importante avance en relación a modelos de estimación de biomasa por especies (Gayoso et al 2002 y 2005). Tomando como base lo ya adelantado, tanto el Catastro y el Inventario, como el Muestreo Satelital de uso del suelo, el país dispone de una sólida base que permite el apoyo a iniciativas que den cuenta del comportamiento de las emisiones sectoriales y nacionales con miras a la reducción de emisiones país.

## REFERENCIAS

**Bubb, P. J., Almond, R., Kapos, V., Stanwell-Smith, D. & Jenkins, M., 2010.** Guidance for national biodiversity indicator development and use. UNEP-WCMC Cambridge, UK.

**CONAF, CONAMA y BIRF, 1999.** Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. En: [http://www.bcn.cl/carpeta\\_temas\\_profundidad/ley-bosque-nativo/archivos-pdf/Catastro.pdf](http://www.bcn.cl/carpeta_temas_profundidad/ley-bosque-nativo/archivos-pdf/Catastro.pdf)

**FAO-FRA, 2010.** Forest Resources Assessment, United Nations Food and Agricultural Organization En: <http://www.fao.org/forestry/fra/en/>

**IPCC, 2003.** Good Practice Guidance for Land Use Land Use Change and Forestry (GPG-LULUCF) IPCC -IGES Kanagawa (eds).

**Gayoso, A. J., y Guerra, C., 2005.** Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile \* Bosque, Vol. 26 N° 2, agosto 2005, pp. 33-38.

**Gayoso, J., Guerra, C y Alarcón, C., 2002.** Contenido de Carbono y funciones de Biomasa en especies nativas y exóticas. UACH. Informe Técnico Proyecto FONDEF. 157 pp.

**GOFC-GOLD, 2009.** An Assessment of National Forest monitoring capabilities in tropical non-Annex I countries. Recommendations for capacity building. Final Report Friedrich Schiller University Jena.

**Wright, P. A., Alward, G., Colby, J. L., Hoekstra, T. W., Tegler, B. and Turner, M., 2002.** Monitoring for forest management unit scale sustainability: The local unit criteria and indicators development LUCID) test (management edition). Fort Collins, CO: USDA Forest Service. Inventory and Monitoring Report No. 5. 54 p.

# INDICES DE VEGETACIÓN Y SU RELACION CON LA CAPTURA DE CARBONO

Dante Corti González<sup>65</sup>

Las imágenes satelitales son una herramienta de gran importancia para cuantificar y conocer tanto la distribución espacial como temporal de las coberturas o usos del suelo.

La exactitud de la identificación de los diferentes usos vegetales ha aumentado a través de la implementación de combinaciones de bandas y sus transformaciones matemáticas. En este caso, los llamados índices de vegetación representan un comportamiento claro de la vegetación, basado en su conducta espectral frente a las radiaciones solares, localizadas en los niveles del espectro electromagnético que tienen relación con el color rojo e infrarrojo del espectro.

A través de métodos gráficos para estimar la separabilidad entre coberturas (firmas espectrales, dispersión espectral y diagramas de dispersión) se logró valorar visualmente la capacidad de estos índices para la discriminación de coberturas forestales, principalmente entre coníferas y latifoliadas.

## ÍNDICE DIFERENCIAL DE VEGETACIÓN NORMALIZADO

También conocido como NDVI por su sigla en inglés<sup>66</sup>, es un índice empleado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Esta medición se realiza a través de sensores remotos instalados principalmente en satélites.

La vegetación absorbe radiación solar en la región espectral de radiación fotosintética activa, la cual se utiliza como fuente de energía en el proceso de fotosíntesis. Las células vegetales han evolucionado para dispersar la radiación solar en la región espectral del infrarrojo cercano (aproximadamente el 50%). Debido a que el nivel de energía por fotón en este rango de longitud de onda (mayor a los 700 nm<sup>67</sup>) no es suficiente para sintetizar las moléculas orgánicas, una fuerte absorción en este punto sólo causaría un sobrecalentamiento de la planta que dañaría los tejidos. Por lo tanto, la vegetación aparece relativamente oscura en la región de radiación fotosintética activa y relativamente brillante en el infrarrojo cercano. En contraste, las nubes y la nieve tienden a ser bastante brillantes en el rojo así como también en otras longitudes de onda visibles, y bastante oscura en el infrarrojo cercano (Jiang *et al.*, 2006).

65 Ingeniero Forestal de la Universidad Austral de Chile. M.Sc. en Sensores Remotos y GIS de AgroParis - Tech. (ENGREF), Francia. Investigador del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. dcorti@infor.cl

66 NDVI = Normalized Difference Vegetation Index

67 Nanómetro: Unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro.

Debido a que los primeros instrumentos utilizados para la observación terrestre, como el Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres (Earth-Resources Technology Satellite, ERTS) desarrollado por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA) y el Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), adquirirían datos en el rojo e infrarrojo cercano, fue natural hacer uso de las marcadas diferencias en la reflexión vegetal para determinar su distribución espacial en las imágenes satelitales. El índice diferencial de vegetación normalizado, NDVI, se calcula a partir de estas medidas individuales de la siguiente manera:

$$\text{NDVI} = \text{IRCercano} - \text{Rojo} / \text{IRCercano} + \text{Rojo}$$

Donde:

Las variables Rojo e IRCercano están definidas por las medidas de reflexión espectral adquiridas en las regiones del rojo e infrarrojo cercano, respectivamente. Estas reflexiones espectrales son en sí cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral individual. Por tanto, estos toman valores entre un rango de 0,0 a 1,0. El índice diferencial de vegetación normalizado, NDVI, varía como consecuencia entre -1,0 y +1,0 (Chuvieco, 2002).

Investigación llevada a cabo después probó que el índice diferencial de vegetación normalizado, NDVI, está directamente relacionado con la capacidad fotosintética y, por tanto, con la absorción de energía por la cobertura arbórea.

## INDICE VEGETACIONAL MEJORADO

Como índice derivado del NDVI, se encuentra el EVI (Enhanced Vegetation Index), que es un índice diseñado para mejorar la calidad de la radiación obtenida desde la vegetación. Este índice tiene una mayor sensibilidad a las altas concentraciones de biomasa, disminuyendo además el efecto de los aerosoles y de la atmosfera en la señal de la vegetación. EVI es calculada con la siguiente ecuación:

$$\text{EVI} = G \times \{(\text{IRCercano} - \text{Rojo}) / (\text{IRCercano} + C1 \times \text{Rojo}) - (C2 \times \text{Azul} + L)\}$$

Donde:

Los valores del NIR/rojo/azul son atmosféricamente corregidos, además de la eliminación de la reflectancia del suelo.

L es la constante que elimina el efecto del suelo sobre la vegetación.

C1 y C2 son los coeficientes del término de resistencia de aerosol, que utiliza la banda azul para corregir la influencia de aerosoles en la banda roja.

Los coeficientes adoptados en el algoritmo EVI son:

L= 1, C1= 6, C 2 = 7.5, y G (factor de ganancia)= 2,5 (Huete *et al.*, 2002; Huete *et al.*, 2008).

Mientras que el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) es sensible a la clorofila, el EVI es más sensible a las variaciones estructurales del dosel, incluyendo el índice de área foliar (LAI), el tipo de cubierta, la fisonomía vegetal, y arquitectura de la copa. Los dos índices se complementan entre sí en los estudios de vegetación global y mejoran la detección de cambios en la vegetación y la extracción de parámetros biofísicos del dosel.

A partir de 2000, y después de la puesta en marcha de los dos sensores MODIS (Terra y Aqua) de la NASA, el EVI fue adoptado como producto estándar de esta agencia, esto debido a su capacidad para eliminar el suelo, contaminación ambiental y efecto de la atmósfera en los valores radiométricos de la vegetación (Jiang *et al.*, 2008).

## EJERCICIO DE COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES SATELITALES (NDVI Y EVI)

Se utilizó una imagen *QuickBird* de la cuenca de Ancud, esta imagen de bosques naturales tiene como características una resolución espacial de 2,44 m en sus cuatro bandas color (azul, verde, rojo e infra-rojo) y 61 cm en su banda pancromática (Figura N° 16).

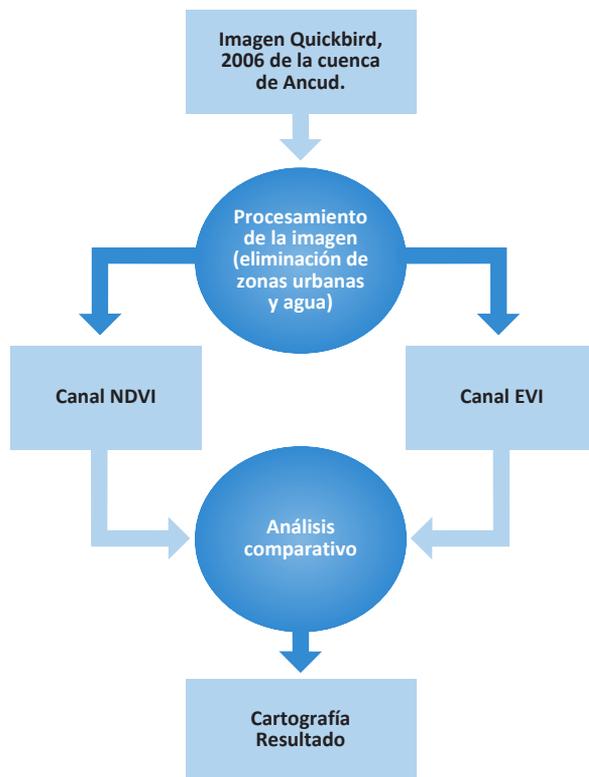


Figura N° 16. ESQUEMA DE TRABAJO DE TELEDETECCIÓN

Este análisis permitió validar lo ya señalado en los párrafos anteriores, observándose en el NDVI las zonas de la cuenca con mayor vigorosidad de la vegetación y el EVI resalta las áreas con mayor cantidad de biomasa. Esto permite además ver que las altas concentraciones de biomasa no siempre tienen relación con la vegetación más vigorosa o fotosintéticamente activa (Figura N° 17). Además se pudo determinar que la combinación de ambos índices permitiría determinar zonas que, por sus características de mayores concentraciones de biomasa y ser fotosintéticamente muy activas, podrían capturar una mayor cantidad de carbono y por ende ser afectas a beneficios tributarios, por ejemplo. No así zonas que teniendo una gran cantidad de biomasa no se encuentran activas fotosintéticamente, lo que señalaría que no podrían capturar grandes cantidades de carbono. Estas teorías deberán ser corroboradas con información de campo y parcelas inventario.

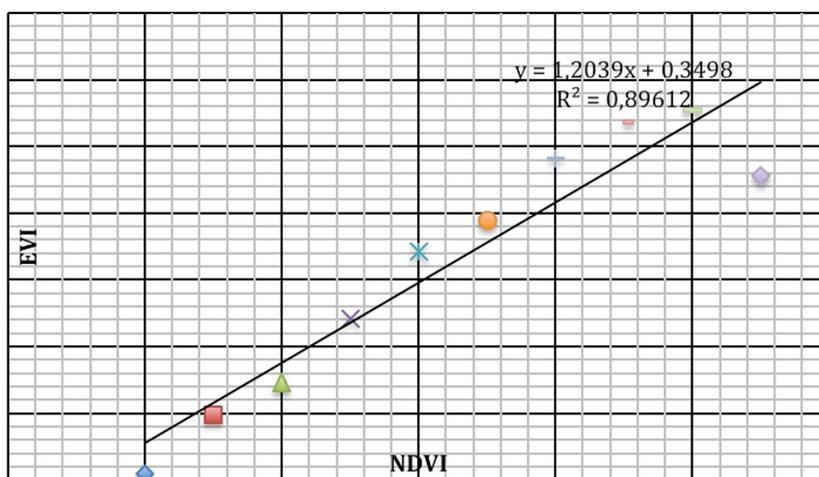


Figura N° 17. RELACIÓN ENTRE ÍNDICES SATELITALES EVI VERSUS NDVI

Es de importancia, poder contar con imágenes de todo el periodo vegetativo de los bosques y plantaciones (primavera, verano), lo que permitiría, a través del análisis de gráficos como el de la Figura N° 17, determinar las fechas de mayor fijación de carbono por tipo de bosque. Esto haría posible determinar además en qué etapa del periodo de crecimiento de los bosques ellos fijan más carbono y cuando esta captura ya no es importante. De acuerdo a estudios realizados, a mayor cantidad de biomasa fotosintéticamente activa, clasificada por el NDVI y EVI, mayor es la cantidad de carbono fijado por los bosques (Hooda and Dye, 1996, Doughty and Goulden, 2008).

## REFERENCIAS

- Chuvienco, E., 2002.** Teledetección Ambiental. La Observación de la Tierra desde el Espacio. Ed. Ariel Ciencia. España. 586 pág.
- Doughty, C., Goulden, M., 2008.** Seasonal patterns of tropical forest leaf area index and CO<sub>2</sub> exchange. *Journal of Geophysical Research*, Volume 113, Issue 3.
- Hooda, R. and Dye, D., 1996.** Estimating Carbon-fixation in India based on Remote Sensing Data.
- Huete, A., Didan K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X. y Ferreira, L. G., 2002.** Visión general de la biofísica y el rendimiento radiométrico de los índices de vegetación de MODIS . *Teledetección del Medio Ambiente* 83 195-213.
- Huete, A., Didan, K., Shimabukuro, Y., Ratana, P., Saleska, S., Hutyra, L., Yang, W., Nemani, R. y Myneni, R., 2006.** Selva amazónica verde con la luz solar en la estación seca, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L06405, doi 10.1029/2005GL025583.
- Jiang, Z., Huete, A. y Didan, K., 2008.** Desarrollo de una de dos bandas mayor índice de vegetación, sin una banda azul , la teleobservación de Medio Ambiente, 112 (10), 3833-3845.





**LA ADMINISTRACIÓN FORESTAL**



# LA ADMINISTRACIÓN FORESTAL

Chile posee una variada historia legislativa que se remonta a la década de los años 30, como respuesta a los grandes incendios del sur de Chile ocasionados por el hombre para habilitar tierras agrícolas y ganaderas.

Los distintos instrumentos han sufrido un proceso de maduración hasta llegar al año 1974, donde se consolidó el incentivo a la forestación, gracias a lo cual se han recuperado extensas superficies principalmente de suelos altamente erosionados.

Siendo la erosión un importante flagelo ambiental de Chile, también denominado el cáncer de la tierra, los instrumentos para sanar este mal han estado en concordancia con las orientaciones globales del mundo sobre la protección del medio ambiente. Si bien es cierto que falta mucho camino por recorrer, el país ha sido exitoso en el manejo forestal sustentable de los bosques plantados, se han recuperado muchas hectáreas, se ha secuestrado en forma eficiente el C, y se ha convertido al sector forestal en el único sector capaz de tenderle la mano al sector energía y al sector agrícola, que son los que producen más emisiones de gases efecto invernadero en Chile.

Los instrumentos más recientes para la recuperación de los bosques naturales, sometidos a grandes incendios forestales para habilitar tierras para agricultura y ganadería y a extracciones selectivas sistemáticas desde los tiempos de la Colonia, se han empezado a aplicar y sin duda contribuirán a generar un impacto positivo sobre la biodiversidad y la mantención de *stocks* de carbono, y abrirán importantes posibilidades para el desarrollo de los pequeños y medianos propietarios, y empresas forestales.

En el país, la legislación forestal regula las intervenciones sobre los recursos forestales, fomenta la forestación y recuperación de suelos degradados y el manejo forestal sostenible, y conserva y protege parte de los principales ecosistemas forestales nativos y las especies de flora y fauna amenazadas.

No obstante, toda la normativa contenida en los distintos cuerpos legales debe ser permanentemente revisada y actualizada, con el objeto que realmente cumpla su importante función, constituyendo un medio de desarrollo forestal que alcance efectivamente no sólo a los grandes propietarios y empresas sino también a los pequeños y medianos propietarios, propiciando el manejo forestal sostenible y la creación de nuevos recursos, y tornando a los bosques chilenos en una poderosa herramienta de desarrollo económico, social y ambiental, dentro del principio de su multifuncionalidad.

Actualmente en Chile, prácticamente no existe la deforestación; la reforestación es obligatoria; la sustitución de bosques nativos no es permitida; existe un sistema de áreas protegidas por el Estado que incluye más de 14 millones de hectáreas, donde se encuentran representados los principales ecosistemas nativos; y el país es signatario de la mayoría de las convenciones y acuerdos internacionales en materias ambientales.



# EL USO DE LOS INSTRUMENTOS DE FOMENTO PARA CREAR, PROTEGER Y MEJORAR BOSQUES

Juan Carlos Valencia Baier<sup>68</sup>

Los bosques naturales y plantados son una herramienta trascendental para la mitigación del cambio climático, y la legislación forestal ya ha empezado a reconocer esta importante función de los bosques.

En Chile, con la excepción de la Ley de Bosques del año 1931, que fomentaba el establecimiento de plantaciones forestales vía exenciones tributarias, durante los últimos 37 años se ha desarrollado la política de fomento forestal, basada en dos cuerpos legales fundamentales (CONAF, 2010).

Decreto Ley N° 701 de Fomento Forestal. Vigente desde el año 1974 y definido por dos etapas; antes y después del año 1998. Se ha orientado fundamentalmente al establecimiento de plantaciones en terrenos de aptitud preferentemente forestal y a la recuperación de terrenos degradados. Más recientemente se han incorporado como objetivos de la forestación los servicios ambientales y la dendroenergía.

Ley N° 20.283 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. Promulgada el año 2008 y que en el año 2010 ha comenzado a beneficiar a más de mil propietarios forestales, a los cuales les bonifica actividades de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo.

## DL N° 701 DE FOMENTO FORESTAL

En base a antecedentes proporcionados por Agraria (2005), Laroze y Claro (2009) y CONAF (2010a), y considerando desde la vigencia del DL 701 hasta el año 2008, a través de este decreto se ha logrado forestar una superficie de 1.427.000 ha y aplicar medidas de recuperación de suelos degradados a 175.000 ha, implicando esto la transferencia de 459 millones de dólares nominales.

En la primera etapa, hasta el año 1997 incluido, se invirtió un promedio del orden de los USD 184/ha, forestando un promedio anual de 46,7 mil hectáreas, con una superficie promedio por bono de 40 ha.

68 Ingeniero Forestal de la Universidad Austral de Chile. M. Sc. Universidad de Tasmania, Hobart, Australia. Investigador del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. [jvalenci@infor](mailto:jvalenci@infor).

En la segunda etapa, 1998-2008, se invirtió un promedio de USD 430/ha, forestando en promedio unas 33 mil ha al año, con un promedio de 19,7 ha por bono.

Para el trienio 2009-11, y considerando la prórroga del DL N° 701 por dos años, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) estima una cifra anual de inversión en bonificaciones del orden de los USD 28 millones, lo cual permitiría en teoría proyectar un total de 46 mil hectáreas bonificadas al año (a un promedio de USD 600/ha), básicamente para la forestación de pequeños y medianos propietarios y para la recuperación de suelos.

El propósito de la primera etapa fue crear una gran superficie de bosques plantados para abastecer la demanda creciente de la industria forestal nacional. En su segunda etapa el propósito fue incentivar la forestación, en especial, por parte de los pequeños propietarios forestales y aquella necesaria para la prevención de la degradación, la protección y la recuperación de los suelos del territorio nacional (Agraria, 2005).

La primera etapa cumplió con creces su propósito con más de 950.000 ha forestadas hasta el 1997. Si se considera además la segunda etapa, totalizan 1.427.000 ha bonificadas, lo cual es más del 50% del total de plantaciones que hoy día posee Chile.

En términos de grandes números, se podría inferir que este patrimonio ha contribuido prácticamente a duplicar el valor anual de la producción forestal y de los empleos forestales, frente a la inversión netamente privada en bosques.

En la segunda etapa también se logró una mayor participación de la pequeña propiedad, accediendo a bonificaciones un gran porcentaje de los beneficiarios potenciales, representando los pequeños propietarios el 40% de la superficie forestada bonificada y el 50% de los incentivos transferidos (CONAF, 2010b), pero fue menor el cumplimiento en términos de la recuperación de suelos en relación a la demanda potencial.

Según estimaciones de Agraria (2005), los beneficiarios potenciales del DL N° 701 son cerca de 221 mil explotaciones agrícolas pertenecientes a pequeños propietarios y otras 37 mil explotaciones en propiedad de medianos y grandes propietarios con terrenos susceptibles de bonificar bajo los actuales criterios.

Desde un punto de vista de contribución ambiental, ODEPA (2010) ha estimado una contribución a la captura de carbono atmosférico del orden de los 122 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, monto calculado sobre la base de 1,077 millón de hectáreas bonificadas que representan el inventario actual. A futuro este inventario llegará a los 163 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo cual viene a relevar al sector forestal chileno como emitentemente secuestrador del principal gas de efecto invernadero, el CO<sub>2</sub>.

## LEY N° 20.283 DE RECUPERACIÓN DEL BOSQUE NATIVO Y FOMENTO FORESTAL

Conocida como la Ley del Bosque Nativo, fue promulgada el 2008 y tiene como objetivos la protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental.

Para esto considera un fondo de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo, de carácter anual y concursable, del orden de los 8 millones de dólares (4 millones de dólares para pequeños propietarios y 4 para otros postulantes), que contribuya a solventar costos de actividades que propendan a estos fines, en proyectos madereros, no madereros y de preservación presentados por propietarios forestales (CONAF, 2010b).

En el año 2010 se ha iniciado la entrega de bonos, para un total de 1202 proyectos beneficiados por este fondo, con un monto del orden de los USD 2,5 millones, lo que representa el 31% del monto anual disponible (CONAF, 2010c). De estos recursos, el 83% se asignó a actividades madereras, un 6% a no madereras y el restante 11% a preservación. Se concluye de estas cifras lo siguiente:

- Los montos anuales asignados por ley a conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo son un tercio de aquellos destinados al fomento de la forestación vía DL N° 701.
- Hay una baja tasa de utilización de los fondos disponibles, aun cuando se trata del primer concurso, solo un 31% de los USD 8 millones disponibles fue asignado.
- La mayor demanda proviene de los planes de manejo forestal para uso maderero del bosque nativo, con escasa presencia de planes de preservación y uso no maderable.

## RESUMEN DE LA LEGISLACIÓN FORESTAL EN CHILE

Se reseña a continuación los principales cuerpos legales relacionados con el fomento forestal en el país.

### LEGISLACIÓN DE FOMENTO

#### - Ley de Bosques. DS N° 4.363 de 1931

Exime de impuestos territoriales a los propietarios de plantaciones en terrenos forestales.

### - Ley de Fomento Forestal. DL N° 701 de 1974

Reglamentado por el DS N° 259 de 1980, modificado por la Ley N° 19.561 de 1998 y el DS N° 193 de 1998 que aprueba un reglamento vigente hasta enero 2011 y Ley N° 20,236 que modifica el cuerpo legal y sus reglamentos. En el año 2011 se prorroga su vigencia por dos años, en tanto se prepara un nuevo cuerpo legal de fomento forestal.

Tiene como principal objetivo regular la actividad forestal en suelos forestales y en todo tipo de bosques, e incentivar el establecimiento de plantaciones forestales. Tiene sucesivas modificaciones y extensiones, posteriores a la expiración de su plazo de vigencia inicial que era de 20 años.

En 1974 y por 20 años, declara inexpropiables los suelos reconocidos como de APF<sup>69</sup> y los exime de impuestos territoriales, regula la actividad forestal en estos suelos, otorga una bonificación del Estado para la forestación y hace obligatoria la reforestación.

Exige la aprobación de un Plan de Manejo para toda intervención sobre los bosques y para la forestación se debe aprobar un Plan de Forestación. En ambos casos, es condición previa la calificación de los suelos como de APF.

Para los efectos de la bonificación por forestación, que alcanza al 75% de los costos netos de esta, se publica anualmente una tabla de costos de forestación por hectárea según especie, espaciamiento de plantación, tipo de plantas, intensidad de limpia previa, y otras variables que se dan a través de las regiones administrativas del país. Se incluye el control y forestación de dunas.

Posteriormente es modificado y extendido en diferentes ocasiones.

Las modificaciones se orientan progresivamente focalizar los incentivos en pequeños propietarios, incorporar de mejor forma a comunidades indígenas, incentivar la forestación en suelos frágiles y degradados, incluir técnicas más intensivas de preparación de suelos para las plantaciones, incorporar incentivos para intervenciones silvícolas como poda y raleo y considerar igualmente incentivos para plantaciones con fines agroforestales y con objetivos energéticos.

Las modificaciones desincentivan también progresivamente a medianos y grandes propietarios, manteniendo los beneficios a estos sólo para forestación en suelos degradados y, posteriormente, previo concurso para este efecto.

En 1998 y 2011 es extendido con el fin de mantener las tasas de forestación y recuperación de suelos en el país, dar continuidad a la inversión en bosques y generar y mantener empleos rurales.

---

69 APF = Aptitud Preferentemente Forestal

La más reciente prórroga de su vigencia, en 2011, es por dos años, en tanto se elabora una nueva ley de fomento forestal, que daría inicio a una tercera etapa en la aplicación del fomento a las plantaciones en el país. En esta última prórroga se incorpora expresamente a medianos propietarios y se mejoran las posibilidades para comunidades indígenas.

**- Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. Ley N° 20.283 de 2008.**

La protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental, son los objetivos fundamentales de este cuerpo legal.

Establece un fondo de conservación, recuperación y manejo sustentable del bosque nativo al cual se postula a través de concursos (uno exclusivo para pequeños propietarios), para optar a los beneficios de bonificaciones que contribuyan a solventar el costo de (CONAF, 2010d):

- Actividades que favorezcan la regeneración, recuperación o protección de formaciones xerofíticas de alto valor ecológico o de bosques nativos de preservación (hasta 5 UTM<sup>70</sup> por hectárea).
- Actividades silviculturales dirigidas a la obtención de productos no madereros (hasta 5 UTM por hectárea).
- Actividades silviculturales destinadas a manejar y recuperar bosques nativos para fines de producción maderera (hasta 10 UTM por hectárea).
- Se bonifica también la elaboración de los planes de manejo forestal concebidos bajo el criterio de ordenación, cuyos proyectos hayan sido seleccionados en los concursos (hasta 0,3 UTM por cada hectárea sujeta a actividades bonificables).

Esta ley cuenta además con:

- Un Consejo Consultivo, que tiene entre sus funciones asesorar al Ministro de Agricultura en materias de la ley y proponer prioridades para asignar las bonificaciones en los concursos.
- Un fondo para incentivar y apoyar la investigación científica y tecnológica, relacionada con el bosque nativo, la protección de la biodiversidad, la protección del suelo y de los recursos hídricos, de flora y fauna, y ecosistemas asociados al bosque. También apoya la creación de programas de capacitación, educación y transferencia tecnológica para áreas rurales, y estudios de evaluación del efecto de las intervenciones en el bosque nativo según esta ley.

---

70 Unidad Tributaria Mensual

La ley distingue dos tipos de planes de manejo; de preservación, para resguardar la diversidad biológica, y forestales, para aprovechamiento sustentable del bosque nativo. También crea la figura de acreditadores forestales, personas naturales o jurídicas, para apoyar el rol de fiscalización y certificación de la Corporación Nacional Forestal.

## LEGISLACIÓN DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN

### - Ley CITES. Decreto N° 141 de 1975. Ministerio de Relaciones Exteriores

Aprueba la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES<sup>71</sup>).

### - Decreto N° 490 de 1976. Ministerio de Agricultura

Declara de monumento natural al alerce (*Fitzroya cupressoides*) (modificado 2003)

### - Decreto N° 43 de 1990. Ministerio de Agricultura.

Declara de monumento natural a la araucaria (*Araucaria araucana*)

## LEGISLACIÓN AMBIENTAL

### - Ley de Bases de Bases Generales sobre el Medio Ambiente. Ley N° 19.300 de 1994.

Hace obligatorios los estudios de impacto ambiental, incluyendo proyectos y faenas forestales sobre cierta envergadura (fijada por la misma ley). El reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental está contenido en el DS N° 30 de 1997.

### - Crea el Ministerio del Medio Ambiente. Ley N° 20417 de 2010.

Además de las mencionadas normativas, Chile ha suscrito los principales acuerdos y convenios internacionales en materias ambientales relativos a la biodiversidad biológica, el cambio climático, la preservación de humedales y la lucha contra la desertificación, entre otros (CONAF, 2011). Este conjunto de leyes, normativas y convenios, ciertamente le confieren al sector forestal herramientas importantes para crear y utilizar de manera sustentable sus recursos, velando a su vez por la protección de la diversidad y la recuperación de suelos, el control de los procesos de desertificación y la mitigación del cambio climático. Este último tema está siendo prioritario en Chile, dada la naturaleza de país exportador.

---

71 Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora

Durante los últimos 36 años, Chile ha vivido un proceso dinámico de cambio y perfeccionamiento de los cuerpos legales del sector y, en este contexto, las futuras leyes de fomento y sus modificaciones debieran orientarse a desarrollar un recurso altamente productivo, de alta calidad maderera, con alto estándar ambiental y de beneficio social país, potenciando y focalizando este desarrollo y fomento en suelos y bosques que hasta ahora no han sido suficientemente considerados por el fomento del Estado, y que se encuentran sufriendo procesos de pérdida de productividad y valor. Todo lo mencionado, sin descuidar las trascendentales funciones ambientales de los recursos forestales.

## REFERENCIAS

**Agraria, 2005.** Evaluación de Impacto Informe Final Programa Bonificación Forestal DI 701, Ministerio de Agricultura, CONAF. Consultorías Profesionales Agraria

**CONAF, 2010.** Sección normativa legal, En: <http://www.conaf.cl/conaf/seccion-normativa-legal.html>

**CONAF, 2010a.** Informe Final de la consulta indígena sobre prórroga de vigencia del DL701, que incluye nuevos beneficios para predios adquiridos por CONADI, que se encuentren en situación de incumplimiento con la obligación de reforestar, derivada de la explotación de los bosques con anterioridad al traspaso del propietario indígena final. En: <http://www.conaf.cl/cms/editorweb/dl701/consulta-conadi/informe-final-consulta-dl701.pdf>

**CONAF, 2010b.** Programas fomento forestal. En: <http://www.conaf.cl/conaf/seccion-programas-de-forestacion.html>

**CONAF, 2010c.** Ley de Bosque Nativo Adjudica Primeras Bonificaciones. En: [http://www.conaf.cl/bosques/noticia-ley\\_de\\_bosque\\_nativo\\_adjudica\\_primeras\\_bonificaciones-88.html](http://www.conaf.cl/bosques/noticia-ley_de_bosque_nativo_adjudica_primeras_bonificaciones-88.html)

**CONAF, 2010d.** Postulación concurso bosque nativo incentivos. En: <http://www.concursolbn.conaf.cl/login/index.php>

**CONAF, 2011.** Acuerdos Internacionales En: <http://www.conaf.cl/conaf/seccion-acuerdos-internacionales.html>

**Laroze, A. y Claro, E., 2009.** Estudio de opinión para la renovación del DL 701. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA. Ministerio de Agricultura. 8pp.

**ODEPA, 2010.** Informe Final. Estudio: Estimación del Carbono capturado en las plantaciones de Pino Radiata y Eucaliptos relacionadas con el DL-701 de 1974.



# HACER LAS COSAS EN FORMA SIMPLE, PERO CON RESPETO A LA NATURALEZA. UN NUEVO PARADIGMA PARA EL SECTOR FORESTAL

José Carter Reyes<sup>72</sup>

Stern *et al.* (2006), señalan que entre las acciones de mitigación más rentables está reducir la deforestación y la degradación forestal. El potencial biofísico de la mitigación de los bosques está estimado en una media de 1,5 Gt<sup>73</sup> de carbono por año (5,4 Gt de CO<sub>2</sub> equivalentes por año) (IPCC, 2001). Para alcanzar esto es preciso manejar los bosques nativos y forestar.

En este contexto, la política de fomento juega un importante papel, pero se debe además garantizar la seguridad en la tenencia de la tierra y los derechos de uso de esta, facilitar crédito adecuado y sistemas de seguros y difundir información sobre nuevas tecnologías para pyme forestal (los medianos y pequeños propietarios), entre otras medidas.

En Chile existen varios instrumentos de fomento, entre los que destacan dos; el DL N° 701 de Fomento Forestal y la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.

Ambos instrumentos son coordinados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Forestal del Estado. El éxito del primer instrumento esta fuera de toda duda, ya que a partir del año 1974 se ha venido consolidando una superficie que alcanza a 2,3 millones de hectáreas (INFOR, 2010), que es el sostén de una pujante industria forestal. La ley de recuperación del bosque nativo y fomento forestal, en tanto, es reciente, fue promulgada en el año 2008, y se puede decir que aún está en marcha blanca.

Estos instrumentos pueden jugar un papel hegemónico en mitigar el cambio climático, pero esto parece estar frenado o ralentizado, por esta razón se requiere hacer una reflexión sobre cómo mejorar la precisión de estos instrumento, que en definitiva hacen un importante aporte a la salud humana y la del medio ambiente. Quizá sea tiempo de volver hacer las cosas en forma más simple.

72 Ingeniero Forestal de la Universidad Austral de Chile. Director Regional de la Corporación Nacional Forestal. Región de los Ríos. Jose.carter@conaf.cl.

73 Gt = Gigatonelada = mil millones de toneladas

## UNA REFLEXIÓN PARA MEJORAR

Desde el punto de vista privado, se podría indicar que el Servicio Forestal del Estado ejerce sus actividades en torno a dos grandes ideas; para cada cosa un formulario y para cada falta un tribunal. Con esto se ha logrado la burocratización y la judicialización de la gestión de los bosques chilenos.

Cabe preguntarse, cuál es el origen de esta idea. Una de las respuestas posibles, está en la forma como se ha llevado adelante el proceso de concebir las leyes que regulan la actividad en los bosques, todas ellas sin excepción son de carácter reactivo, es decir, se reacciona frente a un determinado problema con una fórmula particular.

Si bien es cierto que se atiende el problema en sí, cuesta encontrar un hilo conductor entre los cuerpos legales, que dé cuenta sobre qué se quiere como Estado en el corto, mediano y largo plazo para los bosques.

Está claro, que lo que se requiere es una política de largo plazo que explicita la mirada desde la conservación, la protección y la producción forestal, hacia las necesidades y demandas crecientes de la ciudadanía, en torno al cuidado y respeto por el medio ambiente, la biodiversidad, el agua, todo en un escenario de cambio climático, donde las especies naturales e introducidas podrían sufrir pérdidas.

Las normativas existentes pretenden dar respuesta en gran medida a estas interrogantes, a través de distintas vías, como el fomento, la recuperación y el manejo sostenible de los recursos forestales.

Una palabra clave a juicio del autor es fomento, pero ¿tiene claro el Servicio Forestal del Estado que hay detrás de esta palabra? ¿Se está recogiendo adecuadamente el espíritu de las normativas? Se presupone la participación de los privados, ya sean estos pequeños, medianos o grandes propietarios, quienes están llamados a concretar lo establecido en estos cuerpos legales.

La respuesta es que existen procesos que dificultan la tarea, es más, también hay procedimientos poco claros, que han llevado por un camino en el que todo se soluciona a través de extensos formularios y con un sistema de control *expost*, que no contribuye a mejorar la gestión en los bosques y crea un ambiente de desconfianza.

Si bien es cierto que el Estado debe asegurar el buen manejo de los recursos forestales, este no puede sustentarse en un sistema burocrático, donde es frecuente la desconfianza, que implica un costo muy alto, tanto para el propietario que debe financiar la formulación de los estudios técnicos, como para el Estado en su revisión. Existen sistemas bastante más adecuados para asegurar dicho resguardo, basta con mirar a países con larga tradición forestal como Alemania, Suiza, Suecia y Finlandia, entre otros, para poder corregir y facilitar el trabajo en los bosques.

Por de pronto, una de las tareas a abordar es identificar cada uno de los procesos, asociarlos a sus respectivos procedimientos y estos a los cuerpos normativos, reglamentos, ordinarios e instructivos interpretativos, con el objeto de adecuar procesos, simplificar procedimientos y ver la aplicabilidad y vigencia de muchos ordinarios e instructivos.

La ley siempre busca favorecer a los más desposeídos, a los que tienen menos oportunidades, de modo que todo debe estar preparado para su inclusión. Muchos de los procesos hacen todo lo contrario, alejan a este segmento, dada la alta complejidad de los formularios, el nivel de información solicitado y lo oneroso de los estudios, que además presentan dificultades incluso para profesionales. En este trabajo es fundamental tener presente siempre los objetivos que se persigue en torno a los recursos forestales, como son su conservación, protección y uso múltiple.

Por otra parte, está establecido que la gestión de los bosques se debe enfrentar con recetas, asimilando erróneamente la silvicultura al arte culinario. Se sabe que trabajar con un organismo vivo implica todo un desafío de conocimiento técnico y algo de arte, y para eso existen profesionales preparados, tanto en centros de estudios superiores, institutos de investigación, como de mandos medios.

Es fundamental dejar hacer a la ingeniería, que esta tenga la suficiente libertad para expresarse, fijando el Estado sólo reglas básicas de protección del suelo, de los cuerpos de agua y de la biodiversidad.

Por tanto, la clave aquí es crear espacios de confianza, ya que el dinamismo del sector forestal así lo requiere. Se debe tener presente que las grandes y algunas medianas empresas forestales están certificadas, por ejemplo a través de FSC<sup>74</sup>, y con una mirada creciente hacia la responsabilidad social.

El gran desafío es sin lugar a dudas el bosque nativo, que está en su mayor parte en manos de muchos pequeños y medianos propietarios, que trabajan y viven en torno al bosque, donde la certificación está lejos de llegar y por tanto se les debe ayudar con transferencia técnica y propiciando la asociatividad para aplicar mejores prácticas forestales.

Es fundamental implementar sistemas simples de presentación de estudios técnicos y realizar un sistema de fiscalización preventivo, acompañante en los procesos de las pymes, tanto en la formulación de sus proyectos o planes de manejo como en el desarrollo de los mismos, que sería la mejor forma en que el Estado gaste sus recursos.

Esta forma de fiscalizar tendría muchos beneficios, por una parte asegura una mayor agilidad en los pronunciamientos sobre los respectivos estudios técnicos y, por otra, un buen manejo del recurso.

---

74 FSC = Forest Stewardship Council

## MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE

El año 2004, el Foro de Bosque de las Naciones Unidas identificó los siete elementos temáticos del Manejo Forestal Sustentable:

- Extensión de los recursos forestales
- Diversidad biológica de los bosques
- Salud y vitalidad del ecosistema bosque
- Función productiva de los bosques
- Marco legal, político e institucional

A continuación se revisan estos elementos temáticos desde la mirada de la pequeña y mediana propiedad forestal.

### Extensión de los Recursos Forestales

Alrededor del 35% de las plantaciones y del 60% de los bosques nativos está en manos de pequeños y medianos propietarios.

Hay una alta atomización de la propiedad.

Existen importantes problemas de accesibilidad.

Los costos de cosecha y transporte son altos, no se alcanzan economías de escala.

Existe falta de regularización del régimen de propiedad, situación que impide el acceso a los beneficios contemplados en la legislación de fomento.

### Diversidad Biológica de los Bosques

Media a baja, debida a intervenciones selectivas sin conocimiento técnico (“floreo”).

Se usan los bosques como invernadas para animales.

Escasa regeneración.

## Salud y Vitalidad del Ecosistema Bosque

Las plantaciones de rápido crecimiento presentan algunos problemas por ataque de insectos defoliadores, taladradores, muerte por sequías y heladas, y el control no llega oportunamente al segmento de pequeños y medianos propietarios.

Los bosques nativos requieren ser revitalizados, dado que en muchos casos están en la fase de desmoronamiento.

Se ha perdido gran parte de la capacidad productiva original del bosque nativo, la que es necesario recuperar mediante manejo forestal.

## Función Productiva

Más del 90% de las exportaciones forestales se explica por la actividad económica relacionada con las plantaciones y las pymes prácticamente no participan de este mercado.

El bosque nativo, está supeditado básicamente a la producción de leña, que representa casi el 19% de la matriz energética del país, y no hay reconocimiento de este aporte.

Las pymes regularmente acceden a menores precios para sus productos en el mercado debido a economías de escala.

No hay encadenamientos productivos.

Respectos de los productos forestales no madereros, hay escaso conocimiento para sostener una producción y comercialización.

## Función de Protección de los Bosques

Gran parte de las plantaciones se han establecido en suelos altamente erosionados y en suelos frágiles.

Hay importantes problemas con la protección de los cursos de agua y cuencas y con los métodos de corta.

La comunidad se queja de baja disponibilidad de agua y culpa a las plantaciones.

Los bosques nativos cumplen ampliamente la función de protección de suelo y agua.

## Funciones Socioeconómicas de los Bosques

Generan empleos en el mundo rural, a los propietarios y a personas de baja calificación laboral, y en los meses más críticos.

Recreación y turismo.

## Marco Legal, Político e Institucional

Difundir las normativas y reglamentos vigentes.

Simplificar y adecuar los instrumentos que tiene el Estado respecto de los pequeños y medianos propietarios.

Acompañar en los procesos a este segmento para transferirle conocimientos y técnicas.

Se requiere de soluciones más integrales y acciones en conjunto de los servicios del Estado.

Se requiere acceso al mundo de las tecnologías de vanguardia (conectividad).

Se debe incentivar la formalización de empresarios y propiedades.

Se debe incentivar la organización

Masa crítica (pesan y no pesan)

Se debe hacer las cosas con un sentido de urgencia y de pertinencia.

Estos puntos revelan que el principal esfuerzo que deben realizar los pequeños y medianos propietarios forestales es adecuarse a conceptos tales como mejores prácticas forestales, ordenación forestal, certificación forestal, securitización, globalización, asociatividad, encadenamiento productivo (clusters), venta de bonos de carbono, huella de carbono y cambio climático, entre otros. No obstante, el Estado debe dar un apoyo decidido en esta dirección.

## REFERENCIAS

**INFOR, 2010.** Anuario Forestal 2010. Boletín Estadístico N° 128, 134 p.

**IPCC, 2001.** Technical and economic potential of options to enhance, maintain and manage

biological carbon reservoirs and geo-engineering. En: Mitigation 2001. El tercer informe de evaluación del IPCC. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, USA, Cambridge University Press.

**Stern, N., Peters, S., Bakhshi, V., Bowen, A., Cameron, C., Catovsky, S., Crane, D., Cruickshank, S., Dietz, S., Edmonson, N., Garbett, S.-L., Hamid, L., Hoffman, G., Ingram, D., Jones, B., Patmore, N., Radcliffe, H., Sathiyarajah, R., Stock, M., Taylor, C., Vernon, T., Wanjie, H. and Zenghelis. D., 2006.** Stern Review: The Economics of Climate Change, HM Treasury, London.



A large forested hillside with a mix of green and brown trees under a clear blue sky. The foreground shows some green foliage.

**LA ECONOMIA DEL BOSQUE Y  
LA MADERA BAJO EL ENTORNO  
DEL CAMBIO CLIMÁTICO**



# LA ECONOMIA DEL BOSQUE Y LA MADERA BAJO EL ENTORNO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Las demandas de madera por parte de la sociedad mundial son crecientes lo que se explica por el incremento poblacional, no obstante el consumo per capita se ha reducido en los años recientes, situación que se explicaría por crecientes restricciones a la tala de bosques, proliferación de productos sustitutos y otras razones.

Las principales amenazas sobre los bosques continúan siendo las expansiones de las fronteras agrícolas y los incendios forestales, que mantienen fuertes tasas anuales de deforestación. No obstante, las plantaciones forestales aumentan tanto en superficie como en su participación en la provisión de madera y fibra para suplir las demandas, y estas, sumadas al retorno de bosques naturales en áreas antes devastadas, permiten que las pérdidas anuales netas de cubierta forestal mundial muestren una tendencia a la declinación.

En el mundo, menos de la tercera parte de las extracciones de madera de los bosques es destinada a la producción industrial, la mayor parte es destinada a energía, muy en especial en las áreas rurales del mundo en desarrollo. Respecto de este último y enorme mercado, mayoritariamente informal, y pese a que la biomasa forestal como energía es considerada carbono neutral, se requieren grandes esfuerzos de los políticos y los servicios forestales hacia la regulación y normativas para la producción sostenible de energía proveniente de los bosques y hacia procesos de conversión más eficientes y limpios.

Los grandes desafíos aparecen crecientemente en torno al manejo sustentable de los bosques naturales y al incremento de las plantaciones forestales y en esto, el mundo rural, en especial los pequeños y medianos propietarios, que en el caso chileno controlan unas 800 mil hectáreas de plantaciones forestales y unos 8 millones de hectáreas de bosques nativos, tienen un importante papel que jugar. No obstante, la atomización de sus propiedades y sus limitaciones financieras y técnicas hacen indispensable el apoyo estatal, expresado en políticas de fomento adecuadas y oportunas para propiciar su desarrollo frente a los desafíos planteados.

Respecto de la oferta, se estima que algo menos del 30% de la superficie global de bosques tienen como función satisfacer los requerimientos de madera y fibra de la sociedad, en tanto que el 70% restante tiene una irremplazable función en la mitigación del cambio climático y en la provisión de otros variados e importantes servicios ambientales, relacionados con el aire, el agua, la biodiversidad y otros aspectos.

La población mundial se ha duplicado desde mitad del siglo pasado y es de prever que para el siglo XXII se duplique nuevamente, en consecuencia suplir las demandas crecientes de madera y, a la vez, revertir o al menos mitigar el cambio climático a niveles aceptables, constituye un

desafío de proporciones. La actividad forestal en el mundo puede contribuir en forma trascendente, por medio de la recuperación y manejo de los bosques naturales, del incremento de los bosques plantados y su productividad, de desarrollos tecnológicos que maximicen la eficiencia de los procesos industriales, incluidos aquellos referentes a la energía obtenida de los bosques, sin embargo, si los actuales niveles de emisiones de GEI de la actividad industrial, el transporte y la movilización se mantienen, probablemente todo esfuerzo será insuficiente.

En este contexto, Chile surge como un modelo, según FAO es el primer país en Sudamérica y el décimo en el mundo con mayor expansión de sus bosques, con un crecimiento de 48 mil hectáreas anuales promedio en los últimos veinte años, cifra relevante, considerando que en el mundo los bosques están retrocediendo a una tasa de 13 millones de hectáreas al año.

# PROYECCION MUNDIAL PRODUCCIÓN DE MADERA

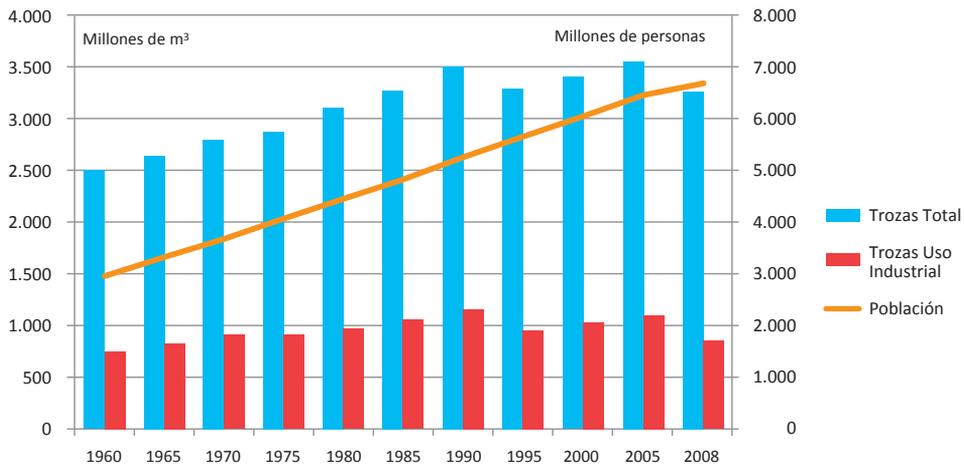
Ignacio Cerda Vargas<sup>75</sup>

Los bosques cubren un tercio de la superficie terrestre y son una fuente renovable de productos madereros y no madereros crecientemente demandados por la población, además frente al cambio climático mitigan los efectos nocivos del fenómeno.

## EL RECURSO FORESTAL

Los bosques abarcan el 31% de la superficie total de la tierra según FAO (2010). El área total de bosque en el mundo es de algo más de 4 mil millones de hectáreas (ha), que corresponde a un promedio de 0,6 ha per cápita. Los cinco países con mayor riqueza forestal (Federación de Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos de América y China) representan más de la mitad del total del área de bosque. Diez países o áreas no tienen bosque alguno y otros 54 tienen bosques que representan menos del 10 % de su área total de tierra.

Respecto al uso de trozas cosechadas de los bosques entre un 67% y un 74% se usa para combustibles, y, menos de un tercio se usa para su transformación industrial; madera aserrada, tableros, pulpa y papel y otros. Analizando la relación entre incremento de la demografía y los datos de cosecha de bosques se concluye que el crecimiento poblacional es un factor que explica el incremento del uso de madera (Figura N° 18).



(Fuente: Elaboración propia con datos de FAO, 2011)

**Figura N° 18.** PRODUCCIÓN DE TROZAS PARA USO INDUSTRIAL Y NO INDUSTRIAL VERSUS POBLACIÓN

75 Ingeniero Forestal, Mención Tecnología de la Madera, Universidad de Chile. DPA Post grado en Alta Administración, Universidad Federico Santa María. MBA Magister en Dirección de Empresas, Universidad Adolfo Ibáñez. Investigador de Instituto Forestal, Sede Metropolitana. Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago. icerda@infor.cl

Sin embargo, al relacionar la producción total de bosque en los últimos 50 años con el incremento poblacional se puede concluir que el consumo per capita ha bajado sostenidamente, es así como en los principios de los años 60 el consumo por habitante era de 0,84 m<sup>3</sup>, y en el año 2009 fue de 0,49 m<sup>3</sup>. Este menor consumo se explica por múltiples razones, entre las que se puede mencionar entre otras:

- Mayores restricciones a la tala de bosques, sobre todo nativos cuyo consumo viene siendo sustituido por plantaciones de alto rendimiento y con mayor productividad.
- Aumento del reciclaje de papeles, tablero y madera
- Mejoramiento de procesos productivos de transformación mecánica, semiquímica y química, con procesos de integración vertical de empresas con lo que se optimiza el uso de la troza.
- Producto de las últimas crisis (asiática, subprime, entre otras) ha decaído la demanda por productos para la construcción lo que es un importante mercado para la madera.
- Proliferación de productos de otros orígenes que sustituyen en múltiples usos a la madera.

Una de las mayores amenazas a los bosques continúa siendo la tasa de deforestación, debida principalmente a la conversión de los bosques tropicales en tierras agrícolas, los incendios forestales y la sobreutilización. Si bien la deforestación muestra señales de reducción en varios países, continúa a un ritmo muy elevado de cerca de 13 millones de hectáreas por año en la última década, pero en los 90 esta era de 16 millones de hectáreas por año. Países como Brasil e Indonesia, que registraban la mayor pérdida neta de bosques en la década de 1990, han reducido de forma significativa sus pérdidas, mientras que en Australia las graves sequías e incendios forestales exacerbaban la pérdida de bosques desde el 2000.

La plantación de árboles a gran escala está reduciendo notablemente la pérdida neta del área del bosque a nivel mundial. La forestación y la expansión natural de los bosques en algunos países y regiones han reducido la pérdida neta global del área de bosque de manera significativa. La variación neta en el área de bosque para el período de 2000-2010 se estima en -5,2 millones de hectáreas por año, inferior al nivel de -8,3 millones de hectáreas por año de la década anterior.

Según FAO (2010) la tendencia mundial de Bosque por continente es:

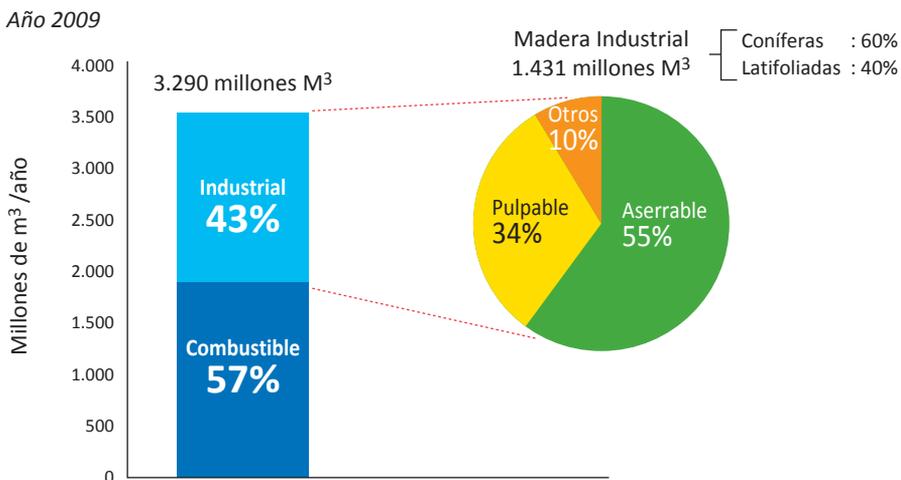
- América del Sur y África: Siguen teniendo la pérdida neta de bosque más elevada.
- Oceanía: Presenta pérdida neta de bosques.
- América del Norte y Central: Las estimaciones del año 2010 han sido casi similares a las del año 2000.
- Europa: El área de bosque continúa expandiéndose, si bien a un ritmo más lento que en la década de 1990.

- Asia: Tenía una pérdida neta en los 90, y ahora presentó una ganancia neta, principalmente debido a la forestación en gran escala realizada en China y a pesar de las altas tasas de pérdida neta en otros países de Asia meridional y sudoriental.

Basado en un promedio mundial, más de un tercio de la cubierta forestal son bosques primarios de especies nativas en los que no existen indicaciones claramente visibles de actividades humanas y donde los procesos ecológicos no han sido perturbados de forma significativa. Los bosques primarios, en particular los bosques tropicales húmedos, comprenden la mayor riqueza de especies y diversidad de ecosistemas terrestres. La reducción del área de bosques primarios equivale a 0,4 % durante un período de diez años.

La superficie de bosques plantados con diversos fines aumenta, actualmente representa el 7% de la cubierta forestal mundial, lo que representa 264 millones de hectáreas. Durante 2005-2010, la superficie de bosques plantados aumentó en aproximadamente 5 millones de hectáreas por año. La mayor parte fue establecida mediante la forestación, esto es la plantación de tierras que no habían sido forestadas en los últimos tiempos, especialmente en China. Tres cuartas partes de todos los bosques plantados son de especies nativas, mientras una cuarta parte comprende especies introducidas.

Sedjo (2009) estima que aproximadamente 140 millones de hectáreas corresponden a plantaciones con fines productivos y, de ellas, sólo 32 millones de hectáreas son plantaciones de rápido crecimiento.

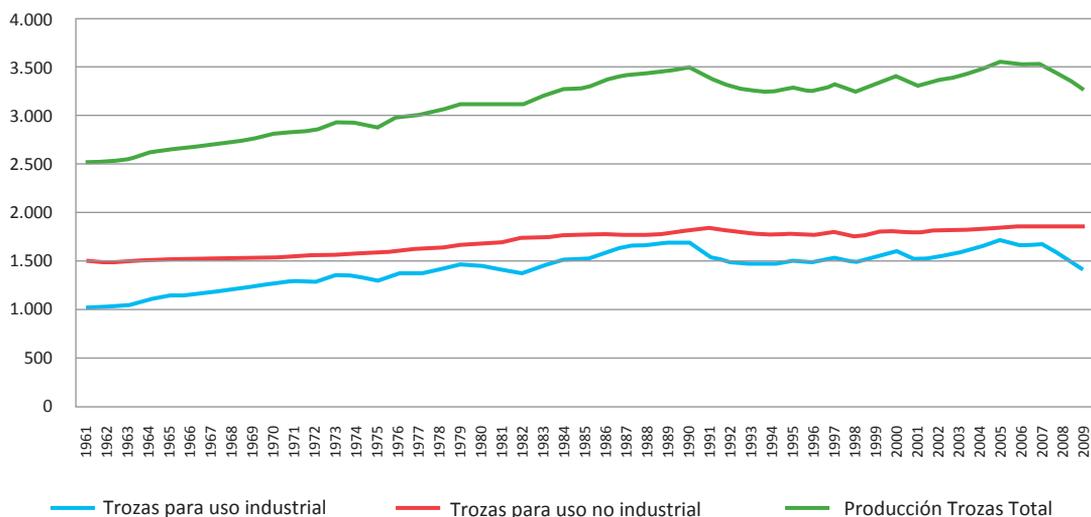


(Fuente: Elaboración propia con datos de FAO, 2011)

**Figura N° 19.** PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MADERA

Tras una disminución durante los años 90, las extracciones de madera han vuelto a aumentar. A nivel mundial, las extracciones de madera notificadas ascienden a 3,4 mil millones de metros cúbicos anuales, un volumen semejante al registrado para 1990 y equivalente al 0,7% del total de las existencias en formación. Considerando que la madera extraída informalmente o ilegalmente, especialmente la leña, no se suele registrar, la cantidad real de las extracciones de madera es indudablemente mayor. A escala mundial, aproximadamente la mitad de la madera extraída es leña para combustible.

El valor de mercado del consumo industrial de madera es estimado por FAO en US\$ 100 mil millones, en el período comprendido entre 2003 y 2007 principalmente representadas por la madera en trozo de uso industrial. En el ámbito mundial los valores informados indican que no hay cambio entre 1990 y 2000, pero un aumento de aproximadamente 5 % anual en el período entre 2000 y 2005, lo que sugiere que los precios de la madera en trozo se recuperaron desde su descenso (en términos reales) durante la década de 1990-2000, sin embargo, estos precios desde ese entonces han caído.



(Fuente: Elaboración propia con datos de FAO, 2011)

Figura N° 20. PRODUCCIÓN MUNDIAL MADERA EN TROZAS (Millones de m³/año)

## PRONÓSTICOS

Sedjo (2009) plantea una visión al año 2050 del cambio climático sobre los árboles y la industria forestal y sugiere que no todas las noticias sobre el cambio climático mundial son sombrías, la producción mundial de las industrias forestales debe aumentar y también la productividad de los bosques. En un mundo en calentamiento, la superficie forestal mundial podría aumentar entre un 5% y 6% al año 2050.

Los meteorólogos predicen que los aumentos más dramáticos en la temperatura se producen en latitudes altas. Los bosques pueden adaptarse a los cambios indeseables de temperatura migrando a un clima más favorable.

Los bosques boreales, que prevalecen en las latitudes norte, con el tiempo podrían reemplazar hasta el 50% de lo que es ahora la tundra congelada.

Los bosques templados de las latitudes medias pueden también expandirse hacia tierras que antes eran dominados por los bosques boreales. Estos bosques no serán exactamente igual a los predecesores, ya que sólo algunas especies prosperan y las especies menos adaptables morirán.

Las temperaturas en la zona ecuatorial no deberían aumentar drásticamente, por lo que el bosque tropical no debería sufrir.

La migración de los bosques requiere algo más que una temperatura apropiada, necesitan de suelo adecuado, suficiente humedad y luz solar. También necesitan tiempo. Si la temperatura sube demasiado rápido o si los árboles no pueden satisfacer sus necesidades, tal vez algunos árboles, o el bosque entero, pueden morir antes que puedan migrar. Parte de esta muerte regresiva se espera en el límite sur de los bosques boreales.

El citado autor señala además que los árboles necesitan CO<sub>2</sub> para crecer, por lo que el aumento de los niveles de este gas que contribuye al cambio climático, podría ser una bendición para ellos. Este efecto de fertilización de carbono puede ser significativo, en particular durante los primeros años de crecimiento. El mismo autor indica que los árboles crecieron un 23% más rápido en un ambiente con alto nivel de CO<sub>2</sub>. Aunque se necesita más investigación para determinar los límites de este efecto beneficioso, no cabe duda que tanto el CO<sub>2</sub> como las tasas de crecimiento de los bosques han ido en aumento desde mediados del siglo XX.

Cambios en las precipitaciones y la humedad pueden tener un mayor impacto en los bosques. Los modelos climáticos son limitados en su capacidad para predecir cambios en las precipitaciones, pero parece existir acuerdo en que los interiores continentales serán más secos. Esto podría ser problemático para algunos bosques y algunas regiones de latitudes medias podrían convertirse en pastizales, ya que serían demasiado secas para que los bosques puedan mantenerse.

## TENDENCIAS MUNDIALES

Algunas tendencias indicadas por Bael y Sedjo (2006) y Raga (2010) son las siguientes:

- Luego de la caída por la crisis “subprime”, se comienzan a recuperar los *commodities*. Los fundamentos son de mediano a largo plazo y el crecimiento en China, India y Asia emergente.

- Recuperación económica de EEUU aún débil e inestable. El índice *housing starts* no pasará de 1 millón unidades antes del 2012 (normal 1,4 millones de unidades). Europa es más lenta e incierta.
- Las plantaciones forestales incrementan su importancia en el suministro industrial global, del 30% actual al 50%, expansiones principalmente en fibra corta.
- El alto costo de energía llegó para quedarse. Relacionado con mayor demanda de *commodities*.

Petróleo sobre US\$ 70 el barril (promedio 1987-2006: US\$ 25).

Problema para industrias intensivas en energía: Papel, tableros MDF.

Demanda sobre biomasa forestal.

Impacto global sobre costos de cosecha y transporte.

- China: Locomotora del crecimiento.

Principal motor de demanda de celulosa.

Pasa a ser exportador relevante en algunos rubros: *Plywood*.

Dificultad para sostener en largo plazo esa posición: Problemas con madera rusa, aumento del costo de capital y los salarios, presiones por madera ilegal (30%)

- Precios de los productos forestales madereros.

Expertos ven poco espacio para crecer en corto plazo, incluso ajustes a la baja al irse normalizando la oferta.

Demandas de China y otros países de Asia mantendrán activo el mercado.

En mediano o largo plazo, fundamentos para precios firmes.

Restricciones de oferta en Canadá: *Mountain Pine Beetle* (daño 10 millones de m<sup>3</sup>/año)

Plantaciones de pino de Australia, Brasil, Chile y Sudáfrica llegando al límite de cosecha sostenible.

Restricciones a la oferta en Rusia, impuestos a la exportación.

## REFERENCIAS

**Bael, David y Roger, A. Sedjo., 2006.** Toward Globalization of the Forest Products Industry: Some Trends. Discussion paper 06- 35 (August). Washington, DC: Resources for the Future. EN. [www.rff.org/rff/Documents/RFF-DP-06-35.pdf](http://www.rff.org/rff/Documents/RFF-DP-06-35.pdf).

**FAO, 2010.** Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. Estudio FAO Montes. 163. 346 p.

**FAO, 2011.** The State of the World`s Forests 2011. Rome. 162 p.

**Raga, F., 2010.** La Industria Forestal Chilena en el Contexto Internacional. CORMA. 42 p.

**Sedjo, R., 2009.** The Future of Trees. Climate Change and the Timber Industry. Resources Magazine. 174. pp. 29-33.



# ESCENARIOS DE MERCADO PARA EL BOSQUE DEL FUTURO

Jorge Cabrera Perramon<sup>76</sup>

La demanda por bienes y servicios del bosque tiene una trayectoria creciente en magnitudes importantes y puede esperarse que esta tendencia se mantenga o crezca, y difícilmente pueda bajar (FAO, 2010). Esto significa que siempre será necesario mantener en cosecha una cantidad significativa de bosques.

Hay dos factores claves que explican las trayectorias crecientes y sostenidas del consumo de productos a base de maderas; la tasa de crecimiento de la población y el ingreso per cápita, ambos con proyecciones al alza (Sutton, 1990; Ministerio Asuntos Exteriores de Finlandia y IUFRO, 2005).

Respecto de la oferta en tanto, se reducen como fuente de materia prima los bosques nativos y se incrementan los bosques plantados, generándose un nuevo equilibrio, más favorable tanto en términos ambientales como económicos.

## DEMANDA

Desde 1950 la población mundial se ha duplicado, hoy ronda los 6.000 millones de personas que pasarán a 7.500 el 2020 y a 8.200 el 2030. Las causas del acelerado crecimiento de la población son múltiples, la primordial es la disminución de la mortalidad por los avances de la salud humana, pero también intervienen en esto el efecto acumulativo, ya que existe una cantidad de personas que se agrega cada año, fenómeno conocido como impulso demográfico, y la gran proporción de población joven.

En la actualidad, la tasa de crecimiento anual es de 1,2% y la ONU (2010) estima un tamaño de la población a mediados del siglo XXII de 10.800 millones de personas (2 hijos por mujer), aunque podría llegar a 27.000 millones al año 2150 si fuesen 2,6 hijos por mujer.

En términos unitarios, el consumo per cápita de madera fue de 0,64 m<sup>3</sup>/ha/año en la década del 90, el 2009 cae a 0,48 debido principalmente a la crisis en la construcción en EEUU, lo que no es consistente con las necesidades, que en promedio de los últimos 20 años es cercana a 0,7 m<sup>3</sup>/ha/año por habitante (FAO, 2011b). Con este último coeficiente se necesitarían 5.700 millones de m<sup>3</sup> para satisfacer el consumo de la población mundial.

<sup>76</sup> Ingeniero Forestal de la Universidad Austral de Chile. Magister en Economía Agraria por la Pontificia Universidad Católica, Santiago, Chile. Dr. (c) en Ciencias de la Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba, España. Investigador del Instituto Forestal, Sede Valdivia. Isla Teja Norte s/n Valdivia, Chile. jcabrera@infor.cl

## EFECTOS SUSTITUTOS

El efecto de bienes sustitutos, que reemplacen el uso de productos a base de fibras leñosas, no se observa importante como moderador de los niveles de demanda futura. A continuación se presentan las áreas más intensivas.

### • **Uso de la Madera para Energía**

El uso de la madera para energía, especialmente para calefacción y cocina, tiene como sustitutos los combustibles fósiles, los que muestran trayectorias de precios crecientes debido a su escasez relativa como recurso no renovable. Los pronósticos conservadores de precios para el petróleo señalan valores muy por sobre los US\$ 100 el barril para los próximos años (US\$ 25 para el período 1987-2006, algo más de US\$ 70 en años recientes y ya de US\$ 100 en la actualidad), lo que no le permite competir con la leña en millones de hogares en el mundo (EIA, 2011).

La leña proviene mayoritariamente de bosques nativos, donde poco se considera el costo del bosque por lo que el precio está formado por los costos de extracción. En años recientes, programas de perfeccionamiento de este mercado han ido incorporando al precio el costo de la formación del bosque, lo que encarece el producto. También ya se comercializa leña de bosques plantados, pero en ambos casos con un nivel de precios significativamente más conveniente que los combustibles fósiles y, por supuesto, que la electricidad (SNLC, 2010).

### • **Uso Industrial de la Madera**

Respecto de la demanda de productos industrializados, esta tiene dos subsegmentos de productos finales; papeles y maderas.

Ha sorprendido en el mercado el hecho que el gran desarrollo de las comunicaciones electrónicas no ha repercutido en una baja del consumo de papeles, incluso lo ha aumentado. Los inventos, desde el cine, la televisión, el computador, el teléfono móvil, los sitios web y otros innumerables avances modernos, como diarios y libros electrónicos, medios como el *e-book*, *e-pad*, *tablet* y muchos otros), no han desplazado al papel como forma de lectura preferida (FFIFF, 2000). Si bien podría esperarse que las nuevas generaciones pudieran acostumbrarse a estas nuevas tecnologías, hay un contrapeso importante en el consumo de papeles, que corresponde al rubro empaque, donde la población, en forma creciente, por razones ambientales, desplaza a los envases plásticos que no son biodegradables.

Demás esta decir que en este rubro permanentemente surgen innovaciones de nuevos productos de gran aceptación en el mercado, como son los pañuelos desechables, pañales, ropa interior, ropa de cama y otros que en muchos países aún ni se conocen o se encuentran en la etapa de introducción al mercado y por tanto hay un espacio para un consumo creciente en cifras de magnitud.

Las maderas tienen su uso principal en el sector de la construcción y complementos internos como muebles. Quizás es en este sector donde la madera ha encontrado más sustitutos tales como ventanas de aluminio o plásticas, albañilería, pisos de alfombra o cerámicos, recubrimientos internos plásticos, estructuras metálicas, muebles de vidrio y otros materiales.

Los programas de construcción de viviendas son bastante significativos en gran parte de los países y ante una población creciente dicha tendencia debe mantenerse. El punto crítico respecto al consumo futuro de madera en este rubro estará en dependencia de los precios, no obstante se observa en la ciudadanía una tendencia a consumir productos que sean más amistosos con el medio ambiente. Como se trató anteriormente, es la madera la que se produce con menos energía y es la menos contaminante entre los materiales citados.

Este efecto, de la mayor sensibilización de la sociedad por productos naturales, renovables, biodegradables, que evitan grados de contaminación, agrega este nuevo factor demanda que repercute en todos los productos que se generan en el bosque (PROMPEX, 2010). Este importante hecho, que cada vez se asimila más intensamente por las personas y empresas a lo largo y ancho de la población mundial, implicará mantener y aumentar los consumos.

#### • Servicios Ambientales

La población cada vez tiene mayor información y por tanto valora el papel de los bosques en cuanto a que la interacción entre las especies de flora y fauna de estos ecosistemas, el espacio y la energía solar, dan origen a una serie de funciones ambientales (ecológicas o ecosistémicas). Estas complejas interacciones biológicas, físicas y químicas, permiten al ecosistema proporcionar servicios que son cruciales para el desarrollo y sustentabilidad del planeta.

En términos sencillos el mecanismo señala que quien se beneficia de los servicios ambientales debe pagar por ellos a quienes lo proveen. Ya existen muchos casos donde opera este sistema en forma voluntaria y en las reglas del mercado, lo que permite la conservación del bosque y un nuevo negocio para el propietario.

Usualmente se señalan cuatro servicios ambientales que han posibilitado la implementación del mecanismo de Pago por Servicios Ambientales (PSA); secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad, servicios hidrológicos y belleza escénica y recreación (Pagiola, 2002; Cabrera y Rojas, 2009).

Este reconocimiento del valor de los servicios se manifiesta como una nueva demanda por el recurso, donde el bosque ahora produce servicios en vez de madera, lo que reduce los bosques con fines madereros. Empresas hidroeléctricas, empresas de potabilización de agua, industrias de bebidas, el turismo, la industria farmacéutica, son algunos sectores que demandan estos servicios y que por tanto inmovilizan la cosecha con fines madereros.

## OFERTA

La situación global de la oferta de madera es que mientras se reduce como fuente de materia prima el bosque natural o nativo, surge el rubro bosques plantados, lo cual lleva a un nuevo equilibrio, más favorable tanto en términos ambientales como económicos.

El bosque natural puede así mantener las funciones propias del ecosistema, lo que permite sostener una serie de servicios cruciales para la habitabilidad del planeta. Por su parte las plantaciones son mucho más eficientes en términos económicos para producir las maderas que demanda la humanidad.

### FACTORES Y COMPORTAMIENTO DE LA OFERTA

Actualmente existen tres fuentes generales de reducción de la oferta maderera del bosque natural que parecen no terminar; la deforestación, la declaración de áreas de protección legal y la regulación forestal (Bael y Sedjo, 2006)

Anualmente, por cambio de uso de la tierra, se pierden en el mundo 13 millones de hectáreas de bosques, cifra bastante menor a la década del 90 que alcanzaba a los 16 millones.

Existen muchos esfuerzos de los países para reducir estas pérdidas, lo que llevaría a disminuir este flagelo para el bosque natural. Si se mantiene la tasa de reducción de ésta pérdida de recurso, podía esperarse que en los próximos 20 años se reduzca casi a cero este proceso. No obstante, los bosques que se mantendrán no necesariamente serán oferentes de madera (FAO, 2011a).

A contar de los años 60, se ha iniciado un fuerte cambio de uso de recursos naturales debido a declaraciones legales de nuevas áreas de protección. Desde 1970 a 1990 se aumentó en 140% la superficie protegida, alcanzando la cifra de 1.200 millones de hectáreas (FAO, 2011a).

Una cantidad de bosques naturales está cambiando su función productiva por la de ofrecer otro tipo de bienes y servicios, lo que es consecuencia de una nueva tendencia dada por la preferencia de los consumidores o de requerimientos especiales. Este fenómeno está sucediendo en lugares de acceso relativamente fácil, donde la sociedad exige belleza escénica, condiciones aptas para pesca y caza, protección de aguas, especialmente para centrales hidroeléctricas, riego y empresas de potabilización para consumo humano, y otros fines. También surgen mercados voluntarios para financiar el rol de captura o mitigación de CO<sub>2</sub>.

### LAS PLANTACIONES EMERGEN COMO LA FUENTE DE MADERA DEL FUTURO

La superficie de bosques plantados aumenta, actualmente representa el 7% del área total de bosques. Se estima en 264 millones de hectáreas las existencias de bosques plantados en el mundo, los cuales se plantan con varios propósitos, no sólo madereros.

Durante 2005-2010, la superficie de bosques plantados aumentó en aproximadamente 5 millones de hectáreas por año, siendo la mayor parte establecida mediante la forestación en los últimos tiempos, especialmente en China.

Tres cuartos de todos los bosques plantados consisten de especies nativas, mientras un cuarto comprende especies introducidas (Sedjo, 2009).

Se estima que sobre el 50% de estas plantaciones tienen fines de producción de madera y están constituidas por especies de rápido crecimiento.

La tendencia creciente de establecer plantaciones radica por un lado en condiciones generales del mercado, donde la oferta de maderas del bosque nativo (mayor proveedor de maderas) se restringe por encarecimiento, pero principalmente por restricciones ambientales y cambios de objetivos madereros a usos ecosistémicos. Esta situación deja una demanda insatisfecha. Por otro lado, las plantaciones han demostrado que son más eficientes en términos económicos, ya que crecen mucho más rápido que el bosque natural, el hombre puede manipular mejor la elección de la especie y formas de manejarlas y mejorarlas, y hay una alta concentración de los volúmenes por unidad de superficie, lo que acarrea enormes ventajas de economía de escala en los procesos de corta (Sedjo *et al*, 1998). Bajo este panorama, el incentivo a establecer bosques plantados seguirá vigente.

## NECESIDADES FUTURAS DE MADERA

Se estima en no más de 1.000 millones de hectáreas la superficie global de bosque nativo que podrá mantenerse bajo manejo sustentable y por tanto produciendo maderas. Como se sabe, grandes extensiones de bosques de Norteamérica, Europa y otras regiones, como Australia, mantienen una producción sostenida con base a sus recursos nativos manejados, cuya condición de manejo es de tipo “cercano a la naturaleza” y en un grado de calidad y dinámica bastante alto, lo que no debiera cambiar en el futuro. Son bosques productivos estabilizados y en producción sostenida. Las extracciones medias por hectárea en este tipo de bosques son del orden de los 80 m<sup>3</sup> cada aproximadamente 15 o 20 años, con rangos amplios según el caso (Muller-Using, 2011).

Con un crecimiento de 4,5 m<sup>3</sup>/ha/año del recurso nativo citado, la oferta sostenible de maderas proveniente de este recurso sería del orden de los 4.500 millones de m<sup>3</sup> anuales.

Los casi 1.200 millones de m<sup>3</sup> faltantes para abastecer las necesidades de la población hacia el año 2030 deberán ser provistos por el bosque plantado.

## BOSQUES PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO

La cubierta forestal mundial actual es de 4 mil millones de hectáreas y es hoy un enorme desafío para la humanidad mantenerla e incrementarla para mitigar el cambio climático y asegurar la vida sobre el planeta.

En cifras gruesas, en su parte productiva, la cubierta forestal está representada por unos 1.000 millones de hectáreas de bosques naturales, que deben ser mantenidos bajo manejo sostenible, y unos 130 millones de hectáreas de plantaciones forestales, bajo silvicultura intensiva y sostenible.

En su parte no directamente productiva en tanto, la cubierta forestal está compuesta por 2.740 millones de hectáreas de bosques nativos que deben conservarse y 130 millones de hectáreas de plantaciones forestales establecidas con fines de protección.

Los crecientes requerimientos de madera de la población mundial debieran ser provistos por los 1.130 millones de hectáreas de bosques productivos, en tanto que 2.870 millones de hectáreas de bosques no directamente productivos debieran tener como función primordial la mitigación del cambio climático y la provisión de diversos otros servicios ambientales para la humanidad.

## REFERENCIAS

**Bael, David y Sedjo, Roger A., 2006.** Toward Globalization of the Forest Products Industry: Some Trends. Discussion paper 06- 35 (August). Washington, DC: Resources for the Future. [www.rff.org/rff/Documents/RFF-DP-06-35.pdf](http://www.rff.org/rff/Documents/RFF-DP-06-35.pdf).

**Cabrera, J. y Rojas, Y., 2009.** Pago por Servicios Ambientales: Conceptos y Aplicación en Chile. Informe Técnico 177, Instituto Forestal Chile. 15 p.

**EIA, 2011.** U.S. Energy Information Administration. En [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov).

**FAO, 2010.** Global Forest Resources Assessment 2010. Main Report. FAO forestry paper 163. 340 p.

**FAO, 2011a.** Situación de los Bosques del Mundo 2011. En: [www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s00.htm](http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s00.htm)

**FAO, 2011b.** International Data Base. Faostat. En: [www.fao.org](http://www.fao.org).

**FFIFF, 2000.** Finnish Forest Industries Federation Finlandia. FFIFF. Evergreen 46 p.

**Ministerio Asuntos Exteriores de Finlandia y Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), 2005.** Bosques para el Nuevo Milenio. 36 p.

**Muller-Using, S., 2011.** Informe interno de Proyecto de Bosque Nativo, Instituto Forestal de Chile.

**ONU, 2010.** Organización de las Naciones Unidas. El Crecimiento de la Población Mundial. En: <http://www.portalplanetasedna.com.ar/poblacion01.htm>.

**Pagiola, S., 2002.** Paying for water services in Central America: Learning from Costa Rica. En: Pagiola, S., N. Landell-Mills y J. Bishop (eds.), Selling Forest Environmental Services: Market-based Mechanisms for Conservation and Development. Earth-scan Publications Ltda, London. 299p.

**PROMPEX, 2010.** Productos Naturales

En: [www.prompex.gob.pe/prompex/documenty/miercoles\\_exportador/200/08-23productos\\_naturales.pdf](http://www.prompex.gob.pe/prompex/documenty/miercoles_exportador/200/08-23productos_naturales.pdf).

**Sedjo, R., 2009.** The future of tree: Climate Change and the Timber Industry. Resources Magazine. 174. pp. 29-33.

**Sedjo, R., Goetzl, A. and Moffat, S., 1998.** Sustainability of Temperate Forest. Resources for the Future. Washington, DC. UAS. 102 p.

**SNLC, 2010.** Sistema Nacional de Certificación de Leña. En: [www.lena.cl](http://www.lena.cl)

**Sutton, W., 1990.** Radiata Pine in a global market. Tasman Forestry New Zealand. Talk in Chile to the seminar on Timber Supply. 30 p.



## RECONOCIMIENTOS

Los editores agradecen a todos los autores de los diferentes capítulos y en especial a el Sr. Jorge Cabrera; la Sra. Yasna Rojas, Coordinadora del Área de Investigación de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático y el Sr. Carlos Bahamóndez Coordinador del Área de Investigación de Inventario y Monitoreo de Recursos Forestales por sus aportes y apoyo en materia de revisión de distintas partes del libro. Igualmente hacen un reconocimiento al apoyo del Sr. Aquiles Neuenschwander de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).





www.AgriculturaChile



[www.infor.cl](http://www.infor.cl)