

Climate Protection Programme (CaPP)
Estudio de Estrategia Nacional
(NSS) para el MDL en Chile
Resumen en Español

Publicado cerca:

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
Postfach 51 80, D-65760 Eschborn
Division 44 – Ambiente e Infraestructura
en la cooperación con
Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)
PN 2001.2184.8

Autores:

Equipo:

Eduardo Zanhueza (Coordinador CC&D, Chile)
Pedro Maldonado (PRIEN, Chile)
Aguiles Neuenschwander (FIA, Chile)

Revisores Internacionales:

Lambert Schneider (Oko-Institut)
Martin Cames (Oko-Institut)
Anke Herold (Oko-Institut)

Climate Protection Programme (CaPP)
Estudio de Estrategia Nacional
(NSS) para el MDL en Chile

Resumen en Español

Julio 2003

INDICE

	Page	
1	Introducción	1
2	Arreglos institucionales para el MDL en Chile	1
2.1	Autoridad Nacional Designada para el MDL	1
2.2	Evaluación de impactos ambientales y sostenibilidad	2
2.3	Evaluación de acuerdo con las modalidades y procedimientos del MDL	2
2.4	Promoción del MDL	3
2.5	Arreglos institucionales para la autoridad nacional designada	3
3	Inversiones y riesgos en Chile	4
4	Tendencias de las emisiones de gases efecto invernadero y sus proyecciones en Chile	5
4.1	Tendencia de las emisiones de gases efecto invernadero	5
4.2	Proyecciones de las emisiones de gases efecto invernadero	7
5	Potencial y beneficios de la mitigación de gases efecto invernadero en el sector energía en Chile	9
5.1	El sector energía	9
5.2	Beneficios ambientales complementarios	10
5.3	Areas de interés para el desarrollo de proyectos MDL	10
5.3.1	Transporte vial	11
5.3.2	Generación de electricidad	12
5.3.3	Los sectores industrial y minero	12
5.3.4	Los sectores residencial, comercial y público	13
6	Potencial y beneficios de la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector forestal	14
6.1	Sector forestal chileno	14
6.1.1	Bosques nativos	14
6.1.2	Bosques plantados	14
6.1.3	Consumo de madera como combustible y materia prima industrial	15
6.1.4	Producción forestal industrial	15
6.1.5	El sector forestal en la economía chilena	15
6.2	Criterios para la identificación de proyectos de forestación y áreas de interés para el desarrollo de proyectos MDL en Chile	15
6.3	Identificación de tipos de proyectos para el MDL	16
6.3.1	Forestación de Pequeñas Propiedades	16
6.3.2	Forestación asociativa	17
6.3.3	Forestación de suelos degradados	17
6.4	Especies forestales seleccionadas para proyectos MDL y sus características	17
6.5	Barreras en la implementación de proyectos forestales para el MDL en Chile	18
6.6	Beneficios sociales y ambientales complementarios	19
7	Cartera de Proyectos	19
7.1	Sector energía	20
7.2	Sector forestal	23
7.2.1	Estimación de la superficie potencial disponible para proyectos MDL de forestación	23
7.2.2	Línea base para las emisiones y las remociones	25
7.2.3	Estimación del carbono capturado	26
7.2.4	Costos marginales de mitigación	26

1 Introducción

En 1997, el Banco Mundial y el Gobierno de Suiza establecieron el Programa denominado “Estudios de Estrategias Nacionales (EEN)”, con el propósito de apoyar a potenciales países de acogida de proyectos de las Actividades Implementadas Conjuntamente (AIC), del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y de las Implementaciones Conjuntas (IC), en el desarrollo del conocimiento necesario para ello y en la identificación de futuros proyectos. Este estudio de Estrategia Nacional en Chile ha sido financiado por el Instituto Alemán de Cooperación Técnica (GTZ Chile), y contó con el respaldo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). El estudio fue desarrollado por un equipo de trabajo conformado por integrantes de la consultora Cambio Climático y Desarrollo (CC&D), del Programa de Investigaciones en Energía de la Universidad de Chile (PRIEN), y de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA). El apoyo internacional provino del Öko-Institut, en Alemania. Se desarrollaron varios talleres con potenciales beneficiados e interesados relevantes en orden de difundir información sobre el MDL, además de identificar posibles proyectos. Asimismo, tanto el Comité de Gestión del Estudio como varias otras instituciones y especialistas proveyeron importantes aportes a este trabajo.

El estudio pretende determinar áreas prometedoras para futuros proyectos MDL, analizando el potencial y los costos de mitigación de los proyectos MDL, identificando posibles barreras para su implementación, y el desarrollo de requerimientos institucionales necesarios para iniciar los proyectos MDL en Chile. En esta versión resumida destacamos las circunstancias nacionales específicas para el desarrollo e implementación de los proyectos MDL en Chile, los que podrían ser de particular interés para nuestros lectores. La introducción al Cambio Climático y el MDL, el análisis del mercado internacional del carbono se encuentra en el texto principal del EEN.

El Capítulo 2 presenta una propuesta sobre como establecer un arreglo institucional necesario para promover y lograr la aprobación oficial de los proyectos MDL en Chile. Los pre-requisitos para las inversiones y sus riesgos generales son descritos brevemente en el Capítulo 3. Como primer paso hacia la identificación de proyectos, el Capítulo 4 ilustra las emisiones de gases de efecto invernadero en Chile por sector. En los Capítulos 5 y 6 se describen los sectores energía (incluyendo los sub-sectores generación, transporte, industria y residencial) y forestal del país, y son identificadas áreas de interés para proyectos MDL. Finalmente, en el Capítulo 7, son evaluados el potencial y los costos de mitigación en varios prototipos de proyectos MDL y se construye la curva de costos marginales de mitigación en ambos sectores.

2 Arreglos institucionales para el MDL en Chile

2.1 Autoridad Nacional Designada para el MDL

De acuerdo con las modalidades y procedimientos del MDL (anexo de la decisión 17/CP.7, adoptada en la Séptima Conferencia de las Partes como partes del Acuerdo de Marrakech), los proyectos MDL deben ser aprobados por el gobierno del país de acogida. Para este propósito, cada país tiene que designar una autoridad nacional responsable.

Esta autoridad nacional designada tiene diferentes responsabilidades:

De acuerdo con las modalidades y procedimientos del MDL, la autoridad nacional designada debería confirmar que una actividad de proyecto MDL persigue el objetivo de alcanzar el desarrollo sostenible y que la participación en el proyecto es voluntaria;

- ☞ Si un gobierno autoriza a una entidad pública y/o privada para participar en proyectos MDL, el gobierno tiene que asegurar que estos son conducido conforme a las modalidades y procedimientos del MDL;
- ☞ Adicionalmente, la autoridad nacional designada debería verificar que el proyecto MDL propuesto cumple con la legislación nacional relevante, incluyendo la legislación ambiental y fiscal; y
- ☞ Otra importante tarea, que puede ser conducida por la autoridad nacional designada, es la promoción e identificación de proyectos MDL, y la difusión de información general sobre el MDL. Para Chile se propone que la autoridad nacional designada también este a cargo de esta tarea. A este respecto, la autoridad nacional designada tendría dos tipos de obligaciones diferentes: una que es regulatoria y una de promoción de proyectos MDL. La sección siguiente propone arreglos institucionales necesarios para el cumplimiento de estas tareas, teniendo en cuenta la legislación chilena relevante¹.

2.2 Evaluación de impactos ambientales y sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad ha sido adoptado en la legislación chilena en la Ley 19.300, donde el desarrollo sostenible es definido como "*el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras*". Esta ley establece diferentes procedimientos e instrumentos para proteger el medio ambiente, incluyendo una evaluación de impacto ambiental, una declaración de impacto ambiental (la cual es menos estricta que una evaluación de impacto ambiental), y procedimientos para evaluar la sostenibilidad de proyectos o actividades.

De acuerdo con la Ley 19.000, muchas actividades de proyecto MDL (tales como centrales de energía o proyectos de forestación) tienen que someterse a una evaluación o a una declaración de impacto ambiental. Sin embargo, para aquellos proyectos que actualmente no caen bajo la jurisdicción de esta ley, se recomienda que una evaluación o de una declaración de impacto ambiental sea hecha obligatoria, en los términos que se estipula en la Ley 19.300. Consecuentemente, el establecimiento de procedimientos separados para evaluar la sostenibilidad de un proyecto que no está cubierta por la Ley 19.300 podría así ser evitado, facilitado el proceso de aprobación del proyecto por la autoridad nacional designada.

2.3 Evaluación de acuerdo con las modalidades y procedimientos del MDL

Como parte de la aprobación de un proyectos MDL, la autoridad nacional designada debe evaluar el acuerdo con las modalidad y procedimientos del MDL. Tres aspectos de las modalidades y procedimientos del MDL son considerados ser particularmente importante para la credibilidad de los proyectos propuestos:

- 1 Debe seleccionarse una *metodología de línea base* apropiada y abordarse la adicionalidad de los proyectos en orden de asegurar que se reducen emisiones en comparación con aquellas que podrían resultar en ausencia del proyecto MDL. Se sugiere que la autoridad nacional designada verifique que la línea base es seleccionada de manera que es consistente con el entendimiento oficial que se tiene en el país sobre el comportamiento usual en materia de desarrollo e inversiones en nuevos proyectos. Para proyectos en el

¹ Decisiones sobre esta materia serán tomadas por el gobierno chileno.

sector energía, la Comisión Nacional de Energía (CNE) sería la autoridad responsable de esta verificación. Los proyectos en el sector transporte y los proyectos de forestación y reforestación estarían bajo la verificación de la Subsecretaría de Transporte y el Instituto para la Innovación Agraria (FIA), respectivamente;

- 2 Debería proveerse *información adecuada sobre la financiación del proyecto MDL*, para demostrar que la financiación de ellos no resulta en una disminución de la Ayuda Oficial al Desarrollo (ODA) proporcionada por los países Anexo I. En cuanto a este tema, se sugiere que la autoridad nacional designada conduzca un indagación oficial con las entidades equivalentes de todos los países Anexo I involucrados en los proyectos, si es el caso; y
- 3 Los *comentarios de los interesados* deben ser reunidos y tomados en cuenta. Como parte de la evaluación de impacto ambiental, la Ley 19.300 dispone de un adecuado procedimiento para la participación ciudadana. En el caso de una declaración de impacto ambiental, la autoridad nacional designada debería asegurar que la participación ciudadana ha tenido lugar y es similar a la de una evaluación de impacto ambiental.

2.4 Promoción del MDL

En Chile, aún existe un desconocimiento general sobre el MDL, y en particular con respecto a políticas de instrumento flexible para atender los problemas ambientales, razón por la que surge una clara necesidad de desarrollar actividades que construyan capacidad y difundan información. En general, el conocimiento sobre el MDL debería ser aumentado en el sector público y privado y difundido a través del país, en particular en lo que se refiere a:

- # Los resultados de los procesos de las negociaciones internacionales y las experiencias de la implementación del MDL en otros países, e.g. sobre las líneas bases y la adicionalidad;
- # El mercado internacional del carbón (precios del mercado, programas de inversión pública en el MDL, inversores privados); y
- # Posibles actividades de proyectos MDL en Chile, particularmente dirigidos al sector financiero, etc.

Con esta intención, se propone que la autoridad nacional designada desarrolle e implemente diferentes actividades para aumentar el conocimiento del MDL y facilite la implementación de proyectos CDM. Por ejemplo, el desarrollo de un sitio Web donde los interesados nacionales como también los inversores internacionales puedan obtener información relevante.

2.5 Arreglos institucionales para la autoridad nacional designada

Durante el desarrollo de una propuesta para los arreglos institucionales para la autoridad nacional designada, se tomaron en cuenta diferentes experiencias internacionales, e.g. provenientes de proyectos internacionales para reducir gases de efecto invernadero bajo la Convención (Actividades Implementadas Conjuntamente). Antes que nada, para los países No-Anexo I, el MDL es un instrumento que promueve el desarrollo sostenible y no es un instrumento para la regulación ambiental. Por lo tanto, deberían estar involucradas las instituciones nacionales a cargo de fomentar el desarrollo sostenible. Además, también es importante involucrar los grupos objetos del MDL, e.g. las asociaciones del comercio, en orden de facilitar su aceptación de este nuevo mecanismo. En tercer lugar, deberían utilizarse las capacidades gubernamentales existentes en orden de evitar la duplicidad de responsabilidades y la creación de una burocracia adicional.

Se propone la creación de un *Comité Nacional para el MDL*, conformado por representantes tanto del sector público como privado, cuya función sería la de conducir la política nacional sobre el MDL. Las instituciones que estarían representadas oficialmente en dicho Comité serían las siguientes:

- # Ministerio de Economía y Energía;
- # Ministerio de Planificación y Cooperación;
- # Ministerio de Agricultura;
- # Ministerio de Relaciones Exteriores;
- # Comisión Nacional del Medio Ambiente;
- # Comisión Nacional de Energía;
- # Subsecretaría de Transporte;
- # Confederación de la Producción y Comercio;
- # Sociedad de Fomento Fabril;
- # Corporación de la Madera;
- # Comisión Chilena del Cobre;
- # Confederación Nacional Unida de la Mediana y la Pequeña Empresa;
- # Asociación de Industrias Metalúrgicas Metalmeccánicas; y
- # Asociación de Exportadores de Productos Manufacturados no Tradicionales.

El Comité Nacional para el MDL sería apoyado por una Secretaría, dotada por el mínimo personal requerido para el cumplimiento de sus funciones, que podría consistir de un director(a), de un asistente al director(a), de un especialista en computación y un secretario(a). La Secretaría colaboraría con todas las instituciones involucradas en el proceso de aprobación de los proyectos MDL (la Comisión Nacional del Medio Ambiente, la Comisión Nacional de Energía, la Subsecretaría de Transporte y el Instituto para la Innovación Agraria).

3 Inversiones y riesgos en Chile

La economía en Chile es considerada como una economía de libre mercado que depende significativamente de un mercado que está abierto a la inversión internacional, con un Estado cuyo principal propósito, en esta materia, es la asignación de recursos y supervisar las regulaciones y compensaciones. En los últimos 20 años se promovieron las inversiones extranjeras, el mercado fue liberalizando, y las compañías Estatales, anteriormente bajo control gubernamental, fueron privatizadas. El crecimiento económico es sostenido, la inflación está bajo control, los fondos públicos muestran un excedente y la deuda externa estatal es hoy más baja que en años previos. A pesar de la desaceleración de la economía mundial, la crisis en Argentina y la baja en los precios del cobre, la economía chilena presenta la mayor tasa de crecimiento de todos los mercados de América Latina. Con el fin de generar y fortalecer las perspectivas del crecimiento económico en el mediano y largo plazo, las autoridades chilenas han progresado en aprobar ciertas reformas estructurales, tales como las reformas del capital y el mercado laboral. Asimismo, Chile está negociando con los Estados Unidos por el establecimiento de una zona de libre comercio y con la Unión Europea con el fin de establecer una estructura para oportunidades de cooperación económica y comercial.

Las agencias de evaluación internacional, no sólo toman nota de la posición privilegiada que presenta Chile entre las naciones Latinoamericanas, sino que, también, consideran a Chile favorablemente entre los otros mercados emergentes. De acuerdo con el índice de Transparencia Internacional, desde el año 2000 Chile es en América Latina el país con los más bajos niveles de corrupción. Además, en un documento de la Price Waterhouse Cooper, Chile

es reconocido por ser el segundo país más transparente para hacer negocios – un honor que comparte con los EE.UU.

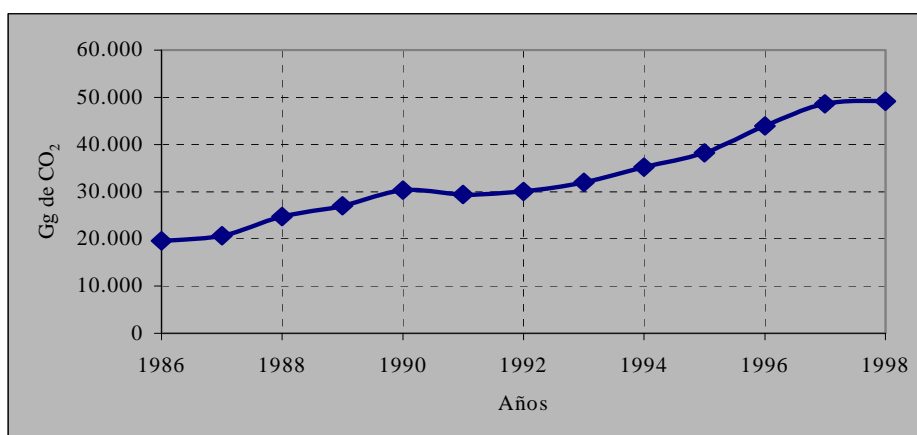
Todo esto muestra que Chile es un país atractivo para la inversión extranjera. En efecto, la inversión extranjera en Chile proviene desde 64 países y existen dos modalidades para hacerlo². La primera es el Estatuto de la Inversión Extranjera, conocido como el Decreto Ley 600 (D.L. 600). En este caso la relación se establece por un contrato entre el Estado de Chile y el inversionista extranjero, el que contiene normas generales aplicables a una inversión en particular. La inversión mínima aceptada por Chile es de un millón de US\$. La segunda alternativa es el Artículo 47 de la Ley Orgánica Constitucional del Banco Central de Chile (conocida como Capítulo XIV del Compendio de Normas sobre Cambios Internacionales), el cual permite la afluencia de capital en la forma de moneda extranjera y operaciones flexibles sin la necesidad de suscribir un contrato con el Estado.

4 Tendencias de las emisiones de gases efecto invernadero y sus proyecciones en Chile

4.1 Tendencia de las emisiones de gases efecto invernadero

Como en muchos otros países, en Chile el CO₂ es el más importante gas de efecto invernadero. La figura 1 muestra la evolución de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía durante el periodo 1986-1998 (sin emisiones o remociones desde el cambio de uso del suelo y la silvicultura). La figura muestra que las emisiones han crecido rápidamente, de 20.000.000 de toneladas de CO₂ en 1985 a 50.000.000 de toneladas en 1998, principalmente debido a la alta tasa de crecimiento de la economía y la demanda de energía durante este mismo periodo. Las emisiones *per capita* de Chile el año 1998 fueron de 3.61 toneladas de CO₂, la cual está sobre el promedio para América Latina (2.15 en 1998), pero es significativamente menor con respecto a las de los países de la OECD (10.92 en 1998).

Figura 1: Evolución de las emisiones de CO₂ relacionada con la energía (Gg/año)



Fuente: PRIEN, "Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Energía, Procesos industriales y uso de solventes. Chile 1986-1998. Informe elaborado para CONAMA, Santiago, diciembre 2000.

² En el sitio de la web www.foreigninvestments.cl los inversores extranjeros pueden encontrar información relevante sobre las inversiones hechas en Chile.

La tabla 1 ilustra la emisión de gases efecto invernadero por sector en 1994. La tabla muestra que la combustión de combustible es la fuente más importante de emisiones de gas efecto invernadero, debido a las altas emisiones en el transporte vial, la industria manufacturera y construcción, y las industrias de la energía. El sector agricultura en Chile también es una fuente importante de emisiones de metano y óxido nítrico, contribuyendo con tantas emisiones de gases efecto invernadero como el transporte vial, en tanto, las emisiones de metano y óxido nítrico desde el sector energía juegan un papel menor. Sin embargo, importantes cantidades de CO₂ son capturadas a través de un cambio neto del stock de carbón almacenado en la biomasa. Como consecuencia del abandono de la gestión de suelos, alrededor de 50 millones de toneladas de CO₂ son removidas anualmente, lo que resulta en una captura neta de 28 millones de toneladas de CO₂ equivalente en el sector cambio de uso del suelo y forestal.

Tabla 1: Emisiones de gases efecto invernadero en Chile el año 1994 (Gg)

	GHG (CO ₂ -eq.)	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NMVOC	SO ₂
Combustion de combustible	36,455	35,227	33	2	885	162	134	146
Fuentes fijas	23,217	22,341	31	1	505	80	60	140
Energy industries	8,475	8,440	0	0	3	26	1	59
Industria manuf. y const.	9,351	9,255	2	0	33	39	3	49
Comercial, institucional y residencial	4,781	4,050	29	0	465	15	56	28
Agricultura / forestal / pesquería	611	596	1	0	5	1	1	5
Fuentes móviles	13,241	12,887	2	1	380	82	75	6
Aviacion	902	902	0	0	7	4	0	0
Transporte vial	11,030	10,680	2	1	368	48	73	4
Ferrocarril	44	44	0	0	0	1	0	0
Navigacion	1,071	1,069	0	0	3	25	1	2
Agricultura / forestal / pesquería	191	191	0	0	2	4	1	0
Emisiones Fugitivas	855		41		1	0	13	7
Procesos Industriales	2,162	1,870	2	1	11	4	78	1,815
Cobre	0							1,775
Cemento	1,021	1,021						1
Asfalto	0				0		46	
Vidrio	0						0	
Productos químicos	292		2	1		1	1	25
Acero y hierro	812	812			1	0	0	2
Ferroaliación	37	37						
Pulpa y papel	0				10	3	7	13
Alimentos y bebidas	0						25	
Solventes	0						28	
Agricultura	10,144		169	21				
Manejo de desechos	1,138		44	1				
TOTAL (sin LULUCF)	49,900	37,097	248	24	896	165	241	1,961
Cambio de uso del suelo y forestal (LULUCF)	-28,238	-29,709	58	1				
Manejo forestal	-1,900	-1,900	0	0				
Conversion del bosque nativo en agricultura Suelos y prados	2,694	2,630	3	0				
Conversion de bosque nativo en Bosque comercial	5,551	5,452	4	0				
Extracción de árboles desde Bosques nativos	7,014	6,917	4	0				
Abandono of suelo manejado	-50,917	-50,917	0	0				
Combustion de residuos forestales ⁽²⁾	18,711	17,940	31	0				
Bosques incendiados	8,297	7,856	17	0				
Urbanización	252	252	0	0				
TOTAL (sin LULUCF)	21,662	7,388	306	25				

Fuente: PRIEN, "Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes", Informe Final para la Comisión Nacional Medio Ambiente (CONAMA), enero, 1999.

Notes: (1) El CO₂ total no incluye emisiones provenientes desde la biomasa.
(2) Las emisiones de CO₂ por combustión de residuos forestales no son contabilizadas, se asume que la biomasa es regenerada dentro de un año.

4.2 Proyecciones de las emisiones de gases efecto invernadero

Las emisiones de gases efecto invernadero en Chile se proyectaron en dos escenarios. Un escenario de línea base sin políticas ni medidas para reducir las emisiones de gases efecto invernadero, y otro escenario de mitigación de gases efecto invernadero que considera políticas y medidas conducentes a reducir este tipo de emisiones. En el escenario de mitigación, el sistema también consideró medidas que son económicamente atractivas para los usuarios finales, pero que actualmente no están implementadas debido a las barreras que existen en el mercado. En el sector energía, en ambos escenarios se asume que la grilla de Chile no está conectada con la grilla de Argentina. La tabla 2 resume el resultado de la estimación de emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en los escenarios de línea base y de mitigación.

Tabla 2: Proyección de las emisiones de CO₂ en Chile relacionadas con la energía, escenarios de línea base y mitigación (en Gg de CO₂)

	1994	2000	2005	2010	2015	2020
Escenario base	35.022	54.390	62.842	77.733	89.044	101.743
Escenario de mitigación	35.022	54.241	60.697	72.465	79.698	86.372
Reducción de emisiones	0	149	2.145	5.268	9.346	15.371

Fuente: PRIEN, "Mitigación de gases de efecto invernadero. Chile, 1994-2020", informe realizado para CONAMA, Santiago, 1999.

En el sector LULUCF, las importaciones agrícolas tienen una influencia significativa en las emisiones de gases efecto invernadero. Por ello, fueron considerados dos escenarios diferentes con tasas de importación del 30 % y 50 % respectivamente. La tabla siguiente muestra una importante remoción neta de gases efecto invernadero en los años 1994 y 2020, principalmente debido al abandono de gestión de suelos. Sin embargo, la tasa neta de remoción de gases efecto invernadero se estimó entre 6.4 y 9 % menor para el año 2020 en comparación con los totales del año 1994. Las menores importaciones en la agricultura, el año 2020, incrementarían las emisiones de gases efecto invernadero principalmente debido a la reducción del área total de bosque nativo.

Table 3: Emisión de gases efecto invernadero desde las actividades LULUCF en los años 1994 y 2020 de acuerdo en el escenario “negocios- como- usual” (Gg CO₂ e)

Actividad	Emisiones en 1994	Emisiones proyectadas en 2020 (30% importaciones)	Cambio relativo con respecto a 1994	Emisiones proyectadas en 2020 (50% importaciones)	Cambio relativo con respecto a 1994
Manejo forestal	-1,900	-3,297	73.5%	-3,297	73.5%
Conversión de bosque nativo en suelo agrícola y praderas	2,694	2,256	-16.2%	2,051	-23.9%
Conversión de bosque nativo en bosque comercial	5,551	3,190	-42.5%	2,901	-47.7%
Extracción de árboles desde bosque nativo	7,014	4,430	-36.8%	4,430	-36.8%
Abandono en el manejo del suelo	-50,917	-46,778	-8.1%	-47,124	-7.4%
Combustión de residuos forestales	771	853	10.6%	864	12.1%
Incendios forestales	8,297	4,945	-40.4%	4,991	-39.8%
Urbanización	252	43	-82.9%	43	-82.9%
Total	-28,238	-34,361	21.7%	-35,154	24.5%

Fuente: Primer Comunicación Nacional de Chile para la CMCC (CONAMA 1999)

En el escenario de mitigación se tomaron en consideraron diferentes medidas para disminuir las emisiones o incrementar las remociones de gases efecto invernadero:

- Ø Programas educacionales regulares y de capacitación conducentes a generar cambios positivos en la valoración de la sociedad hacia el patrimonio ambiental,
- Ø Acciones tendientes a preservar el carbono almacenado en formaciones vegetales;
- Ø Medidas para reducir las emisiones directas de CO₂ provenientes de incendios, quema de biomasa y la habilitación de tierras;
- Ø Aumentar la captura de CO₂ a través de la forestación de tierras áridas y semiáridas, forestación y/o reforestación de tierras en proceso de desertificación y/o tierras erosionadas, la recuperación de praderas degradadas, y el aumento de la densidad arbórea urbana;
- Ø Aumentar la oferta de biomasa mediante el incremento de plantaciones forestales y el aprovechamiento de los desechos forestales;
- Ø Disminución del uso de combustibles fósiles y de agroquímicos sintéticos, a través de un mejor uso de residuos orgánicos por medio de un mayor reciclaje, la sustitución de pesticidas, y el incremento en el cultivo de leguminosas; y
- Ø Acciones tendientes a reducir las emisiones de metano mediante el aumento del tratamiento aeróbico de las aguas servidas, y la oxidación aeróbica de residuos sólidos domiciliarios de carácter orgánico.

Tabla 4: Emisión de gases efecto invernadero desde las actividades LULUCF en los años 1994 y 2020 de acuerdo con el escenario de mitigación (Gg CO₂ e)

Actividad	Emisiones en 1994	Emisiones proyectadas en 2020 (30% importaciones)	Cambio relativo con respecto a 1994	Emisiones proyectadas en 2020 (50% importaciones)	Cambio relativo con respecto a 1994
Gestión forestal	-1,900	-3,297	73.5%	-3,297	73.5%
Conversión de bosque nativo en Suelo agrícola y praderas	2,694	2,256	-16.2%	2,051	-23.9%
Conversión de bosque nativo En bosques comerciales	5,551	3,190	-42.5%	2,901	-47.7%
Extracción de árboles desde bosques nativos	7,014	4,430	-36.8%	4,430	-36.8%
Abandono de la gestión del suelo	-50,917	-46,778	-8.1%	-47,124	-7.4%
Combustión de residuos forestales	771	853	10.6%	864	12.1%
Incendios forestales	8,297	4,945	-40.4%	4,991	-39.8%
Urbanización	252	43	-82.9%	43	-82.9%
Total	-28,238	-34,361	21.7%	-35,154	24.5%

Fuente: Primer Comunicado Nacional de Chile para la CMCC (CONAMA 1999)

Los resultados del escenario de mitigación en el sector LULUCF son resumidas en la tabla 4. En comparación con el escenario "negocios -como- usual", la remoción neta anual de las emisiones de gases de efecto invernadero el año 2020 es aproximadamente de 1/3, o 8.7 millones de toneladas de CO₂, mayor en el escenario mitigado. Asimismo, la remoción de gases efecto invernadero también aumenta entre un 22 % y un 25 % con respecto al año 1994. Las medidas propuestas para mitigar el cambio climático no impactarían las áreas de superficies cultivadas, pero involucrarían una expansión significativa de las áreas con especies forestales (cerca de un 20 %), lo que básicamente ocurriría a las expensas de áreas superficiales con vegetación natural tales como praderas y matorrales. Adicionalmente, existiría una mejor preservación del bosques nativos.

La principal diferencia entre ambos escenarios, que asumen una tasa de importaciones agrícolas del 30 % y del 50 % respectivamente, se encuentra en la menor habilitación de terrenos para cultivar cereales, lo cual involucraría una menor presión sobre el bosque nativo y de la restante vegetación nativa, con un menor cambio de uso hacia terrenos de cultivo agrícola y plantaciones forestales.

5 Potencial y beneficios de la mitigación de gases efecto invernadero en el sector energía en Chile

5.1 El sector energía

El crecimiento acelerado de la economía nacional durante los últimos años se ha traducido en una extraordinaria expansión de la demanda de energía primaria. En efecto, entre 1986 y 2000 la demanda de derivados del petróleo creció a una tasa promedio anual de 5,9 % y la demanda de electricidad en un 8,2 %. Se prevé que la demanda de energía mantendrá la dinámica de los últimos años debido a la elevada tasa de crecimiento del parque de vehículos automotores, el desarrollo industrial, y el proceso de electrificación residencial y comercial. Sin embargo, la intensidad energética muestra una cierta tendencia a la baja como resultado de la relativa disminución en el consumo de leña (disminuye desde un 25 % a un 20 % del consumo total de energía), y a la mayor electrificación. La tabla 5, ilustra el desarrollo del sector energía desde el año 1986 hasta el año 2000.

Tabla 5: Evolución del PIB, consumo de energía, consumo de electricidad, intensidad energética y eléctrica

Años	PIB (miles de millones \$ ₁₉₈₆)	Consumo final de energía (TJoules)	Consumo final de electricidad (TJoules)	Intensidad energética (kJ/\$ ₁₉₈₆)	Intensidad eléctrica (kJ/\$ ₁₉₈₆)
1986	3.140	345.065	43.693	110	14
1990	4.484	437.266	55.559	98	12
1996	7.305	657.204	96.774	90	13
2000	8.493	788.738	131.775	93	16

Fuentes: Boletín del Banco Central y Balance de Energía de la Comisión Nacional de Energía.

Nota: Cifras provisorias para el PIB del año 2000.

Los consumos de energía de los balances de energía están expresados en PCS, para ser compatibles con la metodología del IPCC se utilizó el PCI para los combustibles.

Las fuentes de energía utilizadas en Chile, el año 2000, se distribuyen de la siguiente manera: 41 % petróleo, 23 % gas natural, 6 % hidroelectricidad, 17 % leña y 13 % carbón. A su vez, el consumo total de energía está distribuido por sectores de la forma siguiente: 24 % para el sector transporte, 26 % para la industria y la minería, 19 % para los sectores residenciales, comerciales y públicos y el 31 % en consumos propios y pérdidas de los centros de transformación.

En el país existen cuatro sistemas eléctricos diferentes: el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), el Sistema Interconectado Central (SIC), el Sistema Eléctrico de Aysén, y el Sistema Eléctrico de Magallanes. Adicionalmente existen varios centros aislados de generación (autoprodutores), que en conjunto reúnen una potencia instalada de alrededor del 5,8 % del total nacional. El Sistema Interconectado Central (SIC) es el más importante de la grilla de electricidad, abasteciendo aproximadamente el 93 % de la población y representa aproximadamente el 64 % del parque generador disponible en el país; de esta generación un 62,2 % es hidroeléctrico. En contraste, el SING está estructurado por plantas que utilizan gas y carbón y es en consecuencia importante en la emisión de gases efecto invernadero. El SIC y el SING producen alrededor de 7 millones de toneladas de CO₂ anuales. En cuanto al tamaño de la demanda, los consumidores más importantes son el sector industrial y minero que consumen alrededor del 67 % de la electricidad generada.

Chile produce e importa carbón, petróleo y gas natural. Recientemente, los proyectos en curso han tenido que importar importantes cantidades de gas natural desde Argentina, el cual es quemado por plantas de generación de ciclo combinado en sitios industriales y también en el sector residencial. La importación del gas natural se inició en 1997. Hoy, las diferentes plantas de ciclo combinado son abastecidas por 5 gasoductos.

5.2 Beneficios ambientales complementarios

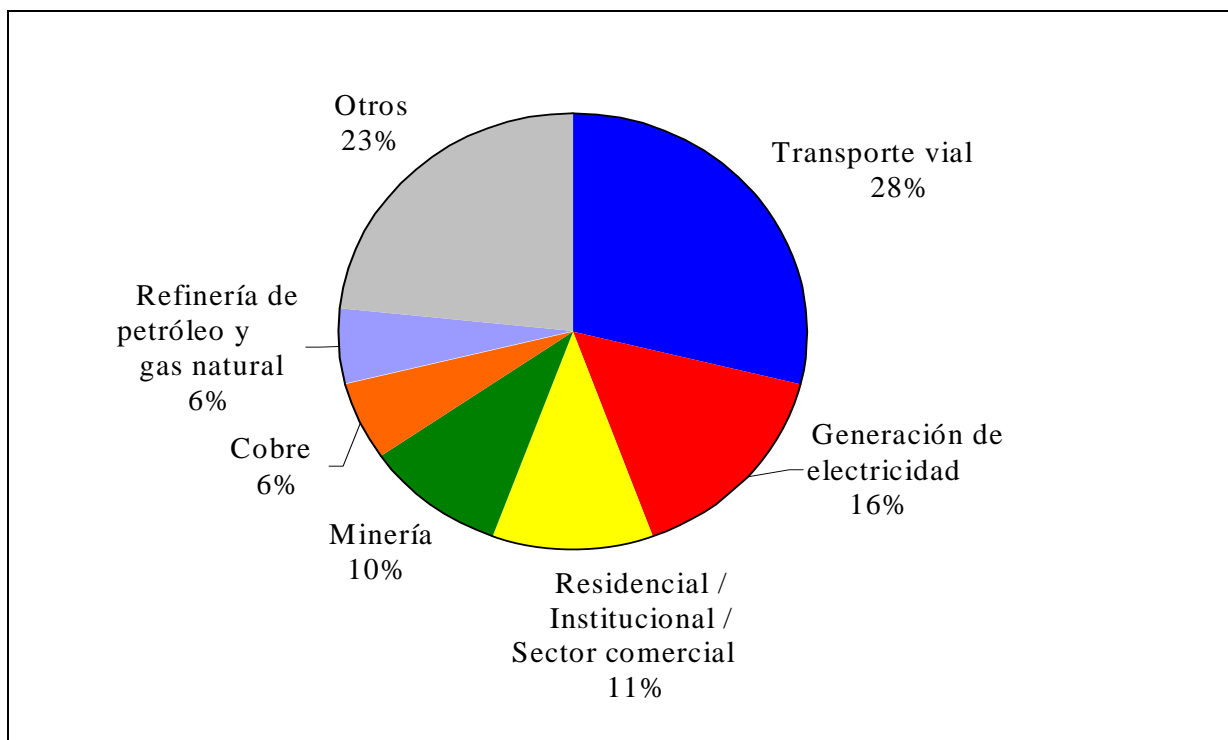
A diferencia del sector forestal, donde los impactos socioeconómicos son relevantes, en el sector energía la política de mitigación tendrá fundamentalmente impactos positivos en la contaminación atmosférica.

En efecto, la sustitución de fuentes energéticas – reemplazo de petróleo por gas natural o el desarrollo de la generación hidroeléctricas desplazando la generación a carbón o a gas natural-, el uso eficiente de la energía o la introducción de fuentes renovables en vez de las opciones convencionales, implicaría no sólo reducir las emisiones de gases efecto invernadero sino que, además, de material particulado, anhídrido sulfuroso y óxidos de nitrógeno. Las emisiones de estos últimos contaminantes afecta la salud de las personas y contribuye a la lluvia ácida.

5.3 Áreas de interés para el desarrollo de proyectos MDL

En Chile, existen diferentes subsectores que emergen como particularmente prometedores para proyectos MDL. Un punto de partida para la identificación de áreas de interés para proyectos MDL es la contribución de emisiones de gases efecto invernadero de los diferentes subsectores, como se ilustra en la figura 2.

Figure 2: Emisiones absolutas y relativas de CO₂ por sector en el año 1994



Fuente: PRIEN, "Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Energía, Procesos Industriales y uso de solventes. Chile 1986-1998. Informe elaborado para CONAMA, Santiago, diciembre 2000.

5.3.1 Transporte vial

La figura 2, muestra que el transporte vial es la fuente más importante de emisión de CO₂ en Chile, representando el 28 % del total de las emisiones de CO₂. En consecuencia, se podrían desarrollar en este subsector las principales medidas de mitigación.

La Región Metropolitana de Santiago (RM) sufre los efectos de una contaminación atmosférica severa, de la cual es responsable, en parte importante, el transporte público privado. Como resultado de esta situación a partir del inicio de los 90's el gobierno a nivel regional han destinado importantes esfuerzos para reducir la contaminación atmosférica. Desde 1997, como resultado de la evaluación del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), está siendo considerado un nuevo plan de descontaminación de la Región Metropolitana de Santiago para el periodo 2001-2010. En el sector transporte, entre otras medidas, se prevé que serían retirados 2.700 microbuses por su alto nivel de emisiones contaminantes, se emplearían diesel de alta calidad (50 ppm de azufre) en 5.000 microbuses que serían introducidos el año 2004, y que se incorporarían 1.000 microbuses de baja emisión.

Un posible proyecto MDL, o programa, podría contemplar que en vez de introducir 1.000 microbuses nuevos a petróleo diesel, hacerlo con tecnología basada en gas natural. Si bien esto podría ser una opción interesante, los antecedentes disponibles parecieran indicar que la reducción de emisiones de gases efecto invernadero no serían significativas y que un proyecto de este tipo se justificaría por la mitigación de otros contaminantes atmosféricos, tales como el material particulado y los óxidos de azufre.

Otra opción podría ser la introducción de buses eléctricos, o en el futuro buses con celdas electrolíticas, en reemplazo de los buses diesel. Las emisiones de gases efecto invernadero podría ser reducida significativamente, teniendo en cuenta que la electricidad es ampliamente producida por plantas hidroeléctricas en Chile.

5.3.2 Generación de electricidad

La generación de electricidad es la segunda fuente de gases efecto invernadero más importante en Chile. Medidas importantes de mitigación incluyen el reemplazo de plantas de energía, mejorar la eficiencia energética en las plantas que consumen carbón y las hidroeléctricas, la expansión de la cogeneración, y el uso de fuentes renovables de energía.

En términos generales, la generación de potencia térmica en Chile está caracterizada por la reciente introducción de plantas de energía de ciclo combinado muy eficientes, alimentada con gas natural. Por lo tanto, no se esperan mejoras en esta área, aunque esto no presupone el reemplazo total de las plantas alimentadas por carbón, particularmente en la zona del SING, debido a demandas que tienen que ver con la estabilidad del sistemas. En las plantas alimentadas con carbón existe un importante potencial para mejorar la eficiencia energética debido a que algunas plantas actualmente tienen una eficiencia relativamente baja, entre el 30 % y el 35 %. Consecuentemente, el mejoramiento de la eficiencia energética o el reemplazo de las plantas alimentadas con carbón podrían convertirse en prometedores proyectos MDL.

En el caso de la generación hidroeléctrica, actualmente están operando en el SIC algunas unidades muy viejas con un rendimiento relativamente bajo por el deterioro de las paletas de sus turbinas. El reemplazo de las turbinas incrementaría la eficiencia energética y podría reemplazar generación eléctrica originada en otros lugares por medio de plantas alimentadas por combustible fósiles.

La reciente incorporación de gas natural debería favorecer la expansión de la cogeneración en el país, la cual se encuentra restringida a la producción de celulosa y algunas otras industrias. Se evalúa que en instalaciones hospitalarias, comerciales e industriales de tamaño medio habría un potencial que, de acuerdo a estimaciones conservadoras, podrían alcanzar una capacidad de 240 y 340 MW para los años 2010 y 2020, respectivamente.

Chile no registra una política que promueva fuertemente el uso de las energías renovables, lo que unido a los bajos costos de generación y la elevada cobertura de los sistemas centralizados, no deja espacio para el importante desarrollo de las energías renovables, salvo en las zonas rurales aisladas. En Chile la energía eólica y geotérmica surgen como las opciones más prometedoras de fuentes de energía renovables. Una planta de eólica con capacidad de 2 MW está ya en operación y se planea un parque eólico como un proyecto MDL. Proyectos geotérmicos de 1.000 MW han sido identificados tanto en el norte como en el centro del país.

5.3.3 Los sectores industrial y minero

Del total de emisiones de CO₂ los subsectores que más aportan en la generación de emisiones son el Cobre, la Celulosa y la Pequeña y Mediana Industrias y Minera. En el caso de la celulosa y la Pequeña y Mediana Industrias y Minera, el consumo de biomasa es particularmente relevante. Los posibles proyectos MDL consideran:

- ⚡ Mejorar la eficiencia en el consumo de electricidad, particularmente en motores y en líneas de distribución interna y, posiblemente, con respecto al uso de celdas electrolíticas. Los motores eléctricos de alta eficiencia serían en muchos casos una opción rentable para los usuarios industriales, pero a menudo no son usadas debido a diferentes barreras. La introducción masiva de los motores de alta eficiencia podría ser promovida a través de un programa MDL, el cual podría a su vez financiar el costo diferencial de adquirir un motor de alta eficiencia energética respecto a uno estándar. El programa MDL podría incluir el reemplazo de los motores ineficientes existentes con la introducción de motores nuevos más eficientes.
- ⚡ Mejorar la eficiencia de los procesos de combustión en calderas u hornos, el transporte de vapor, el uso del calor, y el cambio a gas natural en instalaciones de las industrias y las mineras. Del orden de los 3.6 millones de toneladas de CO₂ son emitidos, de acuerdo con el inventario de emisiones de gases efecto invernadero del año 1994, por la pequeña y mediana empresa, lo que sugiere un uso probablemente muy ineficiente de la energía. Se estima que un programa destinado a introducir tecnología automatizada en el control de la combustión, reemplazo de quemadores, aislamiento de tuberías que transportan vapor y condensados, también como la introducción de mecanismos de reducción de costos, permitiría reducir en forma importante las emisiones de CO₂.
- ⚡ El incremento de la tasa de penetración del gas natural en el sector industrial. Un programa MDL consistiría en financiar la conexión a la red de gas de industrias cuyo abastecimiento actual no es atractivo para las empresas gasíferas. El financiamiento complementario otorgado por el MDL podría modificar en forma positiva la rentabilidad del negocio.

Aunque los sectores industrial y minero son los más sensibles por la fluctuación de los precios, ambos sectores presentan bajas inversiones con respecto a la eficiencia energética por razones similares a aquellas de otros sectores industriales. Barreras significativas incluyen la falta de conciencia y de conocimiento sobre las opciones de mitigación al interior de las compañías, además del hecho que en muchas compañías el costo por energía representa un porcentaje reducido de los gastos, lo que no constituye un incentivo para identificar medios que ahorren en consumo de energía.

5.3.4 Los sectores residencial, comercial y público

Los sectores residencial, comercial e industrial son responsables del 11 % del total de los gases efecto invernadero en Chile. Medidas posibles para reducir estas emisiones incluye la

introducción de sistemas de refrigeración eficiente, mejoras en la eficiencia de la iluminación, la introducción de artefactos más eficientes (por ejemplo maquinas de lavar en el sector residencial), mejoras en la calidad térmica de las construcciones y la conversión de equipos domésticos al uso del gas (calentadores de agua, cocinas y calefactores).

Tales mejoras en la eficiencia energética con base en la demanda podría conducirse como parte de grandes programas MDL que promueva conductas de consumo más eficientes a través de diferentes incentivos. Por ejemplo, los programas MDL podrían cubrir parte de los costos adicionales por la adquisición de equipos más eficientes o promover otros métodos que puedan contribuir a la superación de barreras significativas que permitan un uso más eficientes de la energía en este sector. Una barrera específica en este sector es que los compradores de los equipos a menudo no son los usuarios finales de ellos, quienes son los que al final tiene que pagar los costos relacionados con el consumo de energía. En el caso de las viviendas, por ejemplo, los constructores de departamentos a menudo no los habitan y - en el caso de los arrendamientos- porque los futuros ocupantes de los departamentos no participan del diseño de éste. Además, los diseñadores de los departamentos y los arquitectos tratan de conservar los costos de construcción bajos por razones de mercado, lo que a su vez afecta la calidad de características tal como la calidad térmica del departamento, lo que no puede ser detectado por los futuros usuarios.

Adicionalmente, los consumidores tienden a adquirir los artefactos que tienen menor costo inicial, sin considerar los gastos de operación y mantención a lo largo de la vida útil del equipo. Del mismo modo, la eficiencia energética es equivocadamente asociada con la falta de confort. Otro problema es el reducido ingreso de un alto porcentaje de la población, lo cual le impide adquirir equipos de mayor costo inicial o reemplazar equipos de elevados costos operacionales. Los consumidores también carecen de información creíble sobre los costo reales, el rendimiento y la vida útil de los equipos convencionales y los de eficiencia energética. Otros problemas son la falta de un adecuado suministro de equipos de eficiencia energética y la baja rotación de los artefactos domésticos.

6 Potencial y beneficios de la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector forestal

6.1 Sector forestal chileno

Chile se caracteriza por ser una larga y angosta faja de tierra, localizada entre la Cordillera de los Andes y el Océano Pacífico, con una extensión aproximada de 4.000 kilómetros y un ancho que varía de entre 90 y 400 km. El clima es extremadamente variable, se presentan condiciones muy áridas en el extremo norte, condiciones semiáridas y subhúmedas en el centro, y húmedas a muy húmedas en el sur.

Estas características fisiográficas y climáticas se traducen en la existencia de amplias zonas desprovistas de vegetación, o cuyo uso es sólo marginal para propósitos agrícolas. Las categorías más importantes de uso de la tierra incluyen áreas carentes de vegetación (que representan el 32,7 %), praderas y matorrales (27,4 %) y bosques (20,5 %), la mayoría de los cuales son bosques nativos. Diferentes niveles de erosión del suelo afectan alrededor del 45 % del territorio.

6.1.1 Bosques nativos

Durante el siglo 19th y hasta la década de los 70, los bosques nativos en Chile fueron objeto de grandes incendios y otras formas de destrucción para habilitar los suelos para la agricultura y la

ganadería. Extensas áreas del país cambiaron de uso de la tierra, pasando desde bosques a terrenos de uso agropecuario, a pesar de que gran parte de estos suelos tenían serias limitaciones para este último tipo de cultivo. Esta situación se ha traducido en una fuerte disminución de la superficie cubierta con bosque nativo, y la existencia de grandes extensiones de escasa o nula vegetación sujeta a graves procesos de erosión, degradación y desertificación. En la década de los 70, se inició un proceso de control de la destrucción de la vegetación nativa. Hoy, la mayoría de los suelos cubiertos de bosques nativos se encuentran en las regiones del sur del país.

6.1.2 Bosques plantados

Debido a la severa erosión y degradación, el gobierno chileno ha adoptado incentivos financieros para promover la forestación de estos tipos de terrenos. Como resultado en los últimos 30 años, grandes áreas (alrededor de 2 millones de ha.) han sido plantadas y replantadas con especies introducidas, principalmente pino radiata (*Pinus radiata*) y diversas especies de eucaliptus.

6.1.3 Consumo de madera como combustible y materia prima industrial

En Chile, la madera también es importante como combustible para la provisión de energía y materia prima industrial. El consumo de leña para combustión se estima del orden de los 11.3 millones de m³ por año, de los cuales aproximadamente 2/3 se obtienen desde bosques y matorrales nativos.

El consumo total de madera en procesos industriales fue de más de 24.4 millones de m³ por año, muchos de los cuales derivaron de bosques plantados (alrededor del 94 %). De esta forma, aunque los bosques nativos constituyen el 85 % del recurso forestal chileno, los bosques plantados conforman la principal fuente de abastecimiento de la materia prima de la industria forestal. Además, el consumo de madera para usos industriales se ha multiplicado en 7 veces en el periodo 1975-2000, comparado con el consumo de leña que sólo se ha multiplicado 3 veces en el mismo tiempo.

6.1.4 Producción forestal industrial

Chile ha sido un país productor de madera aserrada desde principios del siglo 20, tomando ventaja principalmente de su bosque nativo. Posteriormente, a partir de los años 50, se incorporó la producción de pulpa, papeles y cartones, tableros y chapas, y en los años 90 la producción masiva de astillas de madera. Al igual que el consumo industrial de madera, el 94 % de la producción corresponde a especies exóticas provenientes de bosques plantados, principalmente pino radiata, y sólo el 6 % de la producción se obtiene del bosque nativo.

6.1.5 El sector forestal en la economía chilena

La estrategia de liberalización del mercado iniciada a mediados de la década del 70, más la adopción de políticas que fomentan la actividad forestal, posibilitaron que desde 1980 el sector forestal chileno haya aumentado progresivamente su contribución al desarrollo de la economía nacional. En el año 2000, la participación del sector forestal en el producto interno bruto (PIB) fue del orden del 2,7, mientras que la producción industrial nacional fue de casi el 7 %. La producción de pulpa y papel es la actividad más importante (alrededor del 53 %), seguida por las industrias de madera aserrada, de tableros, y la de paneles (con el 37 %). El sector forestal ha orientado principalmente su desarrollo hacia las exportaciones, ocupando el segundo lugar con un 13 %, después del sector minero.

6.2 Criterios para la identificación de proyectos de forestación y áreas de interés para el desarrollo de proyectos MDL en Chile

Con base en los principios que rigen las actividades LULUCF en el Protocolo de Kyoto y la legislación forestal chilena, considerando los criterios nacionales de desarrollo sostenible, se realizó una identificación preliminar de los criterios prioritarios para formular proyectos de forestación en Chile y determinar su elegibilidad en el MDL:

- ## *Criterio ambiental:* Este incluye la recuperación de suelos erosionados, degradados y en proceso de desertificación, con escasa o sin cobertura vegetal leñosa actual, protección de fuentes y cursos de agua, utilizar especies forestales adaptadas y asilvestradas en el país que no representen incertidumbres medio ambientales, y evitar en todos los casos la sustitución de bosque nativo;
- ## *Criterio social:* Este incluye aliviar la pobreza rural mediante actividades que aumenten el empleo y la capacitación laboral, mejorar las condiciones de vida de los pequeños y

medianos propietarios para prevenir la migración rural, y mejorar las condiciones de vida de familias y comunidades indígenas; y

Criterio económico: Este incluye el uso de especies con valor económico para respaldar los ingresos de la población local en el corto plazo, mejorar la situación económica de vida de los pequeños y medianos propietarios, hacer uso de los incentivos forestales del Estado para mejorar la rentabilidad e incorporar el mayor número posible de propietarios en orden de aprovechar la institucionalidad pública y privada existente, especialmente la experiencia y estructura de CONAF y de las empresa forestales para reducir costos de organización, ejecución y administración de los proyectos.

6.3 Identificación de tipos de proyectos para el MDL

Sobre la base de estos criterios sostenibles, se han identificado tres tipos de proyectos de forestación para el MDL en Chile;

- 1 *Forestación en Pequeñas Propiedades y/o Comunidades Indígenas* a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF);
- 2 *Forestación Asociativa* mediante convenios en mediería o diverso grado de participación entre pequeños propietarios y empresas forestales; y
- 3 *Forestación en Suelos Degradados* destinados a recuperar suelos erosionados, degradados o en procesos de desertificación, los que pueden realizarse en cualquier tipo y tamaño de propiedades rurales.

6.3.1 Forestación de Pequeñas Propiedades

A partir de 1990, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) ha desarrollado diversos programas destinados a fomentar la forestación de los suelos erosionados y degradados existentes en las propiedades agrícolas, con el fin de recuperar este tipo de suelos y mejorar las condiciones de vida de la población rural. Sin embargo, la participación de los pequeños propietarios puede verse dificultada por varias razones (ver sección 6.5). Una consecuencia ha sido la escasa participación de los pequeños propietarios en las actividades de forestación. La categoría de proyectos MDL propuesta tiene el propósito de ayudar a superar estas barreras.

Este tipo de proyecto de forestación ha sido seleccionados como uno de los más importantes, debido a sus directos y positivos impactos al desarrollo sostenible en Chile. Los proyectos MDL en esta área, *inter alia*, podrían reducir la migración rural, mitigar la pobreza urbana, mejorar el ingreso y las condiciones de vida del país, incrementar el valor de las pequeñas propiedades mediante la recuperación de los terrenos más degradados, facilitar el acceso a las pequeñas propiedades rurales a través de los trabajos viales que requiere la forestación, y diversificar la producción agrícola.

Un posible programa MDL podría ser manejado por la CONAF, que podría identificar inicialmente las áreas geográfica y administrativas relevantes. En un segundo paso, CONAF podría establecer un proceso de información, promoción, selección y elegibilidad de pequeños propietarios. Basado en estudios técnicos, los predios de los pequeños propietarios necesitarían ser declarados como áreas elegibles para su participación de acuerdo a la legislación Chilena. Finalmente, CONAF podría también supervisar y monitorear la apropiada implementación de las actividades forestales. Con el fin de recuperar sus costos operacionales, CONAF participaría de un porcentaje, que debe aún ser definido, de la venta de las remociones certificadas que cada proyecto de forestación podría generar a nivel regional.

6.3.2 Forestación asociativa

La Forestación Asociativa supone la cooperación de pequeños propietarios y de empresas forestales, que permitiría la forestación de vastas superficies erosionadas y degradadas cuyos propietarios carecen de la tecnología y conocimiento para recuperarlos. Las empresas forestales aportarían su experiencia y tecnología avanzada, asegurando la calidad y desarrollo de estas plantaciones, sin que se constituya en el centro de su negocio habitual ya que no comprarían el predio. La tierra permanecería en manos de los propietarios, quienes continuarían viviendo de los mejores terrenos de la misma.

De este tipo de proyecto también se esperan importantes efectos positivos al desarrollo sostenible de Chile, de manera similar que en los proyectos de Forestación de Pequeñas Propiedades.

Los proyectos de Forestación Asociativa en pequeñas propiedades se realizarían a través de contratos privados en que intervienen la empresa privada y el pequeño propietario, con CONAF limitado a un papel de mediador. El propietario aportaría el terreno apto para la plantación, que el mismo seleccionaría y ofrecería en usufructo a favor de la empresa por el lapso de la rotación. La empresa ejecutaría a su entero costo la habilitación del terreno, la plantación con plantas mejoradas genéticamente, la fertilización, el control de maleza, el manejo de la plantación y toda la infraestructura técnica necesaria para ese manejo. Los productos maderables de los raleos y la cosecha final se repartiría en partes equitativas o porcentajes que se acordarían en cada contrato entre el propietario y la empresa.

La compañía maderera actuaría como ejecutivo y administrador de las actividades del proyecto MDL, centralizando las actividades de monitoreo y verificación de la remociones de CO₂. La propiedad de los certificados de las remociones sería determinado de acuerdo a las características de cada convenio.

6.3.3 Forestación de suelos degradados

Este tipo de proyectos de forestación podría realizarse en cualquier tipo y tamaño de propiedades rurales y consiste en plantaciones destinadas a recuperar suelos erosionados, degradados o en proceso de desertificación. Se consideran elegibles en el MDL por constituir la formación de nuevos sumideros de CO₂ en terrenos que han sido deforestado y carecen de biomasa, y cuya recuperación es muy difícil sin una intervención humana directa. Más aún, la simple existencia de los incentivos forestales vigentes no es suficiente estímulo para que los propietarios reforesten estos terrenos.

6.4 Especies forestales seleccionadas para proyectos MDL y sus características

La selección de especies adecuadas para los proyectos MDL, ha sido llevada a cabo considerando la experiencia de forestación existente en el país. En primer lugar, se identificaron las especies que presentan un mayor grado de adaptación a condiciones extremas de los sitios con aptitud forestal, suelos con diverso estado de degradación, y tierras en proceso de desertificación. Segundo, se seleccionaron aquellas que presentan la mayor tasa de crecimiento anual. Tercero, se prefirieron especies que tuvieran un ciclo de rotación de 20 años o más, lo que lleva a captura de carbono más significativas. La especie sugerida para la mayoría de las circunstancias es el pino radiata, que se encuentra asilvestrada en Chile y presenta un alto nivel de desarrollo en suelos marginales y degradados. El periodo de rotación usual es de 20 a 22 años. En la región sur, la especie sugerida es el pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*), que tiene un ciclo de rotación de 30 años.

El contenido de carbono por metro cúbico sólido sin corteza (m^3_{SSC}) de madera comercial seca o anhidra de pino radiata y oregón se determinó en función de su peso específico, que es de 0.43 toneladas por metro cúbico (t/m^3), y considerando un contenido por defecto de carbono en la madera de un 50 %.

Para estimar el carbono total acumulado sobre y bajo el suelo, un factor de expansión de biomasa de 1,3 puede asumirse para la biomasa sobre el suelo con respecto a la biomasa determinada en los fustes, mientras que la biomasa total sobre y bajo el suelo es alrededor de 1,75 veces la biomasa de los fustes. Sin embargo, en la determinación del potencial de proyectos MDL en la sección 7.2, se aplicó un factor más conservador de 1,5. Estas consideraciones se resumen en la tabla 6.

Tabla 6: Contenido de carbono y CO_2 en la madera de pino radiata y pino oregón y el factor de expansión para la biomasa total

Densidad de la Madera seca o anhidra	0.43 ton/ m^3
Contenido de carbono de la madera anhidra (factor del PICC)	50 %
Carbono equivalente por m^3 de madera anhidra	0,215 t C
CO_2 equivalente por m^3 de madera anhidra	0,788 t CO_2
CO_2 equivalente por m^3 medido, con factor de expansión de 1,5	1,182 t CO_2

Fuente: Proyecto de Medición de la Capacidad de Captura de carbono en Bosques de Chile, Instituto Forestal y Universidad Austral de Chile, 2001.

Nota: Los cálculos consideran solo la madera comercial en el fuste, sin incluir puntas, ramas, follaje, tocones, raíces u otros órganos vegetales.

6.5 Barreras en la implementación de proyectos forestales para el MDL en Chile

Existen barreras para la implementación de proyectos MDL, sobre todo para la forestación de pequeñas propiedades. Generalmente son personas con bajo nivel educacional y fuerte tradición agrícola. Ellos utilizan técnicas de producción tradicionales y tienen escaso conocimiento técnico y limitado acceso a los sistemas de capacitación estatal. En general, la pequeña propiedad agrícola está localizada en terrenos de secano y en laderas, que tienen serias restricciones para los cultivos agropecuarios habituales de la zona. También, sus propiedades promedian sólo unas 50 ha, y en muchos casos tiene limitaciones legales para acreditar su derecho de propiedad, lo que no les permite acceder a créditos del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), ni de la banca estatal y comercial, lo que resulta en una falta de capital.

Por lo tanto, los pequeños productores han sido escasamente beneficiados por los incentivos del Estado. En consecuencia, el D.L. 701 fue modificado en 1998 con el fin de otorgar un tratamiento preferencial a los pequeños propietarios. Sin embargo, en la práctica esto parece no ser lo suficientemente atractivo, si se observa las bajas tasas de forestación de las pequeñas propiedades.

En el caso de las compañías madereras y los grandes propietarios, las tasas de forestación actuales son similares a aquellas de los años 80 y los comienzos de los 90. Sin embargo, la

legislación chilena no provee suficientes incentivos fiscales para la forestación de los territorios con aptitud forestal. El precio de los suelos se ha incrementado notablemente a partir de los años 90, otros países latinoamericanos también han iniciado la promoción de actividades de forestación. Asimismo, la mayoría de las grandes empresas forestales ya tienen en curso proyectos de forestación que cubren sus necesidades por los próximos 20 años.

6.6 Beneficios sociales y ambientales complementarios

En Chile existen vastas superficies con suelos desnudos que sufren procesos de erosión y degradación, además de tierras en proceso de desertificación. Estos suelos poseen una cubierta vegetal rala y escasa, dominada por hierbas y arbustos generalmente introducidos y asilvestrados. Estos terrenos se han degradado al punto que las demás actividades agropecuarias no son rentables para los cultivos tradicionales, y especialmente en las pequeñas propiedades, en muchos casos han sido abandonados por sus propietarios, empeorando las condiciones de pobreza rural que existen en el campo chileno.

La forestación de estas tierras es prácticamente la única actividad que puede conducir a la recuperación productiva del suelo, reducir la escorrentía de las aguas lluvia y evitar la erosión; contribuir a mejorar el régimen hídrico de las cuencas hidrográficas y; aportar condiciones más favorables para la fauna silvestre.

En consecuencia, se espera que los proyectos MDL tengan importantes beneficios socioeconómicos. Los pequeños propietarios pueden aumentar sus ingresos, lo que también puede ayudar a mitigar los problemas de migración rural hacia las áreas urbanas. Los pequeños propietarios se beneficiarán de actividades de capacitación que les posibilitará incrementar su producción. Sistemas participativos de producción forestal ayudaría a resolver los conflictos existentes entre organizaciones no gubernamentales medioambientales y sociales y las compañías madereras. En la Forestación Asociativa, la principal ventaja para las compañías madereras es la expansión de sus actividades sin tener que adquirir nuevos terrenos, lo que en la mayoría de los casos resulta en el despoblado rural. Al mismo tiempo, las compañías madereras muestran un compromiso social y ambiental.

7 Cartera de Proyectos

En la siguiente sección, se evalúan el potencial y los costos de mitigación de gases efecto invernadero para algunos posibles proyectos MDL en Chile. Se adoptan diferentes aproximaciones en el sector energía y el forestal.

En el sector energía, se evalúan cuatro prototipos de proyectos: una planta hidroeléctrica de pasada, similar al proyecto Chacabucú bajo implementación en el marco de la iniciativa Fondo Prototipo de Carbono del Banco Mundial; un parque eólico, similar al concebido en Calama en el marco de las AIC autorizadas por Convención; un proyecto de eficiencia lumínica; y un proyecto que promueve la difusión de motores eficientes. Estos proyectos han sido seleccionados de acuerdo a la disponibilidad de datos y su principal propósito es ilustrar sobre metodologías para el establecimiento de líneas bases para proyectos en el sector energéticos, con usos potenciales también en otros proyectos. Es necesario recalcar que estos tipos de proyectos no reflejan el potencial de mitigación en el sector energía de Chile, como se desprende de lo expuesto en la sección 5.3 de este trabajo.

En el sector forestal, como se ha expresado anteriormente, se han identificado tres tipos de proyectos: Forestación en Pequeñas Propiedades, Forestación Asociativa, y Forestación de

Suelos Degradados. Para cada uno de estos tipo de proyecto se estimó el potencial total de CO₂ factible de ser removido por actividades de plantaciones en el periodo 2003-2012. Con este propósito, las áreas factibles de forestación en Chile se dividieron en tres macroregiones. Los proyectos potenciales y los costos de mitigación se calcularon separadamente para cada macroregión y para cada tipo de proyecto, resultando en la identificación de nueve proyectos MDL virtuales que cubren el potencial total de proyectos de forestación MDL en Chile.

En todas las evaluaciones, la estimación de los costos marginales para reducir una tonelada de CO₂e fue realizada calculando el valor de una tonelada de CO₂e que reduce a cero el flujo financiero neto del proyecto. Además, se asume un 12 % de tasa de retorno promedio, para reflejar los costos de capital para las empresas nacionales.

7.1 Sector energía

Los proyectos propuestos en el sector energía generan electricidad por la vía de fuentes renovables (viento e hidroeléctricas), o incrementa la eficiencia del uso de la electricidad. Las emisiones de la línea base son determinadas para todos los proyectos usando una metodología de línea base común, sugerida por la OECD/IEA³. La aproximación toma el efecto combinado del proyecto MDL sobre la operación de las plantas de generación existentes (operación marginal) y sobre la construcción de nuevas plantas (construcción marginal). En el caso de la operación marginal, no fueron consideradas las plantas hidroeléctricas, puesto que ellas son las primeras en ser despachadas y su operación puede asumirse independiente de las actividades de proyectos MDL⁴. También, para la línea base de la operación marginal, los factores de emisión han sido descontados en un 10 % después de los primeros 7 años de operación del proyecto, con el fin de reflejar el futuro mejoramiento en la eficiencia de la generación de energía eléctrica en Chile. Los factores de emisión para la línea base resultan como el promedio aritmético entre la operación marginal y la construcción marginal.

Aún cuando existen cuatro sistemas generadores de electricidad en Chile, los factores de emisión para la línea base son determinados para el Sistema Integrado del Norte Grande (SING) y el Sistema Interconectado Central (SIC), que en conjunto representan el 94 % de la generación de energía total. En el caso del proyecto de eficiencia lumínica y el proyecto que promueve la difusión de motores eficientes, en ambos casos se reduce el consumo de electricidad en ambas grilla, y los factores de emisión son determinados de acuerdo al consumo relativo en cada una de ellas. La tabla 7 resume los factores de emisión para cada proyecto durante los primeros 7 años de operación.

³ OECD/IEA (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo Internacional/Agencia Internacional de la Energía) 2002: Practical Baseline Recommendation for Greenhouse Gas Mitigation Projects in the Electric Power Sector. Sivan Kartha and Michael Lazarus SEI-Boston/Tellus Institut with Martina Bosim International Energy Agenci. Paris.

⁴ Una excepción a este estándar la constituyen los años húmedos, los cuales se consideran en la determinación del factor de emisión de la línea base, descontando el factor de emisión por la probabilidad de años húmedos (4 %).

Tabla 7: Factores de emisión para una línea base en el sector energía

Proyectos MDL	Grilla	Factores de emisión para la línea base (ton CO₂/GWh)
Planta hidroeléctrica	SIC	333.7
Parque eólico	SING	586.5
Eficiencia lumínica	SIC/SING	464.5
Motores eficientes	SIC/SING	506.0

Fuente: Cálculos propios

El proyecto planta hidroeléctrica de pasada se ejemplifica con el proyecto Chacabuquito. Éste consiste en una central de pasada de 25 MW en el río Aconcagua, a 100 kilómetros de la ciudad de Santiago de Chile, que está siendo desarrollado e implementado por la compañía de suministro de energía eléctrica Hidroeléctrica Guardia Vieja S.A. en el marco de la iniciativa Fondo Prototipo de Carbono del Banco Mundial. El proyecto asume un periodo de acreditación de 21 años y efectuó una evaluación de impacto ambiental que concluye que los impactos ambientales y socioeconómicos son relativamente pequeños. Sin embargo, los datos y supuestos utilizados para realizar la evaluación del potencial de reducción y el costo de mitigación para este tipo de proyecto son elaboración propia.

El parque eólico se ejemplifica con un proyecto originalmente previsto como una Actividad Implementada Conjuntamente, y se localiza en la región de Calama, en el norte de Chile. El proponente, CODELCO, planea instalar 50 turbinas de 750 kW de capacidad cada una, y una generación de electricidad que varía entre 111 y 148 GW por año. Se asume un tiempo de vida técnica del proyecto del orden de los 20 años. Como en el caso anterior, los datos y supuestos utilizados para realizar la evaluación del potencial de reducción y el costo de mitigación para este tipo de proyecto son elaboración propia.

El proyecto de eficiencia lumínica considera la masificación del uso de lámparas fluorescentes compactas (CFL) en las viviendas chilenas en un periodo de 5 años. Para el que financia el proyecto, éste propone bajar los costos de adquisición de las lámparas al subsidiar las diferencias entre los precios de adquisición entre las lámparas CFL y el de las lámparas convencionales. Para los consumidores, los costos de adquisición de las lámparas eficientes son cancelados cargando un valor adicional en sus facturas de consumo eléctrico, cuyo valor total a su vez se reducirá como resultado del menor consumo de energía de estas nuevas lámparas. El programa está orientado a cubrir el 70 % de las viviendas chilenas. El periodo de acreditación para el proyecto es de 9 años.

El proyecto propuesto para promover la adquisición de motores eléctricos de alta eficiencia funcionaría de una manera similar. Está dirigido a consumidores industriales de electricidad que necesitan adquirir nuevos motores. Los clientes industriales serían motivados para adquirir motores eléctricos más eficientes reduciendo los costos de adquisición y cargando la diferencia de costo a las facturas de consumo de electricidad. El periodo de acreditación total del proyecto es de 21 años.

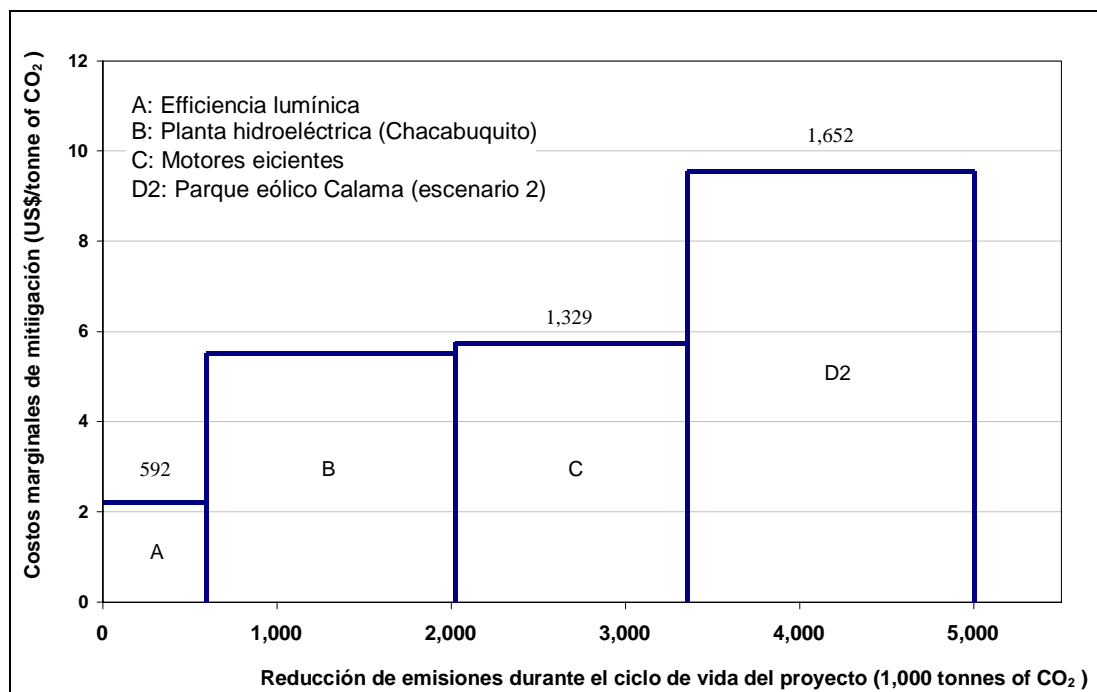
La tabla 8 resumen los principales resultados obtenidos para los cuatro proyectos MDL. En la figura 3, los costos marginales se construyen en base a estos datos⁵.

Tabla 8: Potencial y costos de mitigación de los proyectos MDL propuestos en el sector energía

	Planta Hidroeléctrica (Chacabuquito)	Parque eólico (Calama) Escenario 1	Parque eólico (Calama) Escenario 2	Eficiencia Lumínica	Motores Eficientes
Inversión (US\$)	37,000,000	37,500,000	37,500,000	11,600,000	13,200,000
Tasa interna de retorno sin MDL	11.2%	5.6%	10.1%	10.5%	6.4%
Valor presente neto sin MDL (US\$)	-2,370,200	-13,960,400	-4,456,100	-96,500	-1,211,400
Valor presente neto de los costos de transacción totales (US\$)	1,100,000	800,000	800,000	700,000	900,000
Emissiones reducidas (ton de CO ₂)	1,433,600	1,245,400	1,651,500	591,900	1,329,200
Costos marginales mitigados (US\$/ton ₂)	5.5	34.3	9.6	2.2	5.7
Electricidad generada o reducida (GWh)	3,360	2,229	2,957	1,513	2,983

Fuente: Cálculos propios

Figura 3: Curva de costos marginales para el sector energía



Fuente: Cálculos propios

⁵ Asumiendo el escenario 2 para el proyecto parque eólico.

Los cuatro proyectos analizados tienen un potencial total de mitigación de gases de efecto invernadero de alrededor de los 5 millones de toneladas durante sus periodos de acreditación. Los costos marginales de mitigación son menores a los 10 US\$ por tonelada de CO₂⁶. Sin embargo, el potencial total de reducción de emisiones en Chile aparece mucho mayor, de alrededor de los 15 millones de toneladas por año⁷.

7.2 Sector forestal

El potencial de los proyectos MDL en el sector forestal se determinó en varios pasos. Como primer paso, con la ayuda de datos estadísticos se estimó la superficie potencial para proyectos MDL en Chile. En el segundo paso, se determinó la línea base de emisiones y remociones en ausencia del proyecto. En el tercer paso, se determinó el carbono capturado por las plantaciones en las diferentes áreas. Basados en estos datos se estimó el potencial y los costos de mitigación de los proyectos MDL forestales.

7.2.1 Estimación de la superficie potencial disponible para proyectos MDL de forestación

La estimación de la superficie potencial que está disponible para los proyectos MDL de forestación en Chile se elaboró utilizando datos estadísticos. Para estos propósitos, el país se dividió en tres macroregiones que cubren el 90 % de las plantaciones forestales en Chile y que presentan condiciones naturales similares para la plantación de bosques:

- # *Macroregión 1:* Incluye las regiones VI y VII con una superficie de cerca de 47.000 km². Las condiciones general anuales son semiáridas y subhúmedas, con precipitaciones que varían entre los 600 mm y los 900 mm anuales.
- # *Macroregión 2:* Que comprende las regiones VIII, IX y X, con una superficie de cerca de 136.000 km². Las condiciones son subhúmedas y húmedas, con precipitaciones que varían entre los 900 mm y los 2.000 mm anuales.
- # *Macroregión 3:* comprende la XI Región con una superficie de cerca de 109.000 km². Las precipitaciones varían entre los 1.800 mm y los 2.200 mm anuales.

Se asume que las actividades forestales sólo pueden ser conducidas sobre praderas y matorrales. La tabla 9 muestra la superficie que corresponde a estas áreas en las tres macroregiones definidas. La superficie total de praderas y matorrales en las tres macroregiones es de alrededor de 5.8 millones de ha.. Sin embargo, tomando en cuenta que la conversión de praderas y matorrales sólo es atractivo en los terrenos que son más bajos que los 800 metros sobre el nivel del mar, la superficie potencial para forestación es sólo alrededor de 1.3 millones de ha.

⁶ Asumiendo el escenario 2 para el proyecto parque eólico de Calama. En el escenario 1 la menor generación de electricidad se debe a las pobres condiciones del viento, los costos marginales se estimó que son menores a los 34 US\$ por tonelada de CO₂.

⁷ Estudio realizado por el PRIEN: Mitigación de gases efecto invernadero. Chile, 1994-2020, preparado para CONAMA, Santiago, 1999"

Tabla 9: Posibles áreas para la forestación en Chile (ha)

	Forestables de praderas y matorrales (area bajo 800 m de altitud)	Total de praderas y matorral
Macroregión 1	209,867	1,407,188
Macroregión 2	952,466	3,100,391
Macroregión 3	159,753	1,299,881
Total	1,322,086	5,807,460

Fuente: Cálculos hechos por FIA

Otro factor importante para la estimación de los potenciales proyectos MDL es la distribución de la tenencia de la tierra, ya que las actividades MDL propuestas están dirigidas en particular a los pequeños productores. La distribución de la tenencia de la tierra de acuerdo a las estadísticas chilenas se ilustran en la tabla 10. Menos de 1 millón de ha del total del área de alrededor de 12.7 millones de ha pertenecen a 163.000 pequeños propietarios, con un promedio predial de 6 ha. Se supuso que sólo un 2 % de aquellos propietarios participaría en el programa MDL debido a la limitada extensión de sus propiedades. Para los casi 60.000 propietarios con una superficie promedio de 56 ha se estimó que alrededor de un 30 % podría incorporarse al programa MDL, plantando cerca de un 30 % de sus tierras. En el caso de las medianas y grandes propiedades, se estimó que alrededor de un 2 % se destinaría a actividades forestales. En consecuencia, la superficie potencial de forestación llegaría a unas 475.000 ha. Adicionalmente se estimó que sólo alrededor del 50 % de estas áreas estará disponible debido a los requerimientos de las modalidades y procedimientos del MDL.

Tabla 10: Distribución de la tenencia de la tierra en Chile

Categoría	Propiedades muy pequeñas	Propiedades pequeñas	Propiedades tamaño medio	Propiedades grandes	Total
Tamaño (ha)	0,5 - 20	20 - 200	200 - 500	> 500	
No. propietarios	162,908	59,974	5,284	3,181	231,311
Superficie total (ha)	967,772	3,330,270	1,605,537	6,753,913	12,657,492
Superficie promedio por propietario	6	56	306	2,123	55

Fuente: Estadísticas chilenas

Al estimar el potenciales de los proyectos MDL, se asumió que las plantaciones son llevadas a cabo entre el año 2003 y el año 2012. La forestación de pequeñas propiedades ocurrió a una tasa de alrededor de 8.000 ha anuales durante las últimas décadas. De acuerdo a la información del Ministerio de Agricultura, la tasa de forestación podría llegar a las 12.000 ha.

anuales. Actualmente no se están desarrollando actividades forestales asociativa, y se estimó que alrededor de 2.000 ha podrían ser forestadas anualmente bajo este esquema. Para la forestación de suelos degradados, se asumió una tasa anual de forestación de 6.500 ha. En un periodo de 10 años (2003-2012), esto resultaría en un potencial total de 202.000 ha⁸.

7.2.2 Línea base para las emisiones y las remociones

Las remociones potenciales de CO₂ por medio de las plantaciones se compararon con un escenario línea base que refleja las remociones y emisiones de CO₂ que habrían ocurrido en la ausencia de las plantaciones. En relación a esto, se debe tener en cuenta el contenido de carbono de la vegetación que será destruido debido a la plantación. El CO₂ liberado por la vegetación nativa como consecuencia de la plantación debe ser restado del CO₂ removido por las plantaciones.

Datos sobre el contenido de biomasa sobre el suelo de la vegetación nativa existente se obtuvieron de los estudios desarrollados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). En la macroregión uno y dos, la vegetación nativa esta dominada por el "espinal"⁹, el cual se encuentra en un estado severo o muy severo de degradación. Las actuales medidas del INIA señalan que en el espinal, la producción de materia seca sobre la superficie de las especies herbáceas y el pasto degradado de las praderas está entre las 0.2 y 2 toneladas por ha. Con un promedio de 1 tonelada anual. Sin embargo, el pasto y las hierbas anuales no se consideran para el cálculo de los estudios de línea base, ya que ellas consisten de biomasa que se forma y muere cada año, independiente de la cubierta arbustiva nativa o el dosel de árboles plantados.

La cubierta arbustiva del espinal degradado está constituido principalmente por especies de espinos dispersas individualmente, con un promedio de 150 tocones por ha, dentro de un rango de 100 a 600 plantas por ha. En el sector que experimenta un severos nivele de degradación, el espino ha sido reemplazado por romerillo (*Baccharis linearis*), que es una hierba leñosa de escaso desarrollo, junto a otras especies con menor presencia. Se estima que la materia seca por ha. del espinal degradado puede alcanzar en promedio 4 ton/ha. El crecimiento anual de materia seca del estrato arbustivo no supera las 0.15 ton/ha anuales.

En general las compañías madereras desarrollan plantaciones por la vía de hoyos individuales por planta en surcos o subsolado. En la preparación del terreno que será plantado, todos los intentos están orientados a evitar el corte de la vegetación arbustiva existente. En la mayoría de los casos, las plantaciones están hechas entre los arbustos existentes, y durante la preparación del terreno se corta o limpia la vegetación nativa al azar.

Bajo estas circunstancias, la línea base estimada para los proyectos de forestación en las macro-regiones 2 y 3 corresponde a una tasa de emisión de 16 t CO₂ por ha, considerando una pluviometría que permite el mayor desarrollo de la vegetación nativa. Para la macro-región 1 se estimó una emisión de 15 t CO₂ por ha, debido a condiciones climáticas más adversas para la vegetación y la menor biomasa que será reemplaza por la plantación.

⁸ En 2003, se asume la tasa de forestación mas baja.

⁹ Acacia cavan, una clase de arbusto espinoso pequeño árbol que crece en condiciones de estepa.

7.2.3 Estimación del carbono capturado

La estimación del carbono capturado se efectuó a través de modelos de crecimiento de uso común en Chile. El CO₂ capturado ha sido determinado para las tres macro-regiones y para los tres tipos de proyectos (forestación de pequeños terrenos, forestación asociativa, y forestación de suelos degradados. Para más detalles ver también sección 6). En orden de proveer estimaciones conservadoras, la captura de CO₂ sólo se midió en los órganos leñosos de los árboles, sin tomar en cuenta el contenido de carbono orgánico contenido en el suelo. Además, se asumió que el maderamen de la plantación sólo se mide desde del en el 5^{to} año de la rotación. Se asumió un periodo máximo de acreditación de 21 años.

En el caso de forestación de pequeñas propiedades, se asume que la tasa de crecimiento del bosque será un 15 % menor que la de la empresas, ya que ellos generalmente no tiene acceso a técnicas de tratamiento de suelos mediante subsolado, sistemas de fertilización y control de malezas tecnificados ni a plantas mejoradas genéticamente. Las principales características y supuestos para las tres macro-regiones se resumen en la tabla 11.

Tabla 11: Captura de carbono total para las diferentes actividades de forestación

Macroregión	Duración del ciclo de la rotación (años)	Duración efectiva de la captura de carbono (años)	Captura anual de carbono (t CO ₂ /ha)	
			Forestación en pequeños terrenos	Otras actividades de forestación
1	20	19	226	268
2	22	21	366	435
3	30	21	203	244

Fuente: Calculados por FIA

En la tabla, se puede apreciar que la macro-región 2 presenta los mayores potenciales de captura física de CO₂, debido al mayor crecimiento del pino radiata, especialmente en los tipos de proyectos de forestación asociativa y de suelos degradados, ya que se trata de forestación tecnificada y utilizan plantas mejoradas genéticamente.

Con el fin de determinar el incremento anual o la tasa de crecimiento real anual, el CO₂ removido será medido sobre bases anuales o en una forma periódica, por medio de métodos de inventarios forestales aprobados internacionalmente, que miden maderamen comercial de acuerdo al diámetro beneficiosal de la madera.

7.2.4 Costos marginales de mitigación

En el cálculo de los costos marginales, todos los costos y los ingresos involucrados con la plantaciones forestales son considerados a lo largo del ciclo de rotación. Se asume que el precio de madera por metro cúbico que pueden obtener los pequeños propietarios será menor en un 15 % de lo que pueda obtenerse por los grandes propietarios, ya que en el caso de los pequeños propietarios carecen de medios de comercialización y en general venden su producción a intermediarios. En los tres tipos de proyectos, el costo de forestación fue incluido

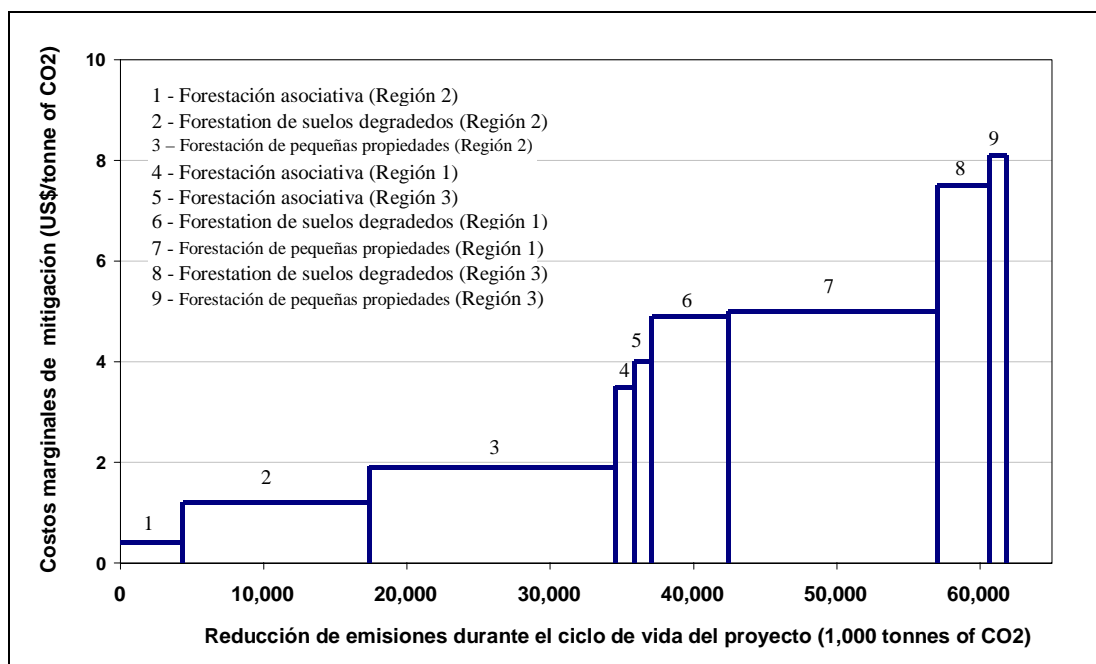
en el mismo año de la cosecha, ya que en todos los casos ellos fueron considerados como incentivos a la forestación cuyo disposición obliga a los hacendados a reforestar terrenos declarados como aptos para el propósito de la forestación, seguido de ningún corte o cosecha. Ni el último año de rotación o cosecha son incluidos en el cálculo y contabilidad de la captura de CO₂. Los resultados del cálculos son resumidos en la tabla 12. La figura 4 muestra la curva de los costos marginales para los diferentes tipos de proyectos en las diferentes regiones.

Tabla 12: Costos marginales de mitigación y remoción del carbono en los proyectos de forestación

Proyecto	Macro-región	Costo marginales de mitigación (US\$/t CO ₂)	Remoción de Carbono por hectarea (t CO ₂ /ha)	Superficie forestada (1,000 ha)	Remoción de carbono durante el periodo acreditación (1,000 t CO ₂)
forestación asociativa	2	0.4	435	10.0	4,350
Forestación en suelos degradados	2	1.2	435	30.0	13,050
Forestación en pequeñas propiedades	2	1.9	366	46.8	17,129
Forestación asociativa	1	3.5	268	5.0	1,340
Forestación asociativa	3	4	244	5.0	1,220
Forestación en suelos degradados	1	4.9	268	20.0	5,360
Forestación en pequeñas propiedades	1	5	226	64.4	14,543
Forestación en pequeñas propiedades	3	7.5	244	15.0	3,660
Forestación en pequeñas propiedades	3	8.1	203	5.9	1,188
Total				202.0	61,839

Fuente: Calculado por FIA

Figura 4: Costos marginales en el sector forestal



Fuente: Calculado por FIA

Como se observa en la tabla 12, el menor costo marginal por t CO₂ se encontró en la macro-región 2, donde se presentan las mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo del pino radiata con una rotación de 22 años. Las macro-regiones 1 y 3 presentan los más altos costos marginales debido a los menores niveles de crecimiento de la plantación, y especialmente la macro-región 3, por tener una rotación de 30 años en tanto el periodo de acreditación es de sólo 21 años. Se puede concluir que en el periodo de tiempo entre los años 2003 y 2012 los proyectos de forestación para el MDL se desarrollarían sobre un total de 202.000 ha, cuyo potencial total de captura alcanzaría alrededor de los 62 millones de toneladas de CO₂, donde la verificación de remociones de CO₂ comenzaría el año 2008 para finalizar el año 2032.

Finalmente, la tabla 13 muestra como la captura de carbono se distribuye en el tiempo, considerando la plantación de bosques sólo a partir del año 2003 y hasta el año 2012.

Tabla 13: Captura de carbono en el tiempo por proyectos de forestación

Periodo	Captura de CO₂ (1,000 t CO₂)
2008-2012	2,840
2013-2017	12,563
2018-2022	21,362
2023-2027	18,501
2028-2032	6,573
Total	61,839

Fuente: Calculado por FIA