

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PROYECTO
FORESTAL EN LA REGIÓN DEL MAULE EN EL MARCO
DEL PROTOCOLO DE KYOTO**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

KAREN ALEJANDRA VALLEJOS CONTRERAS

Profesor Guía: Ing. Matemático, Sr. Cristóbal Videla Hintze

SANTIAGO - CHILE.
2007

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES**

**EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PROYECTO FORESTAL EN LA REGIÓN
DEL MAULE EN EL MARCO DEL PROTOCOLO DE KYOTO**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

Karen Alejandra Vallejos Contreras

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Cristóbal Videla H.	7,0
Prof. Consejero Sr. Jorge Gilchrist M.	6,5
Prof. Consejero Sr. Manuel Toral I.	6,5

SANTIAGO-CHILE

2007

*A mis padres Sr. Arcadio Vallejos y Sra. Ana Contreras,
a mis hermanos Gabriel y Ximena,
y a mi GS.*

Agradecimientos

Agradecer a todos quienes han compartido esta etapa junto a mí, hace de esto, algo aún más especial.

A mi profesor guía, el Sr. Cristóbal Videla, por su total confianza, por aventurarse en cosas nuevas, por traspasarme sus conocimientos, por su sinceridad y amistad.

A mis profesores guías, los Sres. Manuel Toral y Jorge Gilchrist, por su tiempo y disposición.

Al Sr. Dante Bravo, Director Regional de CONAF del Maule, quién nos abrió, a mí y a mi profesor guía, las puertas de la institución.

A los Sres. Felipe Venegas, Luis Carrasco, Carlos Sepúlveda y Pablo Arriagada quienes me proporcionaron su tiempo, simpatía y las herramientas para realizar mi memoria.

A Panchita que me ha otorgado siempre toda la información y la buena suerte.

A todas las personas que trabajan en la facultad, profesores y funcionarios, por cada saludo, respuesta o conocimiento entregado.

A mis amigas y amigos, del liceo o de la U, por los agradables momentos y conversaciones, por su optimismo y por hacerme saber que cuento con ustedes.

A los padres de mis amigos, por su cariño y hospitalidad.

A Jano, quien me colaboró cuando no encontraba unos datos.

A mi cuñada Loreto, por desearme lo mejor.

A mi pololo, Gabriel Saavedra, por su compañía, ayuda, preocupación y alegría, por hacer de los momentos difíciles momentos llevaderos, por compartir mis sueños y por su amor.

A mis hermanos por ser tan especiales, estar siempre que los necesito, por cada consejo y por cada sonrisa, por la confianza, tranquilidad, comprensión y amor que me dan.

Y por supuesto a mi mamá y mi papá, por mi vida y felicidad, por los maravillosos valores que transmiten, por sus enseñanzas, por estar a mi lado siempre listos para ayudarme y motivarme, por creer en mi, por su fuerza y convicción, por ser los pilares de la maravillosa familia que tengo, por ser simplemente los mejores y dar lo mejor de ustedes y sobretodo, por su amor.

A todos y cada uno de ustedes

MUCHAS GRACIAS

Los quiere Karen.

ÍNDICE

RESUMEN

SUMMARY

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	2
2.2. Protocolo de Kyoto	2
2.3. Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL).....	3
2.4. Secano interior del centro-sur de Chile	3
2.5. Definiciones.....	4
2.5.1. Acreditación	4
2.5.2. Actividad de proyecto	4
2.5.3. Ámbito del proyecto	4
2.5.4. Certificación	4
2.5.5. Dióxido de carbono equivalente	4
2.5.6. Entidad operacional designada	5
2.5.7. Expedición de reducciones certificadas de las emisiones.....	5
2.5.8. Forestación	5
2.5.9. Fuente.....	5
2.5.10. Registro	5
2.5.11. Reforestación.....	5
2.5.12. Reservorios de carbono.....	5
2.5.13. Sumidero	5
2.5.14. Validación	6
2.5.15. Verificación	6
2.5.16. Vigilancia	6

3. OBJETIVOS.....	7
3.1. Objetivo general	7
3.2. Objetivos específicos	7
4. MATERIAL Y MÉTODO	8
4.1. Material.....	8
4.2. Método	8
5. DESCRIPCIÓN PROYECTO FORESTAL EN LA REGIÓN DEL MAULE	10
5.1. Comunidades de Ranchillos y Purapel-La Greda	10
5.1.1. Suelos.....	12
5.1.2. Clima.....	13
5.1.3. Vegetación.....	13
5.1.4. Empleo.....	14
5.1.5. Actividad forestal	14
5.2. Uso del suelo y área del proyecto	14
5.3. Faenas de establecimiento	15
5.3.1. Limpia de terreno	15
5.3.2. Preparación de suelo.....	15
5.3.3. Cercado	15
5.3.4. Plantación	17
5.3.5. Fertilización.....	17
5.3.6. Control de malezas.....	18
5.3.7. Control de lagomorfos	18
5.3.8. Protección fitosanitaria	19
5.3.9. Cortafuego	19
5.3.10. Control de la erosión y recuperación de suelo.....	21
5.3.11. Calendarización de actividades	25

5.4.	Actividades para mantención y protección de la plantación.....	26
5.5.	Manejo de la plantación	26
5.5.1.	Podas y raleos	27
5.5.2.	Cosecha.....	28
5.5.3.	Carguío y transporte	28
5.6.	Proyección de la plantación	29
5.7.	Crédito de Enlace Forestal del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)	30
6.	ELEGIBILIDAD DEL TERRENO.....	31
7.	CONDICIONES DE APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS APROBADAS PARA PROYECTOS DE FORESTACIÓN MDL	33
7.1.	Condiciones del proyecto	33
7.2.	Aplicabilidad de las metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del Protocolo de Kyoto	34
7.2.1.	“Reforestación de suelos degradados”, de Guangxi, China	35
7.2.2.	“Restauración de suelos degradados mediante forestación y reforestación”, Moldavia.....	35
7.2.3.	“Forestación y reforestación de suelos degradados mediante la plantación de árboles asistida tanto por la regeneración natural como por el control del pastoreo de animales”, Albania	36
7.2.4.	“Forestación o reforestación de suelos actualmente bajo uso agrícola”, Pico Bonito, Honduras	36
7.2.5.	“Actividades de proyectos de forestación y reforestación implementadas para usos industrial y/o comercial”, Belo Horizonte, Brazil	37
7.2.6.	Elección de la metodología a utilizar en este proyecto.....	38
8.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA BASE DE REFERENCIA.....	40
8.1.	Absorción de referencia neta ex ante de GEI por los sumideros	40
8.2.	Absorción efectiva neta ex ante de GEI por sumideros	40
8.2.1.	Estimación de la variación de carbono almacenado en la biomasa viva.....	41
8.2.2.	Estimación de gases de efecto invernadero.....	42
8.3.	Fugas	42

8.4.	Absorción antropógena efectiva neta ex ante	45
8.5.	Cálculo de las reducciones certificadas de las emisiones temporales.....	45
9.	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA VIGILANCIA DEL PROYECTO	47
9.1.	Estratificación del área del proyecto	47
9.2.	Muestra	48
9.2.1.	Tamaño de la muestra	48
9.2.2.	Localización de las parcelas de muestreo	50
9.3.	Frecuencia de vigilancia.....	50
9.4.	Medir y estimar variaciones de carbono almacenado en el tiempo	51
9.4.1.	Método de factor de expansión de biomasa	51
10.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	53
10.1.	Evaluación económica sin considerar las reducciones certificadas de las emisiones temporales	53
10.2.	Evaluación económica considerando las reducciones certificadas de las emisiones temporales	60
10.2.1.	Análisis de precios de las reducciones certificadas de las emisiones temporales	60
10.2.2.	Evaluación económica.....	61
11.	ADICIONALIDAD.....	65
11.1.	Alternativas para el proyecto.....	65
11.2.	Análisis financiero	65
11.3.	Análisis de sensibilidad.....	66
11.3.1.	Escenario A	66
11.3.2.	Escenario B	66
11.3.3.	Escenario C	67
11.3.4.	Escenario D	67
11.4.	Análisis de las barreras e impacto del registro del proyecto como MDL	67
12.	CONCLUSIONES.....	69

13. BIBLIOGRAFÍA.....72

14. ANEXO81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características del suelo del proyecto.....	13
Tabla 2: Superficie uso actual del suelo.....	14
Tabla 3: Perímetros a cercar y polines necesarios	16
Tabla 4: Metros lineales de cortafuegos.....	21
Tabla 5: Calendario de actividades forestales	26
Tabla 6: Actividades para mantenimiento y protección de la plantación.....	26
Tabla 7: Esquema de manejo seleccionado.....	27
Tabla 8: Esquema de trabajo para el raleo	28
Tabla 9: Esquema de trabajo para la cosecha.....	28
Tabla 10: Proyección de la plantación.....	29
Tabla 11: Raleos	30
Tabla 12: Volúmenes por productos obtenidos de la cosecha.....	30
Tabla 13: Condiciones de aplicabilidad de metodologías aprobadas	39
Tabla 14: Estimación de las fugas	44
Tabla 15: Cálculo de reducciones certificadas de las emisiones temporales	46
Tabla 16: Descripción muestreo.....	50
Tabla 17: Antecedentes generales.....	53
Tabla 18: Costos de materiales para construir cerco.....	53
Tabla 19: Costos faenas construcción de cerco.....	53
Tabla 20: Costos insumos para establecimiento plantación	54
Tabla 21: Costos faenas establecimiento plantación	54
Tabla 22: Costo por transporte.....	54
Tabla 23: Costo total establecimiento plantación.....	55
Tabla 24: Costos obras de recuperación de suelos	55
Tabla 25: Costos de manejo	55

Tabla 26: Costo control de malezas postplantación.....	55
Tabla 27: Costos de protección de la plantación.....	56
Tabla 28: Costo de cosecha.....	56
Tabla 29: Costos del crédito de enlace forestal	56
Tabla 30: Productos a obtener	56
Tabla 31: Ingresos según productos	56
Tabla 32: Ingreso total según faena.....	57
Tabla 33: Subsidio a la obra de recuperación	57
Tabla 34: Ingresos por subsidio forestal y crédito enlace	57
Tabla 35: Flujo de fondos sin considerar las reducciones certificadas de las emisiones temporales desde el año 1 al año 12 de la plantación.....	58
Tabla 36: Flujo de fondos sin considerar las reducciones certificadas de las emisiones temporales desde el año 13 al año 23 de la plantación.....	59
Tabla 37: Rentabilidad del proyecto sin considerar las reducciones certificadas de las emisiones temporales	60
Tabla 38: Costos de transacción	61
Tabla 39: Flujo de fondos considerando las reducciones certificadas de las emisiones temporales desde el año 1 al año 12 de la plantación.....	62
Tabla 40: Flujo de fondos considerando las reducciones certificadas de las emisiones temporales desde el año 13 al año 23 de la plantación.....	63
Tabla 41: Rentabilidad del proyecto con las reducciones certificadas de las emisiones temporales	64
Tabla 42: Comparación de indicadores.....	65
Tabla 43: Comparación de indicadores para escenario A.....	66
Tabla 44: Comparación de indicadores para escenario B.....	66
Tabla 45: Comparación de indicadores para escenario C	67
Tabla 46: Comparación de indicadores para escenario D	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa regional.....	10
Figura 2: Ubicación Geográfica-Administrativa de Ranchillos y Purapel-La Greda	11
Figura 3: Mapa uso actual del suelo de Huerta de Maule	15
Figura 4: Mapa con las superficies a cercar.....	16
Figura 5: Mapa de distribución cortafuegos interiores.....	20
Figura 6: Mapa grados de erosión de Huerta de Maule	22
Figura 7: Fotografía módulo de CONAF, dique de postes	23
Figura 8: Fotografía módulo de CONAF, empalizadas	24
Figura 9: Canal de desviación	24
Figura 10: Zanjas de infiltración	25
Figura 11: Terrenos del proyecto	31
Figura 12: Evidencia de cárcavas en terrenos del proyecto.....	32

RESUMEN

El propósito de esta memoria es evaluar un proyecto forestal-modelo, que corresponde a una plantación de *Pinus radiata* en el secano interior de la Región del Maule, en el marco del Protocolo de Kyoto y del mecanismo para un desarrollo limpio (MDL).

Se describe el proyecto, dando a conocer las comunidades que abarcará y se especifican las faenas de establecimiento, obras de recuperación y labores necesarias durante la rotación de la plantación.

Se dan a conocer las condiciones de elegibilidad del terreno requeridas por la Junta Ejecutiva del Protocolo de Kyoto.

Se determinan las condiciones del proyecto y se examinan, en relación con estas, las condiciones de aplicabilidad de las metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva, cuyo análisis permite elegir la metodología de China, como la más apropiada para aplicar a este caso.

Se determina el crecimiento de la plantación a través de tablas auxiliares de producción y considerando como base la metodología antes seleccionada, se estima la absorción de carbono y se calculan las reducciones certificadas de las emisiones temporales (RCET).

Como es necesario según los requerimientos del MDL, se determinan los parámetros para vigilar el proyecto, esto corresponde al seguimiento que se realiza para comprobar si el proyecto está cumpliendo con las absorciones calculadas con la metodología.

Se evalúa económicamente el proyecto sin considerar las RCET y después se evalúa agregando los costos e ingresos que generan las RCET y según estos resultados se establece que el proyecto no es adicional bajo las características establecidas, pero se concluye que quizás esto podría revertirse con un proyecto de mayor superficie, siempre y cuando algunos costos se mantengan.

Finalmente, el estudio desarrollado entrega las bases necesarias para evaluar proyectos forestales que pretendan ser reconocidos por el MDL.

Palabras claves: Mecanismo de desarrollo limpio, Protocolo de Kyoto, Reducciones certificadas de las emisiones temporales, Proyecto forestal, Evaluación de proyecto.

SUMMARY

The purpose of this report is to evaluate a project model-forest, which corresponds to a plantation of *Pinus radiata* D.Don (insignis pine) in the dry interior of the Maule Region, in the framework of the Kyoto Protocol and the clean development mechanism (CDM).

It describes the project by publicizing the communities they cover, and specified sites establishment, construction and recovery work required during the rotation of planting.

We reveal the eligibility of the land required by the Executive Board of the Kyoto Protocol.

It identifies the conditions of the project and are discussed in connection with these, the conditions of applicability of the methodologies adopted by the Executive Board, whose analysis can pick methodology China, as the most appropriate to apply to this case.

It determines the growth of the plantation through tables production assistants and considering as a base before the methodology chosen, it is estimated carbon sequestration are calculated and temporary certified emission reductions (tCERs).

As it is necessary to suit the requirements of the CDM, determining the parameters for monitoring the project, this corresponds to the monitoring carried out to see if the project is in compliance with the takeovers calculated with the methodology.

Assesses the project economically without considering tCERs and then adding evaluates the costs and revenues generated by these results as tCERs and states that the project is not under the additional features provided, but it is concluded that maybe this could be reversed with a draft largest area, as long as some costs are kept.

Finally, the study developed delivers the necessary foundation for assessing forest projects intended to be recognized by the CDM.

Keywords: Clean development mechanism, Kyoto Protocol, Temporary certified emission reductions, Forest project, Assessment project.

1. INTRODUCCIÓN

El mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) tiene como objetivo estimular el desarrollo sostenible permitiendo a los países que han formulado compromisos en el marco del Protocolo de Kyoto, cumplir parte de ellos invirtiendo en proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo.

Los proyectos del MDL se están realizando en más de cuarenta países y han generado hasta febrero de este año más de 31 millones de unidades de reducciones certificadas de las emisiones, cada una de las cuales equivale a una tonelada de dióxido de carbono, es decir, 31 millones de toneladas de CO₂.

Además, con la incorporación a este mecanismo de las actividades de forestación, entre 1990 y 2004 los países industrializados han disminuido un 1,6% la emisión de gases de efecto invernadero con respecto a 1990.

En este contexto, la memoria de título se orientará a la evaluación de un proyecto forestal-modelo en el secano interior de la Región del Maule, en el marco del Protocolo de Kyoto y del MDL, el cual se espera pueda generar reducciones certificadas de las emisiones temporales (RCET).

La zona escogida se adecua muy bien a los requerimientos del mecanismo, ya que corresponde a terrenos degradados, en los que no se ha forestado y para los que tampoco hay planes en este sentido. Por lo que, evaluar un proyecto forestal, en este caso una plantación de *Pinus radiata* D. Don (pino insigne), abre la posibilidad de realizar proyectos que ayuden a controlar la erosión y recuperar áreas degradadas, despobladas y de subsistencia, transformándolas en sitios de mayor productividad y mejor calidad de vida para sus habitantes, promover el secano interior y sus ventajas como área forestal productiva y además lograr un ingreso adicional proveniente de la certificación de reducción de emisiones.

La forestación en pequeñas propiedades tiene una connotación socioeconómica importante para el desarrollo sostenible y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) estima que Chile posee un potencial aproximado de 500 mil hectáreas que podrían generar proyectos forestales del MDL, involucrando alrededor de 30 mil pequeños propietarios.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

Es el primer instrumento internacional legalmente vinculante que trata directamente el tema de cambio climático. El cambio climático es según Naciones Unidas (1992) el “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

La urgente elaboración de la CMNUCC fue producto de la preocupación expresada en la década de los ochenta por científicos de todo el mundo, debido al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, esto principalmente por el mayor consumo de combustibles fósiles, lo que estaría afectando el delicado balance del sistema climático. Fue abierta para firmas en la Cumbre de Río (1992), ocasión en que 155 países la firmaron y entró en vigor mundialmente el 21 de marzo de 1994 (Fundación para el Desarrollo Sustentable, 2007).

Los objetivos de la CMNUCC y de todo instrumento jurídico conexas que adopte la Conferencia de las Partes (CP), son la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera al nivel de 1990, reducir el calentamiento atmosférico y adoptar medidas para hacer frente a las subidas de la temperatura que sean inevitables, para lo cual todos los países deben formular, aplicar y actualizar regularmente, programas nacionales que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático y reportarlos anualmente (Fehse, 2003).

Las partes involucradas para cumplir estos objetivos se dividen en países desarrollados (Anexo I) y países en vías de desarrollo (No-Anexo I), de los cuales solamente los países Anexo I tienen metas de reducción de emisiones (ver anexo) (Fehse, 2003).

2.2. Protocolo de Kyoto

Tiene los mismos objetivos, principios e instituciones de la CMNUCC, pero refuerza a ésta de manera significativa ya que a través de él, las partes incluidas en el Anexo I que lo ratifiquen, se comprometen a lograr objetivos individuales y jurídicamente vinculantes para limitar o reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 2005).

La mayoría de los compromisos dentro del Protocolo de Kyoto toman como año base 1990, ya que a este año corresponden los primeros datos recogidos, suficientemente consistentes, de emisión de CO₂ (Repsol YPF S.A., 2007). En dicho año, Estados Unidos emitió 4.888,8 millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e), Unión Europea 3.277,3 MtCO₂e; Federación Rusa 2.648,1 MtCO₂e; Japón 1.129,4 MtCO₂e; Canadá 572,6 MtCO₂e y Australia 493,3 MtCO₂e (Nuila, 2007 y Hernández, 2000).

Entre los acuerdos logrados, destacan los compromisos legales de los países Anexo I de reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre) en un promedio de 5,2% con respecto a 1990 y lograr esta meta entre los años 2008 y 2012, para lo cual se establecieron tres mecanismos de flexibilidad, estos son: el comercio de emisiones entre países Anexo I, la implementación conjunta (proyectos implementados

por dos países Anexo I en conjunto) y el mecanismo para un desarrollo limpio o MDL (proyectos implementados por un país Anexo I y un país No-Anexo I) (Fehse, 2003).

Entre las negociaciones futuras del protocolo, están el definir el segundo período de cumplimiento y siguientes, los porcentajes o cantidades de reducción de gases de las partes y la participación de los países en desarrollo (Neuenschwander, 2005).

2.3. Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)

Este mecanismo permite la inversión de un país Anexo I en un país no incluido en el Anexo I, en proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono. El país Anexo I recibe las reducciones certificadas de las emisiones temporales (RCET) del proyecto y el país receptor de la inversión consigue un desarrollo sostenible a través de la transferencia de tecnologías limpias (Ministerio Medio Ambiente de España, 2006).

Esta es la única vía por la cual los países de América Latina pueden participar, ya sea como objeto de inversiones de empresas extranjeras, a partir de iniciativas nacionales de privados o del Gobierno que encuentren un país que desee adquirir las RCET que emite el proyecto (Rojas, 2004).

2.4. Secano interior del centro-sur de Chile

La zona en la cual se modelará el proyecto corresponde a secano interior, el cual se extiende por las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins, del Maule y del Biobío. El secano interior corresponde a los sectores no regados de la depresión central, y a la vertiente oriental de la cordillera de la costa. La mayoría de los 2 millones de hectáreas de esta extensa área, están cubiertas por el espinal, un ecosistema biológicamente poco diverso, monótono y dominado casi exclusivamente por una especie leñosa, *Acacia caven* (Mol.) Mol. (espino). La formación y el propio árbol permiten la obtención de ciertos productos (leña, carbón, pastoreo de ovinos y bovinos), sin embargo, la fertilidad de los suelos y la biodiversidad son bajas, con lo cual la productividad pastoral-ganadera es tres a cuatro veces inferior comparativamente con otros agroecosistemas (Grupo de estudios de agroecosistemas mediterráneos (GEAM), 2005).

La vegetación natural era al parecer un mosaico denso de bosques y matorrales, sin embargo, durante los últimos 400 años, el valle central ha sido transformado en cultivos e incorporación de tierras al pastoreo, y el secano interior actualmente aparece dominado por una vegetación de baja productividad y riqueza de especies que son empleadas en sistemas extensivos de escasa producción. No sólo la vegetación y la fauna se encuentran alteradas, también los suelos se han compactado y empobrecido en materia orgánica y actividad microbiana (GEAM, 2005).

La acumulación de los efectos de una relación inadecuada entre el hombre y la naturaleza a lo largo de la historia de estas áreas, ha provocado un paisaje con un intenso proceso de desertificación, expresado a través de un gran porcentaje de suelos erosionados y otros tantos con nula o bajísima fertilidad, generando un proceso con expresiones en la economía de su población de pobreza y extrema pobreza en importantes porcentajes de ella (Instituto de Investigación Forestal de Chile (INFOR), 1998).

Principalmente por las limitaciones de tipo edafoclimáticas que se presentan en el sector, la presencia de plantaciones forestales a gran escala es muy reducida, es así como las

mencionadas limitaciones naturales, junto con la carencia de opciones productivas tecnológica y económicamente factibles y sustentables, han excluido de la actividad forestal al secano interior (Fondo al Desarrollo Científico y Tecnológico (Gutiérrez, 2000).

2.5. Definiciones

2.5.1. Acreditación

El período de acreditación de una actividad de proyecto del MDL es el período en el que una entidad operacional designada verifica y certifica las reducciones conseguidas respecto de la base de referencia a los fines de expedir reducciones certificadas de las emisiones (RCE) (CMNUCC, s.f).

El período de acreditación comenzará cuando se inicie el proyecto y el período de acreditación puede ser de 20 años como máximo y puede renovarse dos veces como máximo o de 30 años como máximo (CMNUCC, 2003).

2.5.2. Actividad de proyecto

“Una actividad de proyecto es una medida, operación o actuación que tiene como fin reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En el Protocolo de Kyoto y en las modalidades y procedimientos del MDL se utiliza el término "actividad de proyecto" con significado distinto al de "proyecto". Por consiguiente una actividad de proyecto podría ser idéntica a un proyecto iniciado o planeado o ser un componente o aspecto de éste” (CMNUCC, s.f).

2.5.3. Ámbito del proyecto

Delimita geográficamente la actividad de forestación bajo control de los participantes en el proyecto. El proyecto puede abarcar más de un terreno (CMNUCC, 2003).

2.5.4. Certificación

La certificación es la seguridad dada por escrito por la entidad operacional designada de que durante un período determinado, el proyecto, ha conseguido las reducciones de las emisiones que se han verificado (CMNUCC, s.f).

2.5.5. Dióxido de carbono equivalente (CO₂e)

Concentración de dióxido de carbono que podría causar el mismo grado de forzamiento radiativo que una mezcla determinada de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2001). Medida utilizada para comparar diferentes gases de efecto invernadero basados en sus potenciales de calentamiento atmosférico (PCA). Los PCA se calculan como la relación entre el forzamiento radiativo de un kilogramo de gas de efecto invernadero emitido a la atmósfera y la de un kilogramo de CO₂ en un período de tiempo (normalmente 100 años) (IPCC, 2003).

2.5.6. Entidad operacional designada

La entidad designada, basándose en las recomendaciones de la Junta Ejecutiva, esta facultada para validar propuestas de proyectos del MDL así como para verificar y certificar reducciones de emisiones (CMNUCC, s.f).

2.5.7. Expedición de reducciones certificadas de las emisiones

La expedición de reducciones es la instrucción de la Junta Ejecutiva al administrador del registro del MDL para que expida una cantidad determinada de reducciones respecto de una actividad de proyecto del MDL (CMNUCC, s.f).

2.5.8. Forestación

Conversión, por actividad humana directa, de tierras que carecieron de bosque durante un período mínimo de 50 años en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropogénico de semilleros naturales (CMNUCC, 2001). Esto implica que pueden ser forestadas, en el marco del MDL, las tierras en las que ningún bosque ha crecido desde por lo menos 50 años antes del inicio del proyecto de forestación.

2.5.9. Fuente

Cualquier proceso o actividad que libera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero en la atmósfera (Naciones Unidas, 1992).

2.5.10. Registro

Es la aceptación oficial por la Junta Ejecutiva de un proyecto validado como proyecto MDL. El registro es un requisito previo para la verificación, la certificación y la expedición de reducciones (CMNUCC, 2003).

2.5.11. Reforestación

Conversión por actividad humana directa de tierras no boscosas en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropogénico de semilleros naturales en terrenos donde antiguamente hubo bosques, pero que están actualmente deforestados. En el primer período de compromiso, las actividades de reforestación se limitarán a la reforestación de terrenos carentes de bosques al 31 de diciembre de 1989 (CMNUCC, 2001). Es decir, en el marco del MDL sólo pueden ser reforestadas tierras que hayan estado sin bosque desde antes del 31 de diciembre de 1989 y en las que ningún bosque ha crecido desde esa fecha hasta el inicio del proyecto de reforestación.

2.5.12. Reservorios de carbono

Corresponden a la biomasa superficial, biomasa subterránea, detritos, madera muerta y carbono orgánico del suelo (CMNUCC, 2003).

2.5.13. Sumidero

Cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero en la atmósfera (Naciones Unidas, 1992).

2.5.14. Validación

La validación es el proceso de evaluación independiente de una actividad de proyecto por una entidad operacional designada para comprobar si se ajusta a los requisitos del MDL (CMNUCC, s.f).

2.5.15. Verificación

Es el examen periódico independiente y la determinación a posteriori por la entidad operacional designada de las reducciones observadas de las emisiones antropógenas por las fuentes de GEI que se hayan producido como resultado de una actividad de proyecto del MDL registrada durante el período de verificación (CMNUCC, s.f).

2.5.16. Vigilancia

En el contexto del MDL la vigilancia se refiere al seguimiento o monitoreo que realiza una empresa consultora especializada, registrada ante la Junta Directiva del Protocolo de Kyoto, de modo que se cumpla con la absorción de gases con efecto invernadero calculados en la metodología de base de referencia.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar un proyecto forestal-modelo en la Región del Maule en el contexto del Protocolo de Kyoto.

3.2. Objetivos específicos

1. Determinar las condiciones para la aplicación del MDL (Protocolo de Kyoto) al proyecto forestal-modelo en el secano interior de la región del Maule.
2. Proponer y seleccionar los indicadores de control del proyecto.
3. Evaluar económicamente el proyecto-modelo.

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. Material

Se utilizaron las metodologías para proyectos de forestación y reforestación aprobadas por la Junta Ejecutiva del Protocolo de Kyoto y la información del secano interior que se solicitó a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) de la Región del Maule.

También se revisó la Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2003) y se usaron tablas auxiliares de producción y/o simuladores de crecimiento para la especie pino insigne.

Además de toda la literatura, estudios y trabajos publicados en INTERNET.

4.2. Método

La metodología de esta memoria es principalmente de estudio, recolección, selección del material relevante a cada tema, aplicación de modelos o tablas de crecimiento y visitas a terreno.

La metodología está compuesta esencialmente de 7 pasos:

1. Descripción del proyecto en el secano interior de la Región del Maule.

Se seleccionan dos comunidades que CONAF agrupa en un área de desarrollo denominada Huerta de Maule, estas áreas agrupan comunidades que presenten recursos forestales de interés, fuerte presencia de medianos y pequeños productores y que cuenten con acceso permanente.

Se trabajó con los datos en formato shape, entregados por CONAF, para obtener la superficie del proyecto, es decir, terrenos degradados, desprovistos de vegetación arbórea y con títulos de dominio saneados. Además a partir de estos datos se elaboraron los mapas de la superficie del proyecto.

Se describe el proyecto en el secano interior de la Región del Maule, se especifican las faenas de establecimiento, las obras de recuperación de suelos y el manejo de la plantación de pino insigne, la producción de la plantación se obtuvo de las tablas de producción del simulador de árbol individual para la especie.

2. Verificación de la elegibilidad del terreno.

Se describen las condiciones de la elegibilidad del terreno requeridas por la Junta Ejecutiva del Protocolo de Kyoto. Se averiguó en la institución pertinente si se tiene la información (fotos aéreas, imágenes satelitales u otros) que demuestre que el terreno es elegible.

3. Examen de las condiciones de aplicabilidad de las metodologías aprobadas.

Se examinó, en relación con el proyecto, las condiciones de aplicabilidad de las metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva hasta enero de 2007, lo que permitió seleccionar, de las cinco metodologías aprobadas, la más aplicable al proyecto.

4. Aplicación de la metodología de base de referencia.

Se realizó la estimación de la absorción de carbono por medio de la metodología "Reforestación de suelos degradados", de Guangxi, China.

Para la estimación de las fugas, el consumo de combustible se obtuvo de páginas de internet de venta de vehículos y los factores de emisión del IPCC (2006).

Se calcularon las RCEt que se podrían obtener al realizar el proyecto.

5. Determinación de los parámetros que exige la metodología de vigilancia.

Se determinaron los parámetros que exige la aplicación de la metodología de vigilancia.

6. Evaluación económica del proyecto-modelo.

Se evaluó económicamente el proyecto-modelo sin carbono, considerando todos los costos relevantes del proyecto y todos los ingresos, incluido el incentivo a la forestación, DL 701. Se evaluó la viabilidad del proyecto-modelo a través de dos indicadores financieros, el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR). En la evaluación económica del proyecto-modelo con carbono, se incluyó el ingreso de las ventas de las RCEt y el costo de la vigilancia, entre otros, y se calcularon los mismos indicadores que para la evaluación económica sin carbono.

Para la elaboración de las tablas que se muestran en la evaluación económica los precios fueron actualizados según el IPC de agosto de 2007. La asesoría profesional se consideró según la tabla de costos de CONAF (2006). Los gastos generales se obtuvieron de Neuenschwander (2006). El costo por hectárea del suelo se obtuvo de un promedio de los avalúos fiscales. El costo de administración se obtuvo de INFOR (2004). Las cotizaciones se realizaron a través de llamadas telefónicas y la tasa de interés utilizada en el crédito (tabla 29, pág. 56) se obtuvo de la tasa de interés promedio del sistema bancario de agosto de 2007 (Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras de Chile (SBIF), 2007).

En la evaluación económica con carbono, los costos de administración de RCEt se obtuvieron de Neuenschwander (2006) y el costo del Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte (SECTRA) (2007).

7. Establecer la adicionalidad del proyecto-modelo.

Se siguieron los pasos de la metodología para demostrar la adicionalidad de un proyecto forestal MDL.

5. DESCRIPCIÓN PROYECTO FORESTAL EN LA REGIÓN DEL MAULE

La actividad es una forestación con la especie pino insigne, que comprende plantación en suelos degradados, obras de recuperación de suelos y manejo de plantaciones aplicable a pequeños propietarios forestales. La fecha de inicio de la actividad del proyecto corresponde al año 2008, el objetivo general es recuperar suelos degradados y promover el desarrollo económico sustentable en las comunidades, los específicos son secuestrar CO₂ a través de la forestación, mejorar las condiciones del suelo e incrementar los ingresos de los pequeños propietarios.

Se escoge la especie pino insigne considerando adaptabilidad a las condiciones de la zona y por fines productivos, ya que tiene importancia en el ámbito forestal nacional, además de su corta rotación.

Los potenciales interesados en el proyecto son 28 propietarios individuales que cuentan con sus títulos de dominio saneados, condición básica para acogerse a los beneficios del decreto ley N° 701 (DL 701), de 1974, cuyo texto fue reemplazado por el decreto ley N° 2.565, de 1979 y modificado por la ley N° 19.561 (CONAF, 1999).

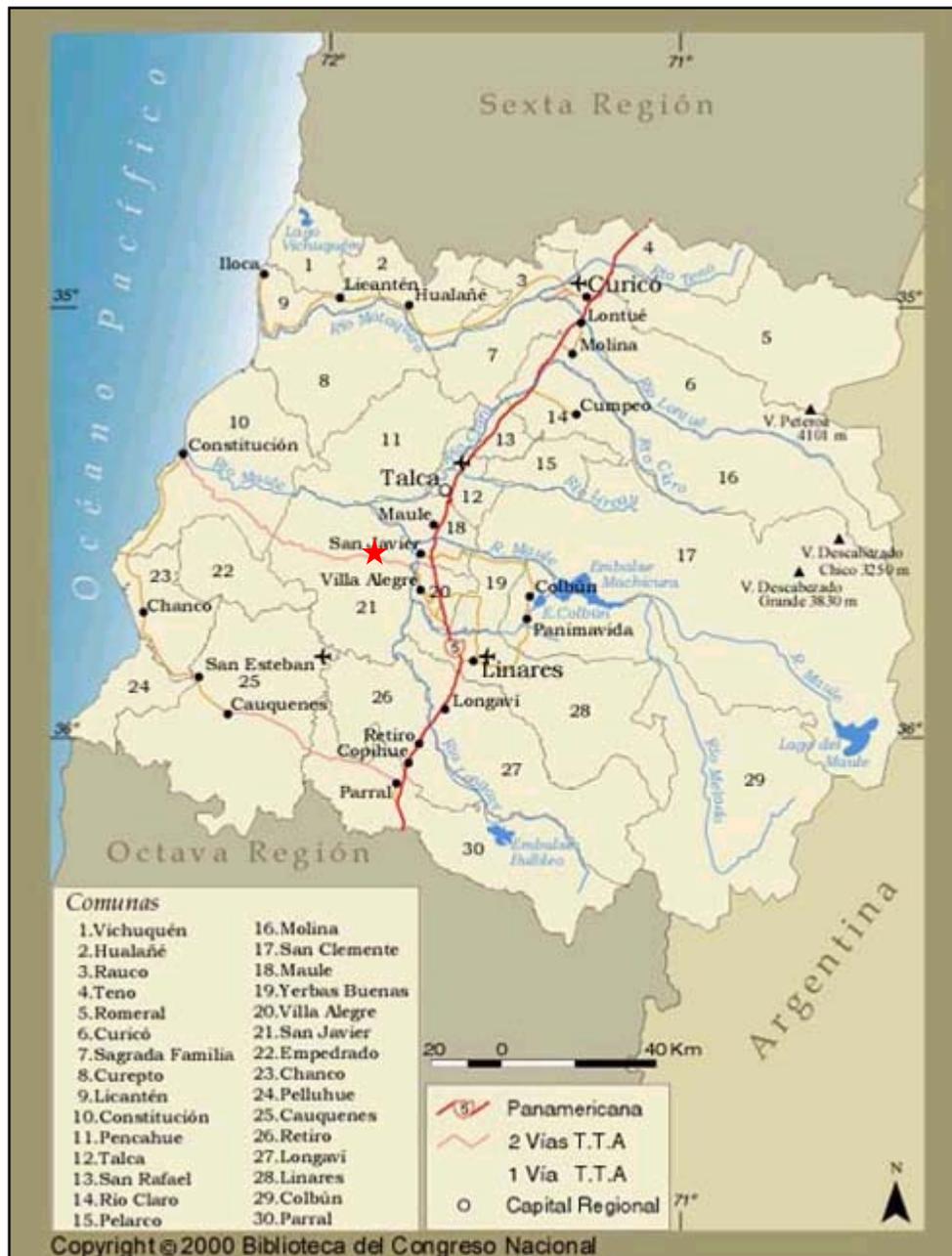
5.1. Comunidades de Ranchillos y Purapel-La Greda

El proyecto se estudió para las comunidades de Ranchillos y Purapel-La Greda, las que se encuentran en el secano costero interior de la comuna de San Javier, Región del Maule, Provincia de Linares (figuras 1 y 2). Se seleccionaron estas comunidades porque están definidas como áreas creadoras de masas forestales, por lo tanto su principal orientación se basa en generar masas boscosas, debido a la cantidad de territorio disponible para ello y la poca existencia de bosques (CONAF, 2003).

Las comunidades de Ranchillos y Purapel-La Greda se encuentran aproximadamente a 35 Km de la ciudad de San Javier, por la ruta que une esta última ciudad y la de Constitución. Se accede a ellas por esta ruta hasta llegar al cruce denominado "Huerta de Maule"; luego desde allí y en dirección Sur en unos 4,5 Km. se encuentra la escuela de Ranchillos y punto central de la misma comunidad (CONAF, 2003).

Cabe destacar que ambas comunidades no poseen centros urbanos de importancia ni aglomeraciones de viviendas que permitan identificar puntos clave de ubicación, sin embargo el hito más importante lo constituye la escuela de Ranchillos que es la puerta de entrada a ambas comunidades (CONAF, 2003).

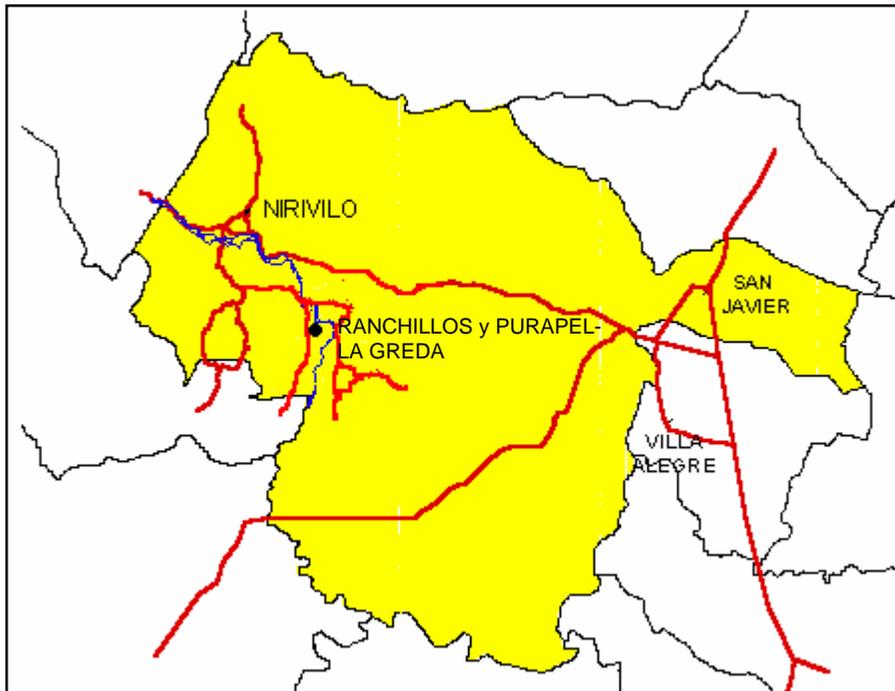
Figura 1: Mapa regional



★ Comunidades de Ranchillos v Purapel-La Greda

Fuente: ChilePass (2004).

Figura 2: Ubicación Geográfica-Administrativa de Ranchillos y Purapel-La Greda



Fuente: CONAF (2003).

5.1.1. Suelos

Son suelos correspondientes a la asociación Cauquenes, esto es, profundos, residuales, formados a partir de rocas graníticas, bien evolucionados, de texturas arcillosas en todo el perfil. Descansan sobre un substrato constituido por roca granítica muy meteorizada y rica en cuarzo y feldspatos. Ocupa una posición topográfica de cerros y lomajes (Santis, 2005). En este tipo de suelos predomina la escorrentía sobre la infiltración, por lo tanto son muy sensibles a la erosión. Esto último se ve agravado por la escasa cubierta vegetal lo que favorece la pérdida de horizontes orgánicos del suelo, los que son depositados en sectores más bajos.

Los suelos de estas comunidades han sido en su mayoría sobreexplotados, con antecedentes de que en años anteriores las prácticas agrícolas intensivas y sin tecnología apropiada, ni rotación de cultivos o actividad ganadera intensa produjeron un empobrecimiento del recurso suelo, llevándolo a su degradación en gran parte de la superficie, evidenciando visibles efectos de susceptibilidad a la erosión y pérdida de los suelos (CONAF, 2003).

La clase de capacidad de uso de los suelos destinados al proyecto corresponde a la clase VII, es decir, de aptitud preferentemente forestal y las características específicas de estos se encuentran en la tabla 1 (CONAF, 2007b).

Tabla 1: Características del suelo del proyecto

Factor	Característica
Relieve	Cerros
Pedregosidad	< 5% (sin Pedregosidad)
Profundidad efectiva	50 a 75 cm
Susceptibilidad a la erosión	Severamente susceptible
Nivel freático	No existe dentro de los 120 cm
Permeabilidad	Moderadamente lenta (0,51 a 2,0 cm/hr)
Inundación	No existe
pH	5,6 a 6,0 (Moderadamente ácido)
Salinidad	Menor de 2 DS/MT (No salino)
Alcalinidad	Menor de 10% (No alcalino)
Textura	Muy fina (Arcillosa)

5.1.2. Clima

El clima del secano interior corresponde a un clima mediterráneo marino con niveles de precipitaciones de esta zona para los meses secos de 23 mm y subiendo a aproximadamente 550 mm en los meses de invierno, lo que da un promedio de 910 mm al año (CONAF, 2003). Las temperaturas máximas en verano superan los 30°C y en invierno las mínimas llegan a 4°C (Santibáñez, 1993).

Esta zona en general se define como Agroclima Talca Mediterráneo Marítimo, el que se observa en el llano central desde Curicó hasta el norte de Chillán, en todo el sector poniente de la comuna en el cual existe gran cantidad de días nublados pero con pocas precipitaciones. Los principales cursos de aguas corresponden a unos dos esteros y aguas de pozo que circulan en gran parte del año, pero que en meses secos de verano o un año con pocas precipitaciones esos cursos de agua escasean o simplemente se secan, siendo utilizados como fuente de consumo y riego, siempre que las condiciones climáticas del invierno lo permiten. El principal caudal es el Río Purapel que atraviesa en paralelo por las dos localidades y que es intensamente utilizado en los meses requeridos (CONAF, 2003).

5.1.3. Vegetación

La vegetación natural fue transformada en cultivos e incorporación de tierras al pastoreo, y el secano interior actualmente aparece dominado por una vegetación de baja productividad y riqueza de especies, en general la cubierta vegetal de esta zona corresponde a espino.

La cobertura de vegetación presente específicamente en los terrenos del proyecto es mínima, solamente algunos ejemplares arbustivos de espino, *Baccharis linearis* (Ruiz et Pav.) Pers. (romerillo) y *Lithraea caustica* (Mol.) Hook. et Arn. (litre).

5.1.4. Empleo

En registros oficiales no aparece el área como una zona de altos índices de cesantía, aunque la mayoría de los pobladores no poseen empleos con ingresos fijos, solamente pueden subsistir mes a mes, gracias al propio campo que cultivan. Esta condición de desempleo lleva, en algunos casos, a niveles de pobreza en la población, lo que genera la emigración de la comunidad en busca de mejores expectativas laborales, en especial en la actividad forestal que en ciertos períodos del año posee bastante movimiento (CONAF, 2003).

5.1.5. Actividad forestal

En estas comunidades la actividad forestal no posee gran importancia, pero se está incentivando a crear masas boscosas debido a la disponibilidad de suelos desnudos en el área. Lo anterior se refuerza debido a que en comunidades aledañas, este rubro ha cobrado cierta expectativa, en virtud de algunos pequeños propietarios que han incursionado en plantaciones, generando empleo en diferentes faenas (preparación de suelo, plantación, manejo de los bosques, explotación y comercialización) y obteniendo metro ruma, polines y algunas trozas para aserradero (CONAF, 2003).

5.2. Uso del suelo y área del proyecto

Las comunidades de Ranchillos y Purapel-La Greda forman el área de desarrollo denominado Huerta de Maule, la cual tiene una superficie total (tabla 2) de 4.234,72 hectáreas (CONAF, 2007b).

Tabla 2: Superficie uso actual del suelo

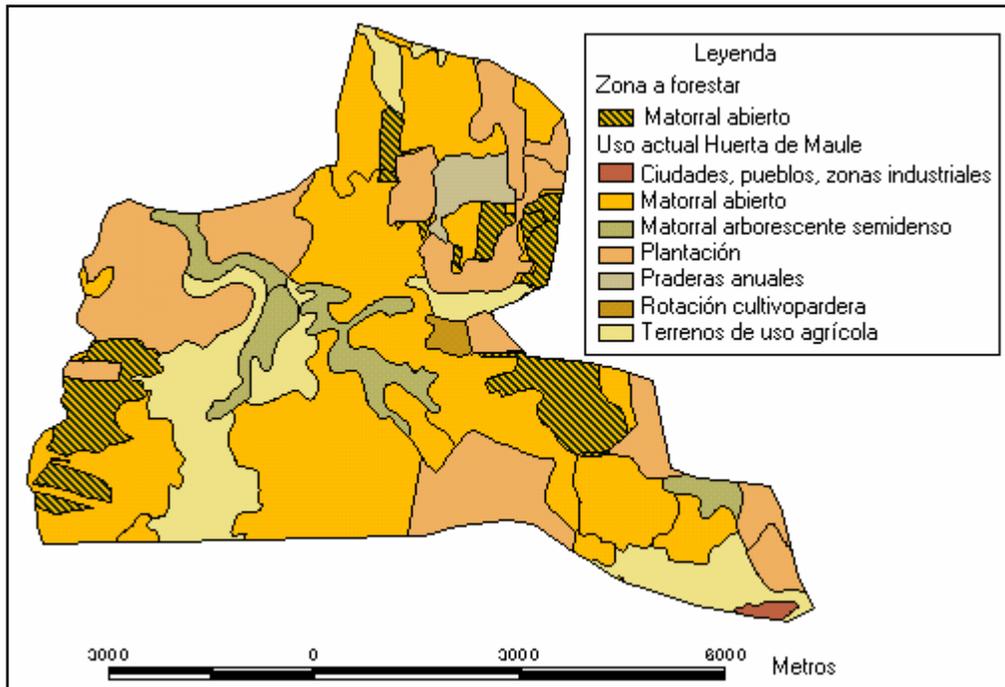
Suelos	Superficie (ha)
Ciudades-pueblos-zonas industriales	14,6
Matorral abierto	2.209,0
Matorral arborescente semidenso	265,4
Plantación	1.029,3
Praderas anuales	75,1
Rotación cultivo-pradera	24,6
Terrenos de uso agrícola	616,8
Superficie Total	4.234,8

Fuente: CONAF (2007b).

El uso agrícola de esta área se ve restringido sólo a las chacras de consumo familiar en el mayor de los casos, cultivando leguminosas, hortalizas y otros productos que en muy pocos casos alcanzan para hacer una comercialización a baja escala. El trigo sigue siendo el mayor cultivo agrícola de las comunidades, destinado para el consumo familiar y en pocos casos para la venta. Estas pequeñas áreas de producción agrícola prácticamente no son regadas y sólo las chacras se riegan en ocasiones con aguas provenientes de norias y pozos, pero que en todos los casos se ve condicionado a cómo se presentó climáticamente el invierno para el abastecimiento del vital elemento (CONAF, 2003).

El área potencial donde se modela el proyecto es de 409,89 hectáreas de matorral abierto (figura 3).

Figura 3: Mapa uso actual del suelo de Huerta de Maule



5.3. Faenas de establecimiento

5.3.1. Limpia de terreno

El objetivo central del proyecto es recuperar suelos degradados, considerando esto y la escasa presencia de malezas y reducida cobertura de especies arbustivas, se realizará la faena de roce con motosierra solamente para eliminar a los arbustos que se encontrarán en la línea de plantación que impidan el trabajo del arado para la preparación del suelo (Sotomayor *et al.*, 2004). Por lo tanto, la cantidad de vegetación eliminada mediante esta actividad será mínima, y se apilará en fajas paralelas a las curvas de nivel, las que protegerán el suelo, minimizando efectos erosivos y la pérdida de nutrientes y lo que permitirá también un adecuado establecimiento de la plantación (García *et al.*, 2000).

5.3.2. Preparación de suelo

Para preparar el suelo se utilizará la aradura, los surcos de plantación se harán con arado de vertedera tirado por caballo, en curvas de nivel, con dos pasadas sobre la línea de arado, seguido por un mullido del suelo removido con una rastra de clavos (Sotomayor *et al.*, 2004).

5.3.3. Cercado

En esta zona algunos propietarios tienen animales como cabras, que dejan libres para que pastoreen, por esa razón es necesario construir un cerco (figura 4) para proteger a las plantas de este tipo de ganado (Sotomayor *et al.*, 2004).

El cercado consistirá en un empostado perimetral con polines de pino impregnados puestos cada 3 metros (tabla 3) y 5 hebras de alambre de púa (Benedetti *et al.*, 2006).

Los postes serán empotrados a una profundidad de 40 cm.

Figura 4: Mapa con las superficies a cercar

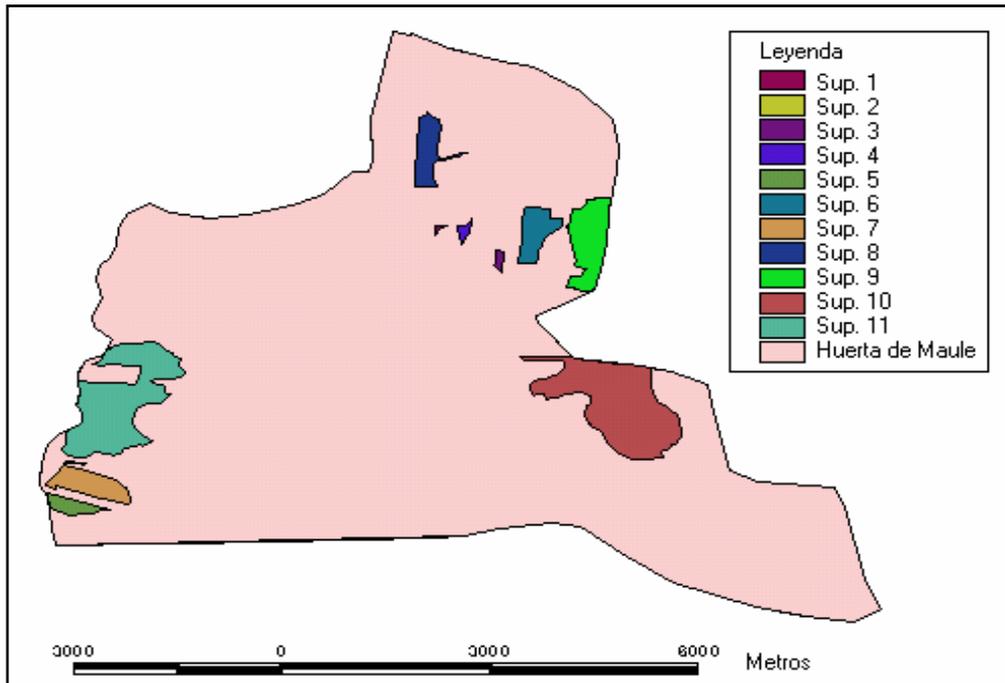


Tabla 3: Perímetros a cercar y polines necesarios

Nombre	Perímetro (m)	N° Polines
Sup.1	2.331,57	777
Sup.2	453,03	151
Sup.3	874,62	292
Sup.4	761,26	254
Sup.5	3.198,15	1.066
Sup.6	561,39	187
Sup.7	2.599,19	866
Sup.8	3.628,80	1.210
Sup.9	6.809,14	2.270
Sup.10	7.411,47	2.470
Sup.11	1.871,83	624
Total	30.500,44	10.167

5.3.4. Plantación

La plantación se realizará en el período mayo - julio, después de las precipitaciones que ocurran en la zona, para que las plantas recién establecidas logren desarrollar el sistema radicular (García *et al.*, 2000).

La densidad de la plantación para este sistema productivo puro será de 1.250 árb/ha (Peters, 2005) y el espaciamiento será de 4 m x 2 m (Álvarez, 1998).

Se utilizarán plantas que se hayan desarrollado en contenedores especiales (speedling) provenientes de un vivero de la comuna de Linares, aproximadamente a 30 km de San Javier (Ministerio de Obras Públicas (MOP), 2007).

Se utilizará la técnica neozelandesa de plantación o doble T, que consiste en la aplicación de un corte longitudinal de la tierra con pala plantadora y dos cortes perpendiculares a éste con posterior remoción del suelo, proporcionando así, una superficie de suelo removido a la planta, donde desarrollar de manera adecuada su sistema radicular y obtener por lo tanto un buen prendimiento (García *et al.*, 2000).

Al momento de plantar se deberá aplicar gel en dosis de 4 gr por planta, a una profundidad media de 35 cm, en la parte más profunda de la abertura que quede al introducir la pala, antes de poner la planta (Sotomayor *et al.*, 2004). La función del gel es evitar problemas de deshidratación de las raíces (García *et al.*, 2000).

5.3.5. Fertilización

La sobreexplotación de los suelos genera una elevada tasa de erosión, principalmente hídrica. Estos procesos erosivos eliminan el material fino, principalmente arcillas, limos y materia orgánica, los cuales son muy importantes para mantener una alta productividad del suelo (Toro, 2004).

Los suelos graníticos son compactos, presentando un bajo volumen total de poros y una alta pedregosidad (Salazar y Valenzuela, 1977). El desarrollo radical es, en consecuencia, restringido, afectando el abastecimiento de agua y la nutrición de la planta, pero no constituye un factor limitante para el desarrollo. Además, debido al uso ganadero y a las técnicas de cultivo utilizadas con anterioridad, como ya se mencionó, los suelos fueron afectados negativamente por erosión y compactación, influyendo esto marcadamente en su estructura y fertilidad en general (González, 2000), lo que en casos extremos sí puede constituir una seria restricción para el desarrollo forestal (Guerra *et al.*, 2005).

En el establecimiento de pino insigne, uno de los elementos nutritivos que debe ser considerado en la fertilización, es el Boro. La deficiencia de Boro es un problema nutricional que se presenta debido al periodo seco prolongado, situación que se agrava al combinarse con suelos de baja capacidad de almacenamiento de agua aprovechable para las plantas (Gerding y Schlatter, 1985).

El fósforo es indispensable para una multitud de funciones fisiológicas de la planta, el Superfosfato Triple es un fertilizante fosfatado que tiene un alto contenido de fósforo (45% de P₂O₅), su uso es casi obligado en plantaciones, pues incentiva la floración, fructificación, maduración y desarrollo de las raíces. En general se utiliza en invierno

cuando las raíces están aletargadas (Sociedad Distribuidora de Materiales de Construcción (SODIMAC), 2007a).

El cobre es componente de diversas enzimas que intervienen en la nutrición de la planta, tiene un papel preponderante en la fotosíntesis y formación de clorofila (Viarural, 2007). Su deficiencia se observa fácilmente por las deformaciones o retorcimientos que presentan los crecimientos terminales de la planta joven (Dans del Valle *et al.*, 1999). Las causas de su carencia son, el pH alto o terrenos muy lavados, básicamente suelos arenosos y pobres en fertilizantes. el aporte de cobre por medio de tratamientos fungicidas cúpricos, por ejemplo, Sulfato de Cobre, es suficiente para remediar esta deficiencia (Morales, 2007).

La fertilización será manual y se realizará un hoyo a 15 cm de la planta a 5 cm de profundidad (Zunino, 1992), se realizará inmediatamente después de la plantación y consistirá en la aplicación de una mezcla por hectárea de 60,5 kg de Superfosfato Triple, 38 kg de Boronatrocalcita y 1,5 kg de Sulfato de Cobre, con una dosis por planta de 80 gr de la mezcla (Sotomayor *et al.*, 2004).

No se fertilizará con nitrógeno para no aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero.

5.3.6. Control de malezas

Las malezas corresponden a aquellas plantas que compiten por luz, agua y nutrientes, con el cultivo de interés. Siempre las malezas son más eficientes en cuanto al desarrollo radicular, resistencia a heladas, sequía y altas temperaturas, por lo que su impacto en la productividad es significativo (Álvarez, 1998).

Se realizará control de malezas en forma manual con bomba de espalda, y se utilizará Glifosato (4 l/ha) el primer año, Hexazinona (2,5 kg/ha) el segundo y Glifosato (3 l/ha) más Atrazina (4 kg/ha) el tercer año de la plantación (Álvarez *et al.*, 2004).

Para el caso de pino insigne, la mejor opción para controlar las malezas, en cuanto a la relación beneficio/costo, es la de bandas de 2 m de ancho (Álvarez, 1998).

5.3.7. Control de lagomorfos

Las liebres y conejos pueden causar serios problemas en el establecimiento de las plantaciones, por esto, se deberá evitar el ramoneo de plantas por animales pequeños a través del uso de repelentes (García *et al.*, 2000).

Se puede utilizar el repelente general de Productos Exito S.A, su presentación es en bidón de 5 litros (concentrado) y se adjunta una bolsa de 2 kilos de adherente Rain Out, que sirve para mayor adherencia. Se debe diluir el producto con el agua (5 lts/25lts agua) y luego agregar el adherente. Sumergir las plántulas en la mezcla y dejar secar 15 minutos antes de la plantación. El producto tiene un rendimiento de 1.200 plantas por bidón aproximadamente y dura aproximadamente un año (Productos éxito, 2007).

Este control se realizará hasta el tercer año de la plantación, por lo que se necesitará un bidón anual por hectárea.

5.3.8. Protección fitosanitaria

La mejor defensa sanitaria para una plantación es la correcta selección de la especie para el sitio de la plantación, realizando después las actividades necesarias de mantención y manejo para lograr un crecimiento vigoroso de los árboles (Benedetti *et al.*, 2006).

Para controlar el ataque de insectos dañinos se debe considerar el manejo integrado de plagas, que considera una combinación del control biológico, control mecánico, intervenciones silvícolas y uso de agroquímicos. Sin embargo, cada situación requiere de análisis y acciones particulares (Benedetti *et al.*, 2006).

El caso más grave a la fecha es la polilla del brote (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.), insecto que ataca a las plantaciones de pino insigne en toda su distribución (CONAF, 2007a).

Esta polilla al atacar a plantas menores de cinco años produce un daño que se traduce en la pérdida de la rectitud de las plantas y con ello en una reducción del volumen aprovechable, que los cálculos estiman en un 35% al final de la rotación (Vidal, 2007).

En el caso que los propietarios observen algún tipo de daño, se recomienda que se apoyen en una adecuada asesoría profesional, y si es necesario, que concurren a oficinas del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Instituto Forestal (INFOR) o Controladora de Plagas Forestales (CPF).

Los propietarios pueden reconocer el ataque observando yemas y brotes, ya que desde febrero a septiembre, las larvas se alimentan internamente de las yemas laterales y/o apicales, produciendo sobre ellas un grumo seco y duro de resina, desde octubre a mediados de noviembre, se alimentan perforando los brotes tiernos, los cuales comienzan a secarse y caer (Vidal, 2007).

El control mecánico es una actividad que permite controlar la población de polilla del brote evitando mayores perjuicios a los árboles atacados, mediante la corta de brotes infestados con larvas de este insecto. Es una actividad de bajo costo y alta efectividad en la reducción de los niveles de infestación y daño. Se debe trabajar en aquellas plantaciones que tengan una altura de trabajo adecuada, es decir, que los brotes se encuentren al alcance de la mano (Vidal, 2007).

Una vez reconocido el ataque, se procede a revisar las plantaciones y cortar con tijeras de podar todos aquellos brotes infestados, guardándolos en bolsas plásticas resistentes, las cuales deben ser enterradas (Vidal, 2007).

Además, CONAF lleva a cabo el proyecto "control integrado de la polilla del brote" cuyo objetivo es reducir las pérdidas producidas por ésta plaga. Para ello se ha desarrollado una serie de técnicas que permite el manejo de la plaga, fortaleciendo el control biológico a través del establecimiento del parásito *Orgilus obscurator* Ness. (CONAF, 2007a).

5.3.9. Cortafuego

El objetivo del cortafuego es prevenir los incendios forestales y facilitar el combate en caso de que éstos ocurran. Son franjas libres de cualquier tipo de vegetación y deben permanecer de esa forma (García *et al.*, 2000).

Se habilitarán franjas de 3 metros de ancho que dividan la plantación en bloques de cada predio, también rodearan toda la superficie forestada. Además se utilizarán como vías de acceso a los predios (García *et al.*, 2000).

Las franjas se realizarán en forma manual, se efectuará una limpieza similar al roce y un raspado al nivel del suelo, asegurando que no exista ningún material combustible que ayude a la propagación del fuego o que obstaculice las labores de control de incendios.

Los bloques de plantación deben poseer entre 10 y 25 hectáreas de superficie. El objetivo de los bloques, es disminuir la posibilidad de que cualquier fuego que se desarrolle o ingrese en la plantación no afecte más de la superficie de un bloque, realizándose las acciones de control sobre ellos (Rodríguez, 2003).

La figura 5 muestra una distribución de cortafuegos interiores para fines prácticos y de cálculos, indicados en la tabla 4, pero en terreno se debe considerar el factor topografía.

Figura 5: Mapa de distribución cortafuegos interiores

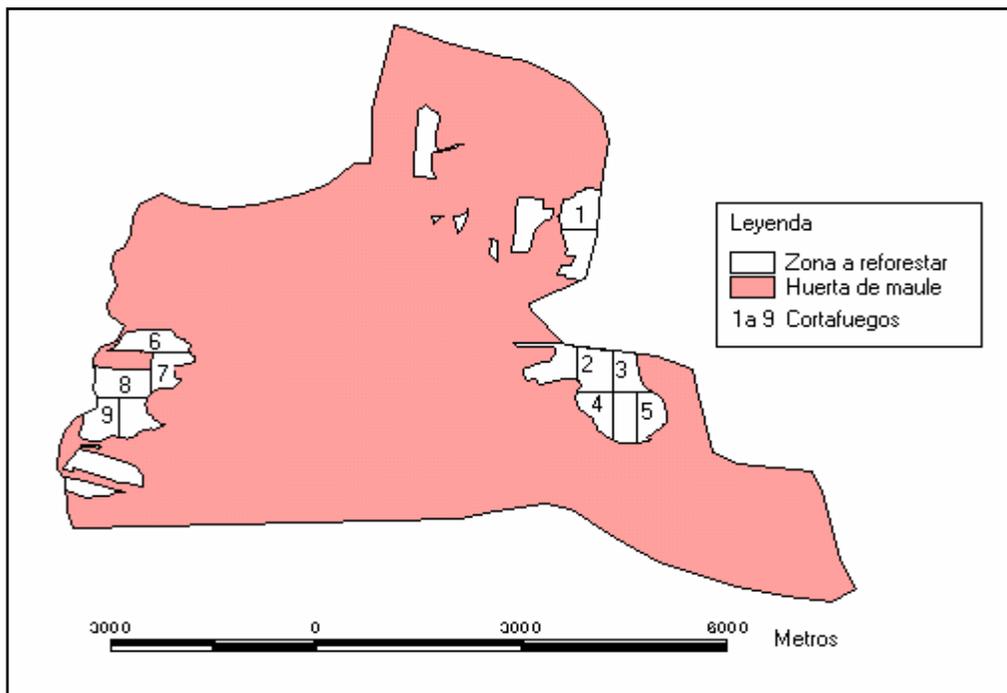


Tabla 4: Metros lineales de cortafuegos

Cortafuegos	Nombre	Metros lineales
Cortafuegos perimetrales (figura 4, pág. 16)	Sup.1	2.332
	Sup.2	453
	Sup.3	875
	Sup.4	761
	Sup.5	3.198
	Sup.6	561
	Sup.7	2.599
	Sup.8	3.629
	Sup.9	6.809
	Sup.10	7.411
	Sup.11	1.872
Cortafuegos interiores (figura 5, pág. 20)	1	479
	2	460
	3	1.267
	4	1.039
	5	662
	6	499
	7	340
	8	680
	9	559
Total		36.485

5.3.10. Control de la erosión y recuperación de suelo

Según CONAF (1999), la categoría de erosión severa se puede manifestar en tipos de erosión laminar o de manto intensiva, o de zanjas o cárcavas, pudiéndose identificar uno o más de los siguientes indicadores de erosión:

- a) presencia del subsuelo en un área entre 15 y 60% de la superficie;
- b) presencia de pedestales y pavimentos de erosión entre el 15% y 60% de la superficie;
- c) pérdida del suelo original entre el 60 y 80%;
- d) presencia de zanjas o cárcavas de profundidad de 0.5 a 1 metro, encontrándose a un distanciamiento medio de 10 a 20 metros; y
- e) pérdida de hasta un 30% del horizonte B.

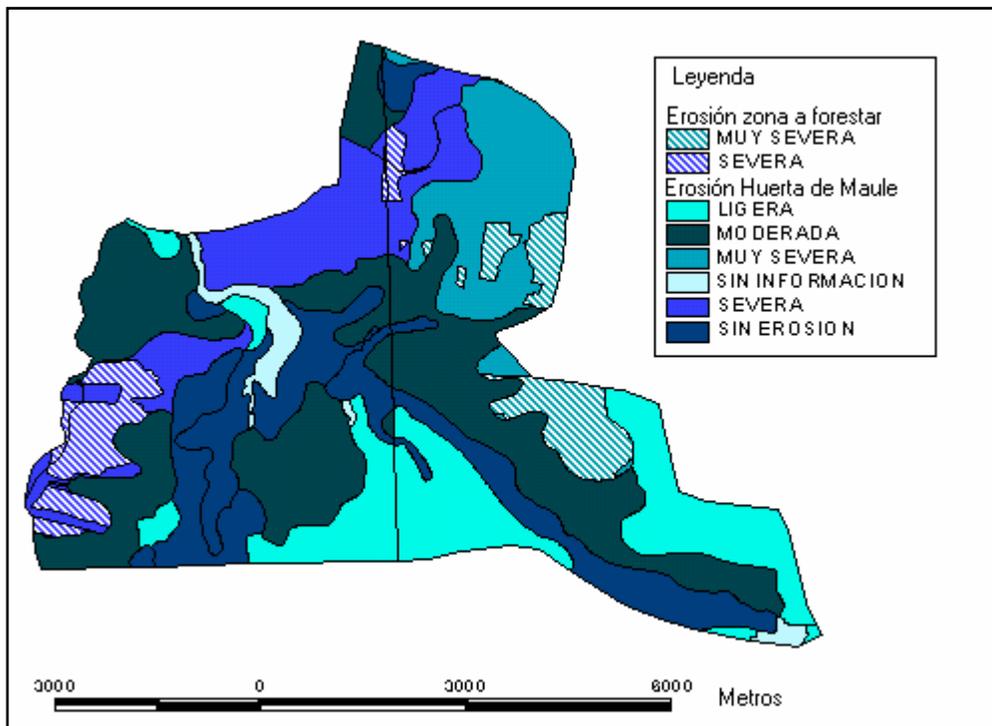
Según CONAF (1999), la categoría de erosión muy severa se puede manifestar en tipos de erosión laminar o de mantos muy acelerados, o de cárcavas, pudiéndose identificar uno o más de los siguientes indicadores:

- a) se presenta a la vista el subsuelo y se encuentra visible el material de origen del suelo, en más del 60% de la superficie;

- b) presencia de pedestales y pavimentos de erosión, en más del 60% de la superficie;
- c) pérdida de suelo original entre el 80 y 100%;
- d) presencia de cárcavas de profundidad mayor a 1 metro, encontrándose a un distanciamiento medio de 5 a 10 metros; y
- e) pérdida de más del 30% del horizonte B.

De la zona a forestar 219,91 ha se encuentran muy severamente erosionadas, el resto, 189,98 ha, están severamente erosionadas (figura 6). Las pendientes de estos terrenos fluctúan entre 15 y 30%, con terrenos de lomajes a fuertemente ondulados (CONAF, 2007b).

Figura 6: Mapa grados de erosión de Huerta de Maule



Para combatir el desgaste del suelo, mitigar los procesos erosivos, aumentar la capacidad de infiltración y favorecer el establecimiento de la plantación, se construirán, según el grado de fragilidad que presenten los sectores, las siguientes obras de recuperación:

Diques de postes (figura 7): esta obra se realizará para controlar las cárcavas y los cursos de agua secundarios. Consiste en una estructura de postes verticales impregnados y horizontales de una altura efectiva entre 0,5 a 1,5 metros. Los postes verticales se entierran entre 0,5 a 1 metro, según el tipo de suelo y se distancian entre 0,5 y 1,2 metros. Los postes horizontales deben empotrarse entre 0,3 a 0,6 metros en el fondo y lateralmente. En la parte posterior del dique para aumentar la capacidad de retención de sedimentos, se coloca una malla de polietileno "tipo malla sombra" (mínimo 80% de

cobertura). Para proteger la estructura de un eventual socavamiento, se construye un pequeño terraplén en su parte posterior (CONAF, 2006).

Dependiendo de la longitud de la cárcava a controlar se construirán uno o más diques. Si la longitud de la cárcava es menor a 20 metros, es suficiente con construir un dique, por otra parte, si la cárcava tiene una longitud superior a los 20 metros, y la pendiente del lecho es elevada, se debe considerar la construcción de más de un dique. Para este último caso, se recomienda establecerlos de manera que la altura útil del dique más bajo, coincida con el inicio del dique ubicado aguas arriba (Pizarro *et al.*, 2003a).

Figura 7: Fotografía módulo de CONAF, dique de postes



Empalizada (figura 8): se realizará esta obra para regular los flujos hídricos y contener sedimentos en taludes, cárcavas y/o laderas inestables. Presenta una altura entre 0,25 y 0,8 metros y un largo variable. Se utilizan postes verticales impregnados, que se entierran entre 0,25 a 0,7 metros, se distancian de 0,5 a 0,8 metros y postes horizontales que se empotran en el fondo de 0,1 a 0,3 metros. Para aumentar la capacidad de retención de sedimentos la parte posterior de la estructura se cubre con un tipo de "malla sombra" (mínimo 80% de cobertura) u otra de similar calidad. Para proteger la obra en su parte posterior, se debe construir un pequeño terraplén. La distancia entre líneas de empalizadas dependerá del estado de degradación e inclinación del terreno (CONAF, 2006).

Figura 8: Fotografía módulo de CONAF, empalizadas



Canal de desviación (figura 9): se realizará de forma manual, tienen la función de interceptar la escorrentía y conducirla hacia un cauce natural o a una cárcava estabilizada a velocidades no erosivas (Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2006). Se construirá en la zona anterior al nacimiento de la cárcava que presente mayor desgaste (Sotomayor *et al.*, 2004). Se construyen transversalmente a la pendiente con un ligero desnivel (1%) para transportar el agua a un área receptora estabilizada o vertedero. Presenta una sección trapezoidal con un ancho mínimo en la base de 0,2 metros, una altura efectiva mínima de 0,3 metros y una pendiente lateral referencial en ambos taludes de la obra de 1:1. Aguas abajo, adyacente a la excavación, se construye un camellón de altura y ancho similares a la profundidad del canal y a la anchura superior de la obra, respectivamente. El largo máximo es de 100 metros. El último tramo del canal corresponde entre un cuarto y un quinto de la longitud total de la obra, se construye a nivel y sin camellón, con una sección entre un 25 a 35% mayor que la sección en desnivel, sin variación de las pendientes en los taludes (CONAF, 2006).

Figura 9: Canal de desviación



Fuente: Pizarro *et al.* (2003b).

Zanja de infiltración (figura 10): esta obra se realizará de forma manual, su principal objetivo es disminuir la velocidad de la escorrentía superficial y la erosión (Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2006). Se construye transversalmente a la pendiente, en la curva de nivel. La obra comprenderá un conjunto de zanjas individuales en tresbolillo. Presentará una sección trapezoidal con un ancho mínimo en la base de 0,2 metros, una altura efectiva mínima de 0,3 metros, una pendiente lateral referencial en ambos taludes de la obra de 1:1. La sección transversal y el distanciamiento entre las zanjas, se calculará de acuerdo a la precipitación de diseño, el coeficiente de escorrentía y la categoría de erosión. Al construirse zanjas individuales en tresbolillo el largo fluctúa entre 3 y 8 metros y la separación o tabique entre zanjas, en la curva de nivel, varía entre 0,7 y 7 metros, según la altura y largo de ellas. Aguas abajo, adyacente a la excavación, se construye un camellón de altura y ancho similares a la profundidad de la zanja y a la anchura superior de la obra, respectivamente (CONAF, 2006).

Figura 10: Zanjas de infiltración



Fuente: Pizarro *et al.* (2003c).

Debido a que la cantidad de metros cuadrados o lineales que se deben construir de cada obra mencionada depende de las características que presente el terreno o las cárcavas, para lo cual se requiere un estudio detallado y visitar cada predio, solamente se considera un monto estimado de costo para cada una de ellas (tabla 23, pág. 55), que de llevarse a cabo el proyecto, representarían el máximo monto posible a invertir en ellas, por lo que se debería seleccionar, de acuerdo a un estudio, la mejor ubicación de cada obra en el terreno del proyecto.

5.3.11. Calendarización de actividades

La tabla 5 muestra la calendarización de las actividades a realizar para establecer la plantación (año 1), en la cual la planificación de actividades incluye la elaboración del Plan de Manejo.

Tabla 5: Calendario de actividades forestales (año 1)

Actividad o faena	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Planificación de actividades														
Limpia de terreno														
Construcción de cercos														
Preparación del suelo														
Construcción obras de recuperación														
Construcción de cortafuegos														
Control de maleza preplantación														
Compra de plantas														
Plantación														
Fertilización														
Control de lagomorfos														
Labores de protección														

Fuente: Sotomayor *et al.* (2001).

5.4. Actividades para mantención y protección de la plantación

La tabla 6 muestra las actividades que se deberán realizar hasta el último año de la plantación.

Tabla 6: Actividades para mantención y protección de la plantación

Actividad	Año																						
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Mantención																							
Control lagomorfos																							
Control de malezas postplantación																							
Protección																							
Contra incendios (limp.cortafuegos)																							
Contra polilla del brote																							

Fuente: Sotomayor *et al.* (2002).

5.5. Manejo de la plantación

Las actividades de manejo están orientadas a maximizar el valor de los productos finales a obtener de la plantación.

Se trabajará con un esquema de manejo multipropósito (tabla 7), esto porque se estima un índice de sitio de 24 m aproximadamente para los terrenos del proyecto, ya que se trata de suelos graníticos y de una zona de clima templado con estación seca prolongada (Gerding y Schlatter, 1995). Este índice concuerda con los resultados de García (1970), que para la zona establece un índice de sitio promedio de 23.5 m.

Tabla 7: Esquema de manejo seleccionado

Año intervención	Actividad	Descripción
8	Poda 1	Poda a 700 árboles seleccionados a 2 m de altura
	Raleo desecho	Extracción de árboles no seleccionados
10	Poda 2	Poda a 400 árboles seleccionados a 4,5 m de altura
13	Raleo comercial	Extracción de árboles no seleccionados
23	Cosecha	Corta final

Fuente: Peters (2005).

La rotación será de 23 años basándose principalmente en un criterio económico, ya que extender este período significaría disminuir VPN para los pequeños propietarios. Además que los bosques de pino son cosechados entre los 20 y 25 años cuando el uso de la madera es principalmente aserrable (Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones S.A. (CMPC), 2007).

Las podas se realizarán en los años 8 y 10 porque el objetivo es obtener trozas con nudo firme, podándose para eliminar la formación de nudos muertos producto de ramas secas y se ralea simultáneamente el año 8 para evitar que los árboles no podados crezcan más rápido que los podados y así éstos no pierdan su posición dominante (Benedetti *et al.*, 2006).

La ejecución del raleo comercial posee mayor flexibilidad, debido a que existe un mayor espaciamiento entre árboles, disminuyendo la competencia, por eso se realizará 5 años después del raleo a desecho (Benedetti *et al.*, 2006).

5.5.1. Podas y raleos

Las podas se realizarán en forma manual, con serruchos cola de zorro o tijerones y los desechos quedarán esparcidos en el suelo para su descomposición.

En el raleo a desecho no se extrae madera para uso comercial, por lo que se dejará este material en el suelo y se realizará en forma manual con motosierra.

El raleo comercial se realizará en forma manual con motosierra, madereo con bueyes, cuyo esquema de trabajo se muestra en la tabla 8, carguío con trineumático y transporte con camiones con carro 6x4.

El destino de la madera serán los aserraderos de Talca.

Tabla 8: Esquema de trabajo para el raleo

Actividad	Personas	Rendimiento (m ³ /jornada)	Descripción
Motosierrista	10	9.7	Volteo, desrrame, trozado
Engavillador	5	19.4	Engavillado de trozos (1 por cada 2 motosierristas)
Boyero	5	19.4	Madereo de gavillas
Arrumador	5	19.4	Madera a orilla de camino

Fuente: Toral (2005).

Se escoge el esquema de trabajo para el raleo comercial que muestra la tabla anterior, porque el volumen a extraer (33 m³/ha, tabla 11, pág. 30) es menor a 50 m³/ha (Toral, 2005), que es el máximo volumen a extraer para optar por este esquema.

5.5.2. Cosecha

El proceso productivo se inicia con la rigurosa planificación de los caminos, la cosecha y la contratación de los servicios de terceros para la realización de las faenas en terreno y del transporte de los productos forestales (Forestal Tornagaleones S.A., 2007).

Se aplicará el método de corta a tala rasa a través del sistema de fuste entero, por lo tanto, el trozado y la clasificación se realiza en la cancha de acopio (Toral, 2005).

Lo más común en este sistema es la participación de la mano de obra y la motosierra para realizar las actividades de volteo, desrrame, despunte y trozado, en tanto, para las actividades de madereo se utilizarán skidders y para la clasificación y arrumado trineumáticos (Toral, 2005).

Tabla 9: Esquema de trabajo para la cosecha

Actividad	Personas	Rendimiento (m ³ /jornada)	Descripción
Motosierrista (bosque)	4	58	Volteo, desrrame
Motosierrista (cancha)	2	115	Trozado y desrrame
Estrobero	2	115	Estrobar para los skidders
Hachero	2	115	Apoyo a desrrame
Calibrador	2	115	Medir y calibrar los trozos

Fuente: Toral (2005).

Se escoge el esquema de trabajo que muestra la tabla anterior, porque las pendientes no superan el 30%, el volumen total a extraer es de 314 m³/ha (tabla 10, pág. 29) y los productos a obtener son podado, aserrable y pulpa (tabla 12, pág. 30) (Toral, 2005).

5.5.3. Carguío y transporte

La operación de carguío la realizará el trineumático directamente sobre el camino, ya que el acopio se hace en sus orillas. El carguío se programará en conjunto con el transporte y los equipos se desplazan entre las canchas según se haya acumulado volumen suficiente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1995).

Los productos obtenidos de la cosecha (tabla 12, pág. 30) tendrán como destino los aserraderos de Talca, para el transporte de éstos, se utilizarán camiones doble puente con carro remontable con carrocerías estructurales de acuerdo a la legislación (Forestal Tornagaleones S.A., 2007).

5.6. Proyección de la plantación

Las tablas que se muestran a continuación son el resultado del Simulador INSIGNE versión 1.2.

Tabla 10: Proyección de la plantación

Manejo	Edad	Árboles (/ha)	Área Basal Total (m ² /ha)	Altura Media (m)	Dap Dom (cm)	Volumen (m ³ ssc/ha)		
						Total	C.A.C ¹	IU 10 ²
	1	1.250	-	-	-	-	-	-
	2	1.112	-	-	-	-	-	-
	3	1.075	0,02	-	-	-	-	-
	4	1.049	0,09	-	-	-	-	-
	5	1.029	0,90	2,77	6,00	1	-	-
	6	1.027	1,95	4,15	6,00	3	2,5	-
	7	1.025	3,74	5,47	8,54	13	9,2	1
Po/Ra	8	1.023	6,23	6,82	11,18	23	10,1	7
	8	700	4,78	6,91	11,18	17	-	7
	9	700	7,64	8,24	14,63	30	12,8	19
Poda	10	700	10,71	9,48	17,45	46	15,7	34
	11	700	13,89	10,52	21,20	63	17,6	51
	12	700	17,08	11,70	23,84	84	20,7	72
Raleo	13	700	20,17	12,88	26,11	107	22,7	94
	13	400	13,93	13,00	26,01	74	-	67
	14	400	16,66	14,37	29,35	95	21,6	89
	15	400	19,39	15,72	31,72	119	23,8	113
	16	400	22,01	17,03	34,07	144	25	138
	17	400	24,50	18,21	36,26	169	25	163
	18	400	26,83	19,35	38,53	194	25,1	188
	19	400	29,01	20,54	40,03	220	25,9	214
	20	400	31,03	21,59	41,50	245	24,6	238
	21	400	32,89	22,60	42,61	269	24	262
	22	400	34,62	23,56	43,95	292	23,2	285
	23	400	36,20	24,47	44,70	314	22,3	308

Fuente: Peters (2005).

¹ C.A.C = crecimiento anual corriente

² IU 10 = diámetro límite de utilización 10 cm

Tabla 11: Raleos

Edad (años)	Árboles (/ha)	Área Basal (m ² /ha)	D.M.C ³ (cm)	Volumen (m ³ /ha)
8	323	1,45	7,56	5
13	300	6,25	16,28	33

Fuente: Peters (2005).

Tabla 12: Volúmenes por productos obtenidos de la cosecha

Producto	Diámetro mínimo (cm)	Largo (m)	Volumen (m ³ /ha)
Podado	32	4,10	44
Aserrable	28	4,10	60
Aserrable	16	3,30	162
Pulpa	10	2,44	42

Fuente: Peters (2005).

5.7. Crédito de Enlace Forestal del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)

“Es un crédito de largo plazo que se entrega asociado a la bonificación que otorga el Estado de Chile para el fomento forestal establecido en el DL 701, destinado a financiar parcialmente la plantación de especies forestales y/o forrajeras” (INDAP, 2007).

La bonificación se otorga una vez realizada la plantación y se haya comprobado el prendimiento por parte de CONAF. Por tal razón, INDAP a través del Crédito de Enlace, proporciona los recursos necesarios para la realización de las plantaciones, los cuales son recuperados una vez que CONAF hace disponible la bonificación (INDAP, 2007).

Este servicio cubre hasta el 90% del 75% del monto del subsidio y se tiene un plazo de dos años para cancelar el crédito (INDAP, 2007).

³ D.M.C = diámetro medio cuadrático

6. ELEGIBILIDAD DEL TERRENO

Chile a través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), que es la Autoridad Nacional Designada para aprobar a nivel nacional los proyectos MDL, esta promoviendo la incorporación de proyectos de forestación, los que deben considerar la definición de bosque entregada por la Decisión 11 de la Conferencia de las Partes 7 (11/CP 7), la cual define bosque como una superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros a su madurez in situ (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2001).

El terreno al momento del inicio del proyecto corresponde a matorral abierto, como fuente de información para este paso sirve el mapa de uso actual del suelo de Huerta de Maule (figura 3, pág. 15), con este mapa se evidencia que las tierras sobre las cuales se modela el proyecto no tienen una cobertura vegetal que coincida con la definición de bosque antes mencionada.

En el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF *et al.*, 1999), matorral corresponde a la formación vegetal donde el tipo biológico árbol es menor al 10%, el de arbustos puede ser entre 10 a más del 75% y las herbáceas pueden estar entre 0-100%.

En los terrenos del proyecto los arbustos presentan un gran espaciamiento y baja cobertura (inferior al 10%) como se puede apreciar en la figura 11, algunos ejemplares arbustivos de espino, romerillo y litre que no superan los 2 m de altura, además el área se encuentra en un intenso proceso de desertificación, expresado a través de suelos erosionados con nula o bajísima fertilidad (figura 12).

Figura 11: Terrenos del proyecto



Figura 12: Evidencia de cárcavas en terrenos del proyecto



La actividad corresponde a la actividad de un proyecto de forestación ya que corresponde a la conversión, por actividad humana directa, de tierras que han carecido de bosque por más de 50 años, en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropogénico de semilleros naturales (CMNUCC, 2001).

La Corporación Nacional Forestal de la Región del Maule posee fotografías aéreas de los años 1994 y 1998 que demuestran que en esas fechas los terrenos se encuentran bajo el umbral nacional de bosque, como corresponde a un proyecto de forestación se necesita información del año 1958, el Servicio Aéreo Fotogramétrico (SAF) presenta un Proyecto de vuelo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) escala 1:60.000, el que corresponde a cubierta de fotografías aéreas de todo el territorio nacional, la fecha de inicio de este proyecto fue el 1 de enero de 1974 (SAF, 2007), el Instituto Geográfico Militar (IGM) posee fotografías aéreas de la Región del Maule de 1954-1955 a escala 1:70000 (IGM, 2007), por lo tanto es, según la literatura, factible demostrar con fotografías aéreas que la actividad corresponde a una forestación.

7. CONDICIONES DE APLICABILIDAD DE LAS METODOLOGÍAS APROBADAS PARA PROYECTOS DE FORESTACIÓN MDL

7.1. Condiciones del proyecto

Los terrenos a forestar están degradados, corresponde a una zona vegetacional profundamente alterada por actividades agrícolas, situación que ha determinado que la vegetación este muy destruida en cuanto a composición y estructura (Gajardo, 1994).

Los terrenos a forestar actualmente corresponden a matorral abierto.

Las actividades del proyecto no desplazan a actividades previas al proyecto fuera de su ámbito, si bien en la actualidad existe una escasa extracción de leña y algunos animales que pastorean en el sector, no cabe considerarlas como actividades desplazadas, ya que la magnitud y frecuencia de éstas es tan reducida que no se puede ni siquiera contabilizar.

Una vez comenzado el proyecto no habrá pastoreo de animales ni extracción de leña dentro de su ámbito.

Las condiciones ambientales y la degradación causada por los seres humanos no permite el crecimiento natural de vegetación forestal.

Los terrenos serán forestados por plantación directa.

La preparación del terreno no causará en el largo plazo emisiones significativas del carbono orgánico del suelo o aumentos de emisiones distintas de CO₂ desde el suelo.

La plantación se cosechará según planes de manejo con rotación corta de 23 años, y será regenerada por plantación directa.

Para este proyecto, cuya rotación es de 23 años, el período de acreditación debería ser de 30 años como máximo.

Se espera que el almacenamiento de carbono en la materia orgánica del suelo, en los detritos o en la madera muerta decrezcan más debido a la erosión del suelo e intervención humana o se incrementen menos en la ausencia de las actividades del proyecto. Debido al proceso de degradación de la zona del proyecto la tendencia, en ausencia del proyecto, seguirá siendo una disminución del carbono en la materia orgánica del suelo, en los detritos o en la madera muerta, esto porque no se vislumbran actividades alternas que detengan el proceso erosivo.

No se permite el riego por inundación.

Dentro de los límites del proyecto no habrá emisiones de GEI por quemar combustibles fósiles porque no se utilizará ningún tipo de maquinaria dentro de los límites del proyecto. El establecimiento de la plantación y el manejo silvicultural de la misma se realizará con herramientas manuales y utilizando mano de obra local.

No habrá quema de biomasa, ni recolección de leña dentro del ámbito del proyecto.

No se fertilizará con nitrógeno, por lo tanto no habrán emisiones de GEI debidas a fertilización.

Las fugas representan el incremento de emisiones de GEI que ocurren fuera del límite del proyecto, las que son medibles y atribuibles a la actividad del proyecto. En el escenario de este proyecto, los terrenos se encuentran abandonados y no son económicamente atractivos para actividades ganaderas o agrícolas, si bien en la actualidad existe una escasa extracción de leña y algunos animales que pastorean en el sector, el proyecto no incrementará el número total de animales ni la leña extraída, de este modo las emisiones de gases de efecto invernadero del ganado o de la extracción de leña desplazada no se consideran una fuga, ya que estas emisiones no se incrementarán debido al proyecto.

La protección de la plantación del pastoreo de animales y de la recolección de leña necesita la instalación de cercos, para los que se utilizan postes de madera. Como estos se obtendrán de fuentes externas al ámbito del proyecto, pero de fuentes renovables, es decir, no se produce degradación de bosques, deforestación o pérdida de vegetación, el uso de postes o polines no se considera una fuga, lo mismo ocurre con los postes necesarios para las obras de recuperación de suelos.

Por lo tanto, la única fuga que se generará es por el transporte, ya sea el de las plántulas, el de los polines, fertilizantes, entre otros materiales, y el de las trozas del raleo comercial. No se requerirá transportar a la mano de obra porque será de comunidades locales, si se contabilizará el transporte de personal técnico y el de la maquinaria.

El drenaje y las alteraciones del suelo son insignificantes, de modo tal que las emisiones de GEI que no son CO₂ debidas a este tipo de actividades se pueden ignorar.

En los terrenos del proyecto no hay actividades de forestación o reforestación ni planes para ello.

El enfoque de base de referencia o línea base “las variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del ámbito del proyecto efectivas del momento o del pasado, según corresponda” es la elección más apropiada para determinar el escenario de base de referencia ya que los terrenos se seguirían degradando en la ausencia de las actividades del proyecto, esto por el estado de degradación que caracterizan a estos terrenos y la falta de viabilidad económica que no permite a los propietarios o inversionistas usar tales tierras con fines productivos económicamente rentables.

Los reservorios de carbono que serán considerados en el proyecto son la biomasa aérea y la biomasa subterránea.

7.2. Aplicabilidad de las metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del Protocolo de Kyoto

Las metodologías tienen en común los siguientes puntos de aplicabilidad:

- Los terrenos a forestar o reforestar están gravemente degradados, con indicadores de vegetación bajo el umbral de la definición de bosque y los terrenos se siguen degradando (excepto metodología de Brazil);

- Las condiciones ambientales y la degradación causada por los seres humanos no permite el crecimiento natural de vegetación forestal (la metodología de Honduras no se refiere a esto);
- Los terrenos serán forestados o reforestados mediante la regeneración natural y/o la plantación directa y/o la siembra (las metodologías de Moldavia y Honduras no se refieren a esto);
- La preparación del terreno no causa en el largo plazo emisiones significativas del carbono del suelo (las metodologías de Moldavia y Brazil no se refieren a esto);
- Se espera que el almacenamiento de carbono en la materia orgánica del suelo, en los detritos o en la madera muerta decrezcan más debido a la erosión del suelo e intervención humana o se incrementen menos en la ausencia de las actividades del proyecto (la metodología de Moldavia no se refiere a esto);
- Se consideran como fugas las emisiones causadas por quema de combustibles fósiles al usar vehículos para el transporte; y
- Las actividades del proyecto se implementan en un terreno en el cual no hay actividades de forestación, ni reforestación.

A continuación se detallan puntos de aplicabilidad específicos según metodología.

7.2.1. “Reforestación de suelos degradados”, de Guangxi, China (CMNUCC, 2006a)

Esta metodología se puede aplicar bajo las siguientes condiciones:

- Las actividades del proyecto no desplazan a actividades previas al proyecto fuera de su ámbito; es decir, el terreno que abarca el proyecto puede continuar proveyendo al menos la misma cantidad de bienes y servicios que en ausencia de las actividades del proyecto;
- La plantación se cosechará con rotaciones corta o larga y será regenerada por plantación directa o crecimiento natural;
- En caso de realizarse el proyecto no habrá pastoreo de animales dentro de su ámbito; y
- El enfoque de base de referencia, variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del ámbito del proyecto efectivas del momento o del pasado, según corresponda, es la elección más apropiada para determinar el escenario de base de referencia y que los terrenos continuarán degradándose en ausencia de las actividades del proyecto.

7.2.2. “Restauración de suelos degradados mediante forestación y reforestación”, Moldavia (CMNUCC, 2006b)

Esta metodología se puede aplicar bajo las siguientes condiciones:

- Las actividades del proyecto no desplazan a actividades previas al proyecto fuera de su ámbito;

- En caso de realizarse el proyecto no habrá pastoreo de animales dentro de su ámbito; y
- El enfoque de base de referencia es, variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del ámbito del proyecto efectivas del momento o del pasado, según corresponda.

7.2.3. “Forestación y reforestación de suelos degradados mediante la plantación de árboles asistida tanto por la regeneración natural como por el control del pastoreo de animales”, Albania (CMNUCC, 2006c)

Esta metodología es aplicable a las siguientes actividades del proyecto:

- La forestación o la reforestación de terrenos degradados, que están sujetos a fuerte degradación con remanentes que fijan poco carbono, a través de la regeneración natural asistida, la plantación de árboles o el control tanto del pastoreo existente previo al proyecto como de la recolección de madera para combustible (incluyendo producción de carbón vegetal in situ).

Esta metodología se puede aplicar bajo las siguientes condiciones:

- Las actividades del proyecto pueden conducir a desplazar las actividades realizadas en el terreno fuera del ámbito del proyecto, por ejemplo, un desplazamiento de las actividades de pastoreo y de la recolección de leña, incluida la producción de carbón vegetal;
- No se permite el riego por inundación;
- El drenaje y las alteraciones del suelo son insignificantes, de modo tal que las emisiones de GEI que no son CO₂ debidas a este tipo de actividades se pueden ignorar;
- La cantidad de especies fijadoras de nitrógeno usada en las actividades del proyecto no es significativa, de modo que las emisiones de GEI generados por la desnitrificación se puede ignorar en la estimación efectiva neta de la remoción de GEI por sumidero; y
- Esta metodología agrega las fugas causadas por desplazamientos de actividades de pastoreo y recolección de leña previas al proyecto y por el incremento en el uso de madera para cercos.

7.2.4. “Forestación o reforestación de suelos actualmente bajo uso agrícola”, Pico Bonito, Honduras (CMNUCC, 2006d)

Esta metodología es aplicable a las siguientes actividades del proyecto:

- La forestación o la reforestación de terrenos degradados, que están sujetos a mayor degradación aún o con remanentes que fijan poco carbono, a través de la regeneración natural asistida, la plantación de árboles o el control tanto del pastoreo existente previo al proyecto como de la recolección de leña;

Esta metodología se puede aplicar bajo las siguientes condiciones:

- Las actividades del proyecto pueden conducir a desplazar las actividades previas a él fuera de su ámbito; por ejemplo, un desplazamiento de las actividades agrícolas, de pastoreo y/o de recolección de leña;
- No se permite el riego por inundación;
- El drenaje y las alteraciones del suelo son insignificantes, de modo tal que las emisiones de GEI que no son CO₂ debidas a este tipo de actividades se pueden ignorar;
- La cantidad de especies fijadoras de nitrógeno usada en las actividades del proyecto no es significativa, de modo que las emisiones de GEI generados por la desnitrógenización se puede ignorar en la estimación efectiva neta de la remoción de GEI por sumidero; y
- Esta metodología agrega las fugas debidas a desplazamientos de actividades de cultivos agrícolas.

7.2.5. "Actividades de proyectos de forestación y reforestación implementadas para usos industrial y/o comercial", Belo Horizonte, Brazil (CMNUCC, 2006e)

Esta metodología es aplicable a las siguientes categorías de actividades de proyecto:

- Actividades de forestación o reforestación emprendidas para enfrentar las necesidades comerciales o industriales de praderas que no tienen manejo o bien que tienen manejo extensivo, con suelos de bajo contenido de carbono (comparados con los contenidos esperados de carbono del suelo debido a las actividades del proyecto) por degradación del suelo o porque las condiciones edafoclimáticas conducen naturalmente a suelos delgados e infértiles con bajo contenido de carbono orgánico.

Esta metodología prevee dos escenarios posibles de base de referencia:

1. Mantenimiento del uso del suelo actual como pradera no manejada o manejada extensivamente; y
2. Actividades de forestación y reforestación emprendidas de modo intermitente en cantidades pequeñas previas a las actividades de forestación o reforestación del proyecto MDL.

Esta metodología se puede aplicar bajo las siguientes condiciones:

- Los terrenos dentro del ámbito del proyecto se encuentra en estado estacionario ya sea como pradera no manejada o pradera manejada extensivamente;
- Una vez comenzado el proyecto no habrá pastoreo dentro de su ámbito; el número total de animales de pastoreo no se incrementa en comparación con las condiciones previas al proyecto y de este modo las emisiones no CO₂ del ganado desplazado no se consideran una fuga. Para probar esta condición de aplicabilidad, se debe proveer evidencia de que el número total de animales no se incrementó como consecuencia de las actividades del proyecto (por ejemplo, con registros de los mataderos); los efectos potenciales de los reservorios de carbono fuera del ámbito del proyecto se consideran para las fugas por desplazamiento de actividades;

- No se permite el riego por inundación;
- El drenaje y las alteraciones del suelo son insignificantes, de modo tal que las emisiones de GEI que no son CO₂ debidas a este tipo de actividades se pueden ignorar;
- La cantidad de especies fijadoras de nitrógeno usada en las actividades del proyecto no es significativa, de modo que las emisiones de GEI generados por la desnitrógenización se puede ignorar en la estimación efectiva neta de la remoción de GEI por sumidero; y
- Se requiere un Sistema de Información Geográfico (SIG) para el manejo de los datos espaciales (por ejemplo, para la estratificación ex post).

Esta metodología no se puede aplicar en situaciones que:

- Las actividades previas al proyecto tales como pastoreo no se pueden relacionar conceptualmente a hogares desplazados fuera del ámbito del proyecto; esto excluye explícitamente el uso de esta metodología de los casos en que los animales que pastorean previamente al proyecto son de propiedad parcial o completa de la entidad del proyecto (la cual evidentemente no considera un desplazamiento de su 'hogar').
- Esta metodología contabiliza las fugas que están relacionadas con las emisiones por uso de combustible fósil por el transporte y los desplazamientos del uso del suelo, como la recolección de leña, que conduzcan a una pérdida de vegetación fuera de los límites del proyecto.

7.2.6. Elección de la metodología a utilizar en este proyecto

En la tabla 13 se da a conocer un resumen de las condiciones de aplicabilidad de cada metodología, la metodología de Brazil no se puede aplicar porque los terrenos dentro del ámbito del proyecto se encuentran en estado estacionario ya sea como pradera no manejada o pradera manejada extensivamente, las metodologías de Albania y de Honduras consideran un desplazamiento de actividades y estiman fugas debidas al pastoreo, recolección de leña o uso de madera para cercos, por lo tanto tampoco se pueden aplicar a este proyecto.

Las metodologías de China y Moldavia son las que cumplen más condiciones para su aplicación a este proyecto forestal-modelo, sin embargo, en esta evaluación se utilizará como base la metodología de China ya que trata exclusivamente la reforestación de suelos degradados igual que el proyecto forestal-modelo y además porque se utilizará en un proyecto aprobado por el MDL (Perlis, 2006).

Tabla 13: Condiciones de aplicabilidad de metodologías aprobadas

Condición de aplicabilidad	Metodologías				
	China	Mol-davia	Alba-nia	Hon-duras	Brazil
No hay desplazamiento de actividades previas al proyecto fuera de su ámbito	X	X			
Puede haber desplazamiento de actividades previas al proyecto fuera de su ámbito			X	X	
El suelo está gravemente degradado, no hay bosques y se sigue degradando	X	X	X	X	
El suelo es usado como pradera no manejada o con manejo extensivo					X
Las condiciones ambientales y/o la degradación antropógena impiden el crecimiento natural de vegetación forestal	X	X	X		X
Los terrenos serán reforestados por plantación directa y/o siembra	X				X
Los terrenos serán reforestados por regeneración natural y/o plantación directa y/o siembra			X		
La preparación del terreno no causa en el largo plazo emisiones significativas del carbono orgánico del suelo	X				
La preparación del terreno no causa en el largo plazo emisiones significativas del carbono orgánico del suelo o aumentos de emisiones distintas de CO ₂ desde el suelo			X	X	
La plantación se cosechará según planes de manejo y será regenerada por plantación directa o crecimiento natural	X				
El almacenamiento de carbono en los detritos, en la madera muerta o en la materia orgánica del suelo decrece más o se incrementa menos sin proyecto	X		X	X	X
Puede haber pastoreo de animales dentro del ámbito del proyecto			X	X	
No hay pastoreo de animales dentro del ámbito del proyecto	X	X			X
Se selecciona el criterio de base de referencia (a) (variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del ámbito del proyecto efectivas del momento o del pasado, según corresponda)	X	X	X	X	
Se selecciona el criterio de base de referencia (c) (variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del ámbito del proyecto resultantes de la modalidad más probable de uso de la tierra al inicio del proyecto)					X
Drenaje y alteraciones del suelo insignificantes, se ignoran emisiones distintas de CO ₂			X	X	X
Se ignora emisiones GEI generadas por desnitrificación de especies fijadoras de N			X	X	X
En los terrenos del proyecto no hay actividades de forestación ni reforestación ni planes para ello	X	X	X	X	X
Considera como fugas a las emisiones causadas por vehículos que usan combustibles fósiles para el transporte	X	X	X	X	X
Considera las fugas por desplazamientos de actividades			X	X	X

8. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA BASE DE REFERENCIA

8.1. Absorción de referencia neta ex ante de GEI por los sumideros

La absorción de referencia neta de GEI por los sumideros es la suma de las variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del ámbito del proyecto que habría ocurrido en ausencia de la actividad del proyecto de forestación. Las tierras a forestar son tierras degradadas, abandonadas y sin vegetación arbórea, donde (CMNUCC, 2006d):

- a) no existen árboles en crecimiento o arbustos perennes, y
- b) durante el período de acreditación no iniciarán el crecimiento ni árboles ni arbustos perennes, o
- c) no alcanzarán el umbral de la definición nacional de bosque ni árboles ni arbustos perennes

Por lo tanto, se espera que la absorción de referencia neta de GEI por los sumideros sea negativa debido a la degradación continua. Para estos sectores la metodología, de modo conservador, supone que la absorción neta de GEI por los sumideros es cero (CMNUCC, 2006d):

$$(1) \quad C_{\text{Ref}} = 0 \text{ para todo } t^* \leq t_{\text{pa}}$$

Donde:

C_{Ref} = absorción de referencia neta de GEI por los sumideros; ton CO₂e/año

t^* = número de años transcurridos desde el inicio de la actividad del proyecto; años

t_{pa} = número de años del período de acreditación; años

8.2. Absorción efectiva neta ex ante de GEI por sumideros

Las absorciones efectivas netas de GEI por los sumideros representan la suma de las variaciones verificables de carbono almacenado dentro del ámbito del proyecto menos el incremento de emisiones de GEI por fuentes medido en CO₂e dentro del ámbito del proyecto que resultan de la implementación de la actividad del proyecto.

El carbono almacenado en la biomasa viva preexistente es muy probable que sea insignificante, por lo tanto la pérdida de biomasa de este proyecto al cortar los arbustos que se encuentren en la línea de plantación es aún más insignificante y se considera irrelevante.

La disminución anual del carbono almacenado debido a pérdida de biomasa por raleo comercial o mortalidad natural esta incluido en la tabla de proyección de la plantación.

Por tanto,

$$(2) \quad C_{\text{EFECTIVO}} = \Delta C_{\text{BSS,BBS}} - \text{GEI}$$

Donde:

C_{EFECTIVO} = absorciones efectivas netas de GEI por los sumideros; ton CO₂e/ha/año

$\Delta C_{\text{BSS,BBS}}$ = variación de carbono almacenado en la biomasa viva (sobre y bajo el suelo); ton CO₂e/ha/año

GEI = incremento de emisiones de GEI como resultado de la implementación de la actividad del proyecto propuesto dentro de su ámbito; ton CO₂e/ha/año

8.2.1. Estimación de la variación de carbono almacenado en la biomasa viva

$$(3) \quad \Delta C_{\text{BSS,BBS}} = G_{j,t} * FC_j * (44 / 12)$$

Donde:

$G_{j,t}$ = crecimiento anual corriente de biomasa seca sobre y bajo el suelo para la especie j en el año t; ton/ha/año

FC_j = fracción de carbono de la especie j; ton C/ton biomasa seca

$44 / 12$ = razón de los pesos moleculares de CO₂ y carbono; adimensional

$$(4) \quad G_{j,t} = \text{CAC}_{j,t} * D_j * \text{FEB}_j$$

$\text{CAC}_{j,t}$ = crecimiento anual corriente de la especie j en el año t; m³/ha/año

D_j = densidad básica de la madera de la especie j; ton/m³

FEB_j = factor de expansión de biomasa para convertir volúmenes comerciales de madera a biomasa seca sobre y bajo el suelo para la especie j; adimensional

8.2.2. Estimación de gases de efecto invernadero

Se espera que la actividad de este proyecto no incremente las emisiones de CO₂ y N₂O dentro de los límites del proyecto, ya que no se producirán emisiones de GEI por quema de combustibles fósiles, ni emisiones de N₂O causadas por prácticas de fertilización con nitrógeno. Por lo tanto;

$$(5) \quad \text{GEI} = 0$$

$$(6) \quad C_{\text{EFECTIVO}} = \Delta C_{\text{BSS,BBS}}$$

$$(7) \quad C_{\text{EFECTIVO TOTAL}} = A * \Delta C_{\text{BSS,BBS}}$$

Donde:

$C_{\text{EFECTIVO TOTAL}}$ = absorciones efectivas netas totales de GEI por los sumideros; ton CO₂e/año

A = superficie que abarca el proyecto, hectáreas

8.3. Fugas

Una fuga es el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero por las fuentes que se produce fuera del ámbito del proyecto de forestación del MDL y que puede medirse y atribuirse a la actividad del proyecto (CMNUCC, 2003).

La única fuga que se generará es la quema de combustible fósil realizada por los vehículos utilizados para transportar plántulas, fertilizantes, entre otros materiales, y las trozas del raleo comercial y de la corta final. No se requerirá transportar a la mano de obra pero si se contabiliza el transporte de personal técnico y maquinaria.

$$(8) \quad \text{FG} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\text{FE}_{i,j} * \text{ConsumoCombustible}_{i,j})$$

$$(9) \quad \text{ConsumoCombustible}_{i,j} = n_{i,j} * k_{i,j} * e_{ij}$$

Donde:

FG = total emisiones de GEI debido a combustión de combustibles fósiles de los vehículos, en ton CO₂e/año

i = tipo de vehículo

j = tipo de combustible

$\text{FE}_{i,j}$ = factor de emisión del vehículo i con combustible j , kg CO₂/litro.

$\text{ConsumoCombustible}_{i,j}$ = consumo combustible tipo j en vehículo tipo i , litros

$n_{i,j}$ = número de vehículos

$k_{i,j}$ = kilómetros recorridos por cada vehículo tipo i combustible j , km u horas de trabajo por cada vehículo tipo i , hr

$e_{i,j}$ = consumo promedio de vehículo i combustible j , litros/km o litros/hr

Si hay disponibilidad, se pueden usar factores de emisión específicos por país, de lo contrario, si no hay datos locales, se pueden utilizar los factores de emisión por defecto que se encuentran en las Directrices para los Inventarios Nacionales de GEI (IPCC, 2006).

Los participantes del proyecto pueden hacer supuestos conservadores y creíbles del consumo de combustible tomando en cuenta las distancias de viaje, la eficiencia de combustible de los vehículos/maquinaria, las horas de maquinaria y el calendario de plantación y cosecha (CMNUCC, 2006d).

Para este proyecto se consideraron los siguientes supuestos:

- 35 km desde Huerta de Maule hasta San Javier
- 20 km desde San Javier a Talca
- 30 km desde San Javier a Linares
- 274 km desde Santiago a San Javier
- Asesores provenientes desde Talca y se trasladan en una camioneta Toyota Hilux.
- Insumos provenientes de Santiago, medio de transporte un tracto camión Scania.
- Las plantas provienen de Linares, medio de transporte una camioneta Kia Frontier con cajón cerrado trasero.
- Los productos del raleo se transportan en un camión Ford Cargo 6x4.
- Se considera una distancia en traslado de trineumático y camión para llegar a la zona del proyecto.
- No se considera en los cálculos la faena de corta final ya que ocurre 3 años después de la última verificación presupuestada (ver sección 9.3 Frecuencia de vigilancia, pág. 50).

La estimación de las fugas se encuentra en la tabla 14.

Tabla 14: Estimación de las fugas

Año	Transporte	Viajes	Km	Horas (hr)	Tipo de vehículo	Consumo promedio combustible	Consumo de combustible (litros)	Factor de emisión (kgCO ₂ e/lt)	FUGAS (tonCO ₂ e)
0	Asesoría establecimiento	60	3.300		Camioneta (bencina)	10 km/litro	330	2,31	0,76
0	Asesoría obras de recuperación	60	3.300		Camioneta (bencina)	10 km/litro	330	2,31	0,76
0	Insumos desde Stgo	4	1.096		Camión (diesel)	2,7 km/litro	406	2,47	1,13
0	Plantas	2	130		Camioneta (diesel)	9 km/litro	14	2,47	0,04
7	Asesoría poda y raleo	60	3.300		Camioneta (bencina)	10 km/litro	330	2,31	0,76
12	Productos raleo comercial	820	45.100		Camión con carro 6x4(diesel)	5 km/litro	9.020	2,47	22,28
12	Traslado camión	2	500		Camión con carro 6x4(diesel)	5 km/litro	100	2,47	0,25
12	Carguío de productos del raleo			410	Trineumático (diesel)	5 lt/hr	2.050	2,47	5,06
12	Traslado de maquinaria que carga			36	Trineumático (diesel)	5 lt/hr	180	2,47	0,44

8.4. Absorción antropógena efectiva neta ex ante

La absorción antropógena neta ex ante de GEI por los sumideros es la absorción neta efectiva por los sumideros menos la absorción de referencia neta de GEI por los sumideros menos las fugas, por tanto, se puede utilizar la siguiente fórmula general para calcular las absorciones antropógenas netas de GEI por los sumideros por la actividad del proyecto en ton CO₂e/año:

$$(10) \quad C_{MDL} = C_{EFECTIVO\ TOTAL} - C_{Ref} - FG \quad \text{y como} \quad (1) \quad C_{Ref} = 0, \text{ entonces}$$

$$(11) \quad C_{MDL} = C_{EFECTIVO\ TOTAL} - FG$$

Donde:

C_{MDL} = absorciones antropógenas netas de GEI por los sumideros; ton CO₂e/año

$C_{EFECTIVO\ TOTAL}$ = absorciones efectivas netas totales de GEI por los sumideros; ton CO₂e/año

C_{Ref} = absorción de referencia neta de GEI por los sumideros; ton CO₂e/año

FG = total emisiones de GEI debido a combustión de combustibles fósiles de los vehículos, en ton CO₂e/año

8.5. Cálculo de las reducciones certificadas de las emisiones temporales

Las RCEt son reducciones certificadas de las emisiones temporales que corresponden a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente expedidas por las actividades del proyecto de forestación y que caducan al término del período de compromiso siguiente a aquel en el que se expidió (CMNUCC, 2003).

Para estimar la cantidad de RCE (tabla 15) que se pueden emitir en el tiempo t* (fecha de verificación), se puede utilizar la siguiente ecuación (CMNUCC, 2006d):

$$(12) \quad RCE_t = C_{MDL, t^*}$$

Donde:

RCE_t = número de Reducciones Certificadas de Emisiones temporales

C_{MDL, t^*} = absorciones antropógenas netas de GEI por los sumideros en la fecha de verificación (t*); ton CO₂e

Tabla 15: Cálculo de reducciones certificadas de las emisiones temporales (RCEt)

Año	CAC (m ³ /ha)	G _{j,t} (ton/ha)	C _{EFFECTIVO} (tonCO ₂ e/ha)	C _{EFFECTIVO TOTAL} (tonCO ₂ e)	FG (tonCO ₂ e)	C _{MDL} (tonCO ₂ e)	RCEt (tonCO ₂ e)
2008	0	0	0	0	2,69	-2,69	
2009	0	0	0	0	0	0	
2010	0	0	0	0	0	0	
2011	0	0	0	0	0	0	
2012	0	0	0	0	0	0	
2013	2,5	2,043	4	1.639,56	0	1.639,56	
2014	9,2	7,516	14	5.738,46	0,76	5.737,70	
2015	10,1	8,252	15	6.148,35	0	6.148,35	
2016	12,8	10,458	19	7.787,91	0	7.787,91	
2017	15,7	12,827	24	9.837,36	0	9.837,36	31.148
2018	17,6	14,379	26	10.657,14	0	10.657,14	
2019	20,7	16,912	31	12.706,59	0	12.706,59	
2020	22,7	18,546	34	13.936,26	28,03	13.908,23	
2021	21,6	17,647	32	13.116,48	0	13.116,48	
2022	23,8	19,445	36	14.756,04	0	14.756,04	65.144
2023	25,0	20,425	37	15.165,93	0	15.165,93	
2024	25,0	20,425	37	15.165,93	0	15.165,93	
2025	25,1	20,507	38	15.575,82	0	15.575,82	
2026	25,9	21,160	39	15.985,71	0	15.985,71	
2027	24,6	20,098	37	15.165,93	0	15.165,93	77.059
2028	24,0	19,608	36	14.756,04	0	14.756,04	
2029	23,2	18,954	35	14.346,15	0	14.346,15	
2030	22,3	18,219	33	13.526,37	0	13.526,37	

Para la elaboración de la tabla anterior se utilizaron las ecuaciones respectivas, desde la (1) a la (12) para cuyos cálculos se consideraron las 409,89 hectáreas de matorral abierto y la especie j, es decir, pino insigne y con respecto a ella los siguientes valores obtenidos de Neuenschwander (2006):

$$FC_j = 0,5 \text{ ton C/ton biomasa seca}$$

$$D_j = 0,43 \text{ ton/m}^3$$

$$FEB_j = 1,9 \text{ (adimensional)}$$

9. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA VIGILANCIA DEL PROYECTO

Los terrenos a ser forestados deben ser delimitados exactamente a través de puntos GPS (Sistema de Posicionamiento Global) que permitan determinar el área de cada polígono de plantación.

9.1. Estratificación del área del proyecto

Se realiza una estratificación preliminar según los tres pasos de la metodología de vigilancia de la Metodología “Reforestación de suelos degradados”, de Guangxi, China.

Paso 1: Se identifican los siguientes factores que influyen en los reservorios de carbono seleccionados: (i) características climáticas de la zona (precipitación y temperatura media), (ii) tipos de suelos, (iii) relieve de la zona y (iv) uso del suelo y grado de erosión.

Paso 2: Se recopiló información con respecto a los factores enunciados en el paso anterior:

- (i) La precipitación en la zona varía entre 23 y 550 mm y las temperaturas entre los 4 y 30°C.
- (ii) Los suelos corresponden a la asociación Cauquenes, son profundos, residuales, formados a partir de rocas graníticas, bien evolucionados, de texturas arcillosas en todo el perfil.
- (iii) Los terrenos tienen un relieve de cerros, con pendientes entre 15 y 30%.
- (iv) Según el mapa usos del suelo de Huerta de Maule (figura 3, pág. 15) los terrenos del proyecto corresponden a matorral abierto y según el mapa grados de erosión de Huerta de Maule (figura 6, pág. 22) el área presenta erosión muy severa y severa.

Paso 3: De los factores mencionados los dos más importantes son la calidad del suelo y el uso del suelo y grado de erosión.

Con la información disponible, solamente se pueden distinguir dos categorías de erosión y el resto de los factores se presentan muy homogéneos para la zona del proyecto, por lo que se decide dividir el área en dos estratos.

Al inicio de la vigilancia se realizará una post-estratificación de acuerdo a la homogeneidad de la plantación y relieve, con el objetivo de capturar toda la variabilidad posible dentro de la plantación y obtener resultados confiables.

9.2. Muestra

9.2.1. Tamaño de la muestra

Para vigilar las variaciones del carbono almacenado en la biomasa aérea y subterránea se utilizarán parcelas permanentes de muestreo, las que se deben manejar de igual forma que el resto del área del proyecto, para esto es preferible que las personas que realizan las actividades de manejo de la plantación no conozcan la ubicación de las parcelas.

El tamaño de la muestra es determinado según las ecuaciones de la metodología China.

$$(12) \quad n = (t/E)^2 * \left[\sum_{h=1}^L W_h * S_h * \sqrt{C_h} \right] * \left[\sum_{h=1}^L W_h * S_h / \sqrt{C_h} \right]$$

$$(13) \quad n_h = n * \frac{W_h * S_h / \sqrt{C_h}}{\sum_{h=1}^L W_h * S_h / \sqrt{C_h}}$$

$$(14) \quad N = \sum_{h=1}^L N_h$$

$$(15) \quad N_h = A_h / A_p$$

Donde:

- n** = número de muestras
- n_h** = número de muestras por estrato
- L** = número total de estratos
- t** = valor t para un nivel de confianza (95%)
- E** = error permisible (±10% de la media)
- S_h** = desviación estándar del estrato h
- W_h** = N_h / N
- N** = número total de las unidades de muestra (todos los estratos)
- N_h** = número de unidades de muestras por estrato h
- A_h** = área del estrato h
- A_p** = área de cada parcela
- C_h** = costo para seleccionar una parcela del estrato h

Si los costos se suponen constantes, entonces:

$$(16) \quad n = (t/E)^2 * \left[\sum_{h=1}^L W_h * S_h \right]^2$$

$$(17) \quad n_h = n * \frac{W_h * S_h}{\sum_{h=1}^L W_h * S_h}$$

La desviación estándar de cada estrato (S_h) se determinó a través de los datos del volumen total de la tabla 10, pág. 29.

El valor t para un 95% de confianza es aproximadamente igual a 2 cuando el número de parcelas de muestreo es sobre 30 (CMNUCC, 2006a).

El error permitido es $\pm 10\%$ de la media esperada del volumen total.

Normalmente, el tamaño de las parcelas esta entre 100 m² para rodales densos y 1.000 m² para rodales más abiertos (CMNUCC, 2006a), para 1.250 árb/ha, se escoge un tamaño de 200 m².

Por lo tanto, según lo anterior:

$$L = 2$$

$$t = 2$$

$$E = 11,46$$

$$S_1 = 105,61 * 219,91/409,89 = 56,66$$

$$S_2 = 105,61 * 189,89/409,89 = 48,93$$

$$N_1 = 219,91 \text{ ha} / 0,02 \text{ ha} = 10.996 \text{ (Ecuación 15)}$$

$$N_2 = 189,98 \text{ ha} / 0,02 \text{ ha} = 9.499 \text{ (Ecuación 15)}$$

$$N = 20.495 \text{ (Ecuación 14)}$$

$$W_1 = 10.996 / 20.495 = 0,537$$

$$W_2 = 9.499 / 20.495 = 0,463$$

$$n = (2 / 11,46)^2 * (0,537 * 56,66 + 0,463 * 48,93)^2 = 0,03 * (30,43 + 22,65)^2 = 85 \text{ parcelas (Ecuación 16)}$$

$$n_1 = 85 * (0,537 * 56,66) / 53,08 = 49 \text{ (Ecuación 17)}$$

$$n_2 = 85 * (0,463 * 48,93) / 53,08 = 36 \text{ (Ecuación 17)}$$

En total se establecerán 85 parcelas de muestreo permanente, 49 parcelas en el estrato 1 (terrenos con erosión muy severa) y 36 parcelas en el estrato 2 (terrenos con erosión severa).

9.2.2. Localización de las parcelas de muestreo

Para evitar una elección subjetiva en la ubicación de las parcelas, las parcelas permanentes de muestreo serán localizadas sistemáticamente con un inicio aleatorio, lo cual es considerado una buena práctica en la Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2003). Esto puede ser logrado con la ayuda de GPS. La posición geográfica (coordenadas GPS) y número de serie de cada parcela en los estratos será registrado y archivado.

El tamaño de las parcelas será de 200 m² y serán parcelas circulares con un radio de 7,98 m, en el estrato 1 se ubicará una parcela cada 4,49 ha, cada 212 m en un sentido y cada 212 m en sentido perpendicular al anterior, en el estrato 2 se ubicará una parcela cada 5,28 ha, cada 230 m en un sentido y cada 230 m en sentido perpendicular al anterior (tabla 16).

Tabla 16: Descripción muestreo

Estrato	Superficie (ha)	Nº parcelas	Intensidad (parcelas / ha)	Distancia entre centros de parcelas (m)
1	219,91	49	1 : 4,49	212
2	189,98	36	1 : 5,28	230

9.3. Frecuencia de vigilancia

Los intervalos entre vigilancias dependen de la variabilidad de carbono almacenado y la tasa de acumulación de carbono, es decir, la tasa de crecimiento de los árboles como biomasa viva.

Debido a que la verificación y certificación se deben realizar cada cinco años después de la primera verificación, el intervalo entre vigilancias, para reducir su costo, coincidirá con estos (CMNUCC, 2006e).

Las RCEt pueden expedirse una vez que la absorción de CO₂ haya sido certificada, por lo tanto, conviene hacer la certificación al final de cada período de compromiso para que las reducciones sean utilizables por el comprador en el período siguiente (Neuenschwander, 2006).

Por todo lo anterior conviene realizar la primera vigilancia al final del segundo período de compromiso, esto es, 2017, no al final del período anterior, ya que no hay absorción de CO₂ (tabla 15, pág. 46). Las siguientes se llevaran a cabo los años 2022 y 2027.

9.4. Medir y estimar variaciones de carbono almacenado en el tiempo

En cada evento de vigilancia se debe medir el crecimiento de cada árbol en cada una de las parcelas. Los árboles preexistentes (de la base de referencia) por el criterio conservador y consistentemente con la metodología de la base de referencia no se deben medir ni contabilizar. Aunque pueda encontrarse vegetación no-arbórea como hierbas, pastos o arbustos, normalmente con menos del 10% de biomasa, el escenario de referencia supuso cero variación de carbono almacenado para esta biomasa no-arbórea. Por tanto, la vegetación no arbórea no será medida, ni contabilizada. La omisión de la biomasa no-arbórea hace que el criterio de vigilancia sea conservador. Incluso si en la preparación del terreno se produce una eliminación de biomasa no-arbórea, no hay riesgo de sobreestimar estas eliminaciones. Las variaciones de carbono almacenado en la biomasa viva en cada parcela pueden ser estimadas utilizando el método del factor de expansión de biomasa (FEB) (CMNUCC, 2006a).

9.4.1. Método de factor de expansión de biomasa

Paso 1. Medir el diámetro a la altura del pecho (DAP = 1,3 m sobre el suelo) y la altura comercial de todos los árboles en las parcelas permanentes. El DAP mínimo a considerarse será de 2,5 cm recomendado en la Orientación de buenas prácticas (IPCC, 2003) para ambientes áridos donde el crecimiento de los árboles es lento.

Paso 2. Estimar el volumen comercial de los árboles de las parcelas permanentes basado en ecuaciones obtenidas localmente cuyos valores se expresarán en unidades de m³ por hectárea.

Paso 3. Escoger FEB y relación biomasa subterránea - biomasa aérea, los cuales varían con las condiciones ambientales locales, especies, edad de los árboles y volumen comercial. Por lo tanto, para lograr la mayor precisión posible, se desarrollarán ecuaciones de regresión para determinar los FEB aérea para cada intervalo de monitoreo. Con este fin, se estimará la biomasa de las copas de un número representativo de árboles, este número dependerá de la heterogeneidad de los árboles dentro de la parcela cuyo error permisible no sobrepasará el 10%. En base a la biomasa aérea y a través de FEB de biomasa de raíces reportados en la literatura para la especie, se determinará la biomasa subterránea.

Paso 4. Convertir el volumen comercial de los árboles en stock de carbono de la biomasa aérea y subterránea a través de la densidad básica de la madera, relación biomasa aérea - biomasa subterránea, FEB y la fracción de carbón, usando las ecuaciones de la metodología China:

$$(18) \quad MC_{AB} = V * D * FEB * FC$$

$$(19) \quad MC_{BB} = MC_{AB} * R$$

Donde:

- MC_{AB}** = promedio del stock de carbono en la biomasa aérea, ton C/ha
- MC_{BB}** = promedio del stock de carbono en la biomasa subterránea, ton C/ha
- V** = volumen comercial, m³/ha
- D** = densidad promedio de la madera, ton/m³
- FEB** = factor de expansión de la biomasa para la conversión de la biomasa del volumen comercial a biomasa aérea, adimensional
- FC** = fracción de carbono, ton C/ton biomasa seca, IPCC valor establecido = 0,5
- R** = Relación biomasa aérea - biomasa subterránea, adimensional

10. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

10.1. Evaluación económica sin considerar RCEt

Las siguientes tablas corresponden a los costos e ingresos del proyecto sin considerar las reducciones certificadas.

Tabla 17: Antecedentes generales

Superficie	409,89 ha
Sup. Erosión muy severa	219,91 ha
Sup. Erosión severa	189,98 ha
Metros lineales de cerco	30.500
Metros lineales de cortafuegos	36.485
Precios	sin IVA
Densidad de la plantación	1.250 árb/ha
Costo del suelo	\$390.000/ha

Tabla 18: Costos de materiales para construir cerco

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
Polines impregnados	10.167	polín (2x3")	850	8.641.950
Alambre de púa	305	rollo (500 m)	25.272	7.707.960
Clavos (4")	7	caja (25 Kg)	16.700	124.232
Grapas (galvanizada 1")	223	Kg	1.215	271.152
Total materiales cerco				16.745.294

Fuente: INFOR (2007b), SODIMAC (2007b) y cotización a Industria Nacional de Tejidos de Alambre Limitada (2007).

Tabla 19: Costos faenas construcción de cerco

Faenas	Rendimiento	Unidad	Jornadas	Valor jornada (\$)	Total (\$)
Instalación postes	30	poste/jornada	339	6.160	2.087.624
Instalación alambre de púa	100	m/jornada	305	6.160	1.878.800
Total faenas cerco					3.966.424

Fuente: Benedetti *et al.* (2006).

Tabla 20: Costos insumos para establecimiento plantación

Insumos	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
Plantas	512.363	pl	40	20.494.520
Gel contra deshidratación (polímero) (4 gr/pl)	2.049	Kg	7.041	14.430.192
Superfosfato Triple	25	ton	27.500	687.500
Boronatocalcita	16	ton	17.000	272.000
Sulfato de Cobre	615	Kg	1.791	1.101.169
Control maleza preplantación (Glifosato (4 lt/ha)	1.640	Lt	2.278	3.734.918
Repelente	410	bidones	37.000	15.165.930
Total insumos plantación				55.886.229

Fuente: Benedetti *et al.* (2006), INFOR (2007b) y cotización a Productos Éxito S.A., Tauern S.A., Moviagro S.A., Cargill Chile Ltda. (2007).

Tabla 21: Costos faenas establecimiento plantación

Faena	Rendimiento	Unidad	Jornadas	Valor Jornada (\$)	Total (\$)
Roce fácil	2	jornadas/ha	820	6.160	5.049.845
Ordenamiento desechos	1	jornadas/ha	410	6.160	2.524.922
Marcación curvas de nivel	3	jornadas/ha	1.230	6.160	7.574.767
Preparación de suelo (arado)	5	jornadas/ha	2.049	6.160	12.624.612
Construcción cortafuego	5	km/jornada	7	6.160	44.968
Aplicación herbicida	3	jornadas/ha	1.230	6.160	7.574.767
Plantación	6	jornadas/ha	2.459	6.160	15.149.534
Fertilización	3	jornadas/ha	1.230	6.160	7.574.767
Control de lagomorfos	3	jornadas/ha	1.230	6.160	7.574.767
Total faenas de plantación					65.692.950

Fuente: Benedetti *et al.* (2006), Valdebenito y Hormazabal (2001).

Tabla 22: Costo por transporte

Costo transporte	\$/km	km	Total (\$)
Plantas (desde Linares)	951	30	28.530
Insumos (2 viajes desde Santiago)	1.423	548	780.000
Total			808.530

Fuente: Valdebenito y Hormazabal (2001) y cotización a Transduarte (2007).

Tabla 23: Costo total establecimiento plantación

Costos	Total (\$)
Materiales para construir cerco	16.745.294
Faenas construcción de cerco	3.966.424
Insumos para establecimiento plantación	55.886.229
Faenas establecimiento plantación	65.692.950
Transporte	808.530
Asesoría profesional	12.392.204
Gastos generales	8.887.235
Total	164.378.866

Tabla 24: Costos obras de recuperación de suelos

Obras	Cantidad según estrato		Unidad	Costo (\$/unidad)	Total (\$)
	Erosión muy severa	Erosión severa			
Diques de postes	50	40	Metro cuadrado	34.412	3.097.080
Empalizada	40	20	Metro cuadrado	26.070	1.564.200
Canal de desviación	10.000	10.000	Metro lineal	560	11.200.000
Zanja de infiltración	70.000	60.000	Metro lineal	600	78.000.000
Asesoría profesional	219,91	189,98	ha	24.187	9.914.009
Total costo obras					103.775.289

Fuente: CONAF (2006) y estimaciones.

Tabla 25: Costos de manejo

Faena	Valor (\$/ha)	Total (\$)
Podas	44.700	18.322.083
Raleo a desecho	33.500	13.731.315
Raleo comercial (Cosecha, carguío y flete)	248.300	101.775.687
Asesoría profesional	30.233	12.392.204
Total costo manejo		146.221.289

Fuente: INFOR (2004).

Tabla 26: Costo control de malezas postplantación

Herbicida	Año	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
Hexazinona o Velpar (2,5 kg/ha)	1	1.025	Kg	41.000	42.013.725
Atrazina (4 kg/ha)	2	1.640	Kg	3.097	5.077.717
Glifosato (3 lt/ha)	2	1.230	Lt	2.278	2.801.188
Total					49.892.631

Fuente: Valdebenito y Hormazabal (2001) y cotización a Moviagro S.A. (2007).

Tabla 27: Costos de protección de la plantación

Faena	\$/ha	Total (\$)
Limpieza cortafuegos	11.174	4.580.111
Contra polilla del brote	11.174	4.580.111

Fuente: Neuenschwander (2006).

Tabla 28: Costo de cosecha

Faena	\$/ha	Total (\$)
Cosecha, carguío y flete	2.317.800	950.043.042

Fuente: INFOR (2004).

Tabla 29: Costos del crédito de enlace forestal

Item	\$
Crédito (ver tabla 34, pág.57)	177.108.382
Intereses (5,48%)	9.705.539
Total costo crédito año 2	186.813.921
Impuesto a la ley de timbres y estampillas (1,2%)	2.125.301
Seguro de desgravamen (0,4%)	7.084.335
Gastos notariales	808.238
Total costo crédito año 1	10.017.874

Fuente: Neuenschwander (2006).

Tabla 30: Productos a obtener

Faena	Producto	Cantidad	Unidad
Raleo comercial	Trozas pulpables	19,9 ⁴	metro ruma
Cosecha	Podado D:32 L:4.1	44	m ³ /ha
	Aserrable D:28 L: 4.1	60	m ³ /ha
	Aserrable D:16 L: 3.3	162	m ³ /ha
	Pulpa D:8 L: 2.44	25,3 ⁵	metro ruma

Fuente: Peters (2005).

Tabla 31: Ingresos según productos

Producto	Precio venta ⁶	Unidad	\$/ha	Total (\$)
Trozas pulpables	18.000	metro ruma	358.200	146.822.598
Podado D:32 L:4.1	25.500	m ³ /ha	1.122.000	459.896.580
Aserrable D:28 L: 4.1	24.000	m ³ /ha	1.440.000	590.241.600
Aserrable D:16 L: 3.3	24.000	m ³ /ha	3.888.000	1.593.652.320
Pulpa D:8 L: 2.44	18.000	metro ruma	455.400	186.663.906

⁴ 1 metro ruma = 1.66 m³ sólido, por lo que 33 m³ = 19.9 metro ruma

⁵ 1 metro ruma = 1.66 m³ sólido, por lo que 42 m³ = 25.3 metro ruma

⁶ Fuente: INFOR (2007b)

Tabla 32: Ingreso total según faena

Faena	Total (\$)
Raleo comercial	146.822.598
Cosecha	2.830.454.406

Tabla 33: Subsidio a la obra de recuperación

Estrato	ha	Subsidio (\$/ha)	Subsidio total (\$)
Erosión muy severa	219,91	155.576	34.212.674
Erosión severa	189,98	129.647	24.630.242
Total			58.842.916

Fuente: CONAF (2006).

Tabla 34: Ingresos por subsidio forestal y crédito enlace

Actividad	Año entrega subsidio	Subsidio (\$/ha)	ha	Subsidio total (\$)	Crédito
75 % subsidio forestal de establecimiento	1	334.094	409,89	136.941.892	123.247.703
Subsidio por obra de recuperación en zonas con erosión muy severa	1	155.576	219,91	34.212.674	30.791.407
Subsidio por obra de recuperación en zonas con erosión severa	1	129.647	189,98	24.630.242	22.167.218
15 % subsidio forestal de establecimiento a las 15 primeras ha	3	66.819	15	1.002.283	902.054
75 % subsidio forestal por primera poda y primer raleo	8	78.210	409,89	32.057.497	0
Total				228.844.588	177.108.382

Fuente: CONAF (1999), CONAF (2006) e INDAP (2007).

Tabla 35: Flujo de fondos (\$) sin considerar RCEt desde el año 1 al año 12 de la plantación

ITEM	Año											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costos												
Establecimiento	164.378.866											
Obras de recuperación	103.775.289											
Control lagomorfos		22.740.697	22.740.697	22.740.697								
Control malezas post.		42.013.725	7.878.906									
Limpieza cortafuegos		4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111
Control polilla del brote			4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111						
Manejo								44.445.602				
Cosecha												
Administración		901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758
Crédito	10.017.874	186.813.921										
Suelo	159.857.100											
Total costos	438.029.129	257.050.212	40.681.583	32.802.677	10.061.980	10.061.980	5.481.869	49.927.471	5.481.869	5.481.869	5.481.869	5.481.869
Ingresos												
Maderero												
Subsidio DL 701		195.784.808		1.002.283					32.057.497			
RCEt												
Suelo												
Crédito	177.108.382											
Total ingresos	177.108.382	195.784.808		1.002.283					32.057.497			
Flujo de fondos	-260.920.747	-61.265.404	-40.681.583	-31.800.394	-10.061.980	-10.061.980	-5.481.869	-49.927.471	26.575.628	-5.481.869	-5.481.869	-5.481.869

Tabla 36: Flujo de fondos (\$) sin considerar RCEt desde el año 13 al año 23 de la plantación

ITEM	Año										
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Costos											
Establecimiento											
Obras de recuperación											
Control lagomorfos											
Control malezas post.											
Limpieza cortafuegos	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111
Control polilla del brote											
Manejo	101.775.687										
Cosecha											950.043.042
Administración	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758
Crédito											
Suelo											
Total costos	107.257.556	5.481.869	955.524.911								
Ingresos											
Maderero	146.822.598										2.830.454.406
Subsidio DL 701											
RCEt											
Suelo											159.857.100
Crédito											
Total ingresos	146.822.598										2.990.311.506
Flujo de fondos	39.565.042	-5.481.869	2.034.786.595								

La rentabilidad es calculada a partir de los flujos que entregan las tablas 35 y 36.

Tabla 37: Rentabilidad del proyecto sin RCET

Indicador	Tasa de descuento (%)	Sin RCET
VPN	12	-\$231.920.166
VPN	10	-\$157.414.286
VPN	7	\$38.816.674
TIR	-	7,4%

Como muestra la tabla 37, el proyecto sin considerar las RCET es rentable o atractivo económicamente para tasas de descuento menores al 7,4%.

10.2. Evaluación económica considerando las RCET

10.2.1. Análisis de precios de las RCET

El estudio de mercado del carbono más actual y más representativo a nivel global es el estudio "State and trends of the carbon market" (Estado y tendencias del mercado del carbono) de Capoor y Ambrosi (2007), en el cual los autores muestran que a nivel global el precio de una tonelada de CO₂ en el mercado del carbono entre 2005 y 2006 ha subido de US\$ 7,52 a US\$ 11,07, además estiman que el precio futuro de las RCET podría fluctuar entre US\$ 1 a US\$ 15.

El estudio de mercado del carbono de Hamilton (2007), calcula que bajo el MDL en 2006 el precio promedio de las RCET fue de US\$ 10,70, habiéndose estimado un total de transacciones en volumen de 450 millones de toneladas de CO₂.

Boer (2007) estimó el precio promedio de una RCET en US\$ 6,00 para el 2007 sobre una base de transacciones de 1.000 millones de toneladas de CO₂.

El estudio realizado por Mackenzie y Vickers (2006), estima que el precio promedio de las RCET fue de US\$ 3,75 para el 2006.

Tipmann (2006) en su estudio de mercado del carbono para la industria forestal bajo el marco del MDL estima a futuro en US\$ 3,00 la tonelada de CO₂.

Al calcular un promedio simple de los precios estimados de las RCET en los distintos estudios de mercado del carbono se obtiene que el precio por cada una es de US\$ 7,26.

Para esta evaluación, este precio se castiga porque los precios mostrados por los estudios son muy variables, de este modo el precio por RCET utilizado es de US\$ 3,50.

10.2.2. Evaluación económica

Esta evaluación considera los costos e ingresos de las tablas 17 a 34 más los costos de administración, que incluyen un equipo mínimo de técnicos para organizar el proyecto y cumplir el plan de vigilancia (Neuenschwander, 2006), los costos de transacción (ver tabla 38), el costo del SIG post-estratificación que se realiza el año de la primera vigilancia y el ingreso por la venta de las RCEt cuyo valor se estimó en US\$3,5 y se asume un dólar a \$510.

Tabla 38: Costos de transacción

Transacción	Año	Costo (\$)
Formulación del proyecto MDL	2008	21.032.967
Validación por una entidad operacional	2008	13.145.604
Registro en la Junta Ejecutiva	2008	6.572.802
Verificación y acreditación por una entidad operacional	2017-2022-2027	10.516.484
Vigilancia, medición y documentación	2017-2022-2027	1.347.063

Fuente: Neuenschwander (2006).

Tabla 39: Flujo de fondos (\$) considerando las RCEt desde el año 1 al año 12 de la plantación

ITEM	Año											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costos												
Establecimiento	164.378.866											
Obras de recuperación	103.775.289											
Control lagomorfos		22.740.697	22.740.697	22.740.697								
Control malezas post.		42.013.725	7.878.906									
Limpieza cortafuegos		4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111
Control polilla del brote			4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111						
Manejo								44.445.602				
Cosecha												
Administración		901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758
Crédito	10.017.874	186.813.921										
Suelo	159.857.100											
SIG post-estratificación										30.000.000		
Administración RCEt	35.493.132	23.004.808	23.004.808	23.004.808	23.004.808	23.004.808	23.004.808	23.004.808	23.004.808	35.493.132	23.004.808	23.004.808
Transacción RCEt	40.751.373									11.863.547		
Total costos	514.273.634	280.055.020	63.686.391	55.807.485	33.066.788	33.066.788	28.486.677	72.932.279	28.486.677	82.838.548	28.486.677	28.486.677
Ingresos												
Maderero												
Subsidio DL 701		195.784.808		1.002.283					32.057.497			
RCEt										55.599.180		
Suelo												
Crédito	177.108.382											
Total ingresos	177.108.382	195.784.808		1.002.283					32.057.497	55.599.180		
Flujo de fondos	-337.165.252	-84.270.212	-63.686.391	-54.805.202	-33.066.788	-33.066.788	-28.486.677	-72.932.279	3.570.820	-27.239.368	-28.486.677	-28.486.677

Tabla 40: Flujo de fondos (\$) considerando las RCEt desde el año 13 al año 23 de la plantación

ITEM	Año										
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Costos											
Establecimiento											
Obras de recuperación											
Control lagomorfos											
Control malezas post.											
Limpieza cortafuegos	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111	4.580.111
Control polilla del brote											
Manejo	101.775.687										
Cosecha											950.043.042
Administración	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758	901.758
Crédito											
Suelo											
SIG post-estratificación											
Administración RCEt	23.004.808	23.004.808	35.493.132	23.004.808	23.004.808	23.004.808	23.004.808	35.493.132			
Transacción RCEt			11.863.547					11.863.547			
Total costos	130.262.364	28.486.677	52.838.548	28.486.677	28.486.677	28.486.677	28.486.677	52.838.548	5.481.869	5.481.869	955.524.911
Ingresos											
Maderero	146.822.598										2.830.454.406
Subsidio DL 701											
RCEt			116.282.040					137.550.315			
Suelo											159.857.100
Crédito											
Total ingresos	146.822.598		116.282.040					137.550.315			2.990.311.506
Flujo de fondos	16.560.234	-28.486.677	63.443.492	-28.486.677	-28.486.677	-28.486.677	-28.486.677	84.711.767	-5.481.869	-5.481.869	2.034.786.595

La rentabilidad del proyecto se obtiene al utilizar los flujos que muestran las tablas 39 y 40, esto es considerando los costos e ingresos generados por las reducciones.

Tabla 41: Rentabilidad del proyecto con RCEt

Indicador	Tasa de descuento (%)	Con RCEt
VPN	12	-\$445.209.321
VPN	10	-\$382.846.254
VPN	7	-\$207.565.344
TIR	-	5%

A partir de la tabla 41, el proyecto al considerar las RCEt es rentable o atractivo económicamente para tasas de descuento menores al 5%.

11. ADICIONALIDAD

El proyecto de forestación propuesto en el marco del MDL será adicional si la absorción neta efectiva de gases de efecto invernadero por los sumideros supera la suma de las variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del ámbito del proyecto que se produciría de no realizarse la actividad del proyecto registrado (CMNUCC, 2003).

La metodología para demostrar la adicionalidad de un proyecto forestal MDL está compuesta por los siguientes pasos (CMNUCC, 2005):

- Identificar alternativas para el proyecto forestal
- Análisis financiero
- Análisis de las barreras
- Impacto del registro del proyecto forestal propuesto como proyecto MDL

11.1. Alternativas para el proyecto

Las alternativas más plausibles son realizar el proyecto no como un proyecto MDL o que continúe la situación actual, para las siguientes etapas solamente se considera la primera alternativa, ya que la segunda no tiene ningún atractivo económico.

11.2. Análisis financiero

A partir de este análisis se debe determinar si el proyecto propuesto sin el ingreso por la venta de RCEt es menos atractivo económicamente que el proyecto con el ingreso por la venta de RCEt.

Para esto se identifican dos indicadores financieros; la TIR y el VPN. La tabla 42 muestra los valores de ellos bajo distintas tasas de descuento para ver como varía la rentabilidad. Sin embargo, la tasa de descuento por lo general, fluctúa entre un 6% y un 14%, dependiendo del riesgo del proyecto (Centro de Emprendimiento e Innovación, 2007).

Tabla 42: Comparación de indicadores

Indicador	Tasa de descuento (%)	Sin RCEt	Con RCEt
VPN	12	-\$231.920.166	-\$445.209.321
VPN	10	-\$157.414.286	-\$382.846.254
VPN	7	\$38.816.674	-\$207.565.344
TIR	-	7,4%	5%

Con los datos que muestra la tabla 42 no es necesario continuar con las siguientes etapas para evaluar la adicionalidad del proyecto, ya que el proyecto forestal sin las RCEt es más atractivo económicamente lo que anula cualquier intento de transformarlo en un proyecto MDL.

Lo anterior se debe a los altos costos de transacción, estos son; formulación del proyecto MDL, validación por una entidad operacional, registro en la Junta Ejecutiva, verificación, acreditación, vigilancia, medición y documentación, los que son independientes de la superficie del proyecto, excepto la vigilancia, medición y documentación cuyos costos dependen de la cantidad de hectáreas. Entonces, para esta plantación de 409,89 ha el ingreso por la venta de RCET no alcanza a suplir estos costos con tasas de descuento superiores al 5%, por eso, con esta superficie es más conveniente realizar el proyecto sin considerar el MDL, a continuación se realiza un análisis de sensibilidad para evaluar los cambios en los indicadores si se aumenta la superficie .

11.3. Análisis de sensibilidad

11.3.1. Escenario A: aumento superficie del proyecto a 1229,67 ha, costos e ingresos constantes

Tabla 43: Comparación de indicadores para escenario A

Indicador	Tasa de descuento (%)	Sin RCET	Con RCET
VPN	12	-\$695.760.498	-\$815.653.792
VPN	10	-\$472.242.857	-\$575.478.039
VPN	7	\$116.450.022	\$56.027.795
TIR	-	7,4%	7,1%

Bajo estas condiciones (tabla 43), es decir aumentando la superficie en un 300%, el proyecto con la venta de RCET aún no logra superar la rentabilidad del mismo sin considerar las RCET.

11.3.2. Escenario B: aumento superficie del proyecto a 2459,34 ha, costos e ingresos constantes

Tabla 44: Comparación de indicadores para escenario B

Indicador	Tasa de descuento (%)	Sin RCET	Con RCET
VPN	12	-\$1.391.520.995	-\$1.364.427.927
VPN	10	-\$944.485.714	-\$855.817.429
VPN	7	\$232.900.043	\$463.640.554
TIR	-	7,4%	7,8%

Con este otro escenario (tabla 44), aumento de superficie en un 600%, el proyecto con las RCET, logra ser más atractivo económicamente que el sin RCET.

11.3.3. Escenario C: aumento superficie del proyecto a 2459,34 ha y aumento a US\$ 4 las RCEt, demás ingresos y costos constantes

Tabla 45: Comparación de indicadores para escenario C

Indicador	Tasa de descuento (%)	Sin RCEt	Con RCEt
VPN	12	-\$1.391.520.995	-\$1.313.158.995
VPN	10	-\$944.485.714	-\$790.082.500
VPN	7	\$232.900.043	\$560.816.776
TIR	-	7,4%	8%

Con este escenario (tabla 45), aumento de superficie en un 600% y aumento del precio de las RCEt en US\$ 0,5, el proyecto con las RCEt, logra aumentar su tasa interna de retorno en un 0,2% con respecto al escenario anterior.

11.3.4. Escenario D: aumento superficie del proyecto a 4918,68 ha y aumento a US\$ 9 las RCEt, demás ingresos y costos constantes

Tabla 46: Comparación de indicadores para escenario D

Indicador	Tasa de descuento (%)	Sin RCEt	Con RCEt
VPN	12	-\$2.783.041.990	-\$1.334.059.683
VPN	10	-\$1.888.971.428	\$29.672.237
VPN	7	\$465.800.087	\$3.416.742.945
TIR	-	7,4%	10,03%

Con este último escenario (tabla 46), aumento de superficie en un 1.200% y aumento del precio de las RCEt en US\$ 5,5, el proyecto con las RCEt, logra obtener un VPN positivo para una tasa de descuento del 10%.

Por lo tanto, con los tres últimos escenarios se podría intentar un proyecto MDL, porque tiene indicadores más atractivos el proyecto con RCEt que el que no las considera, sin embargo, de igual forma en estos escenarios es atractivo el proyecto sin las RCEt dependiendo de la tasa de descuento, por lo que correspondería analizar las barreras que tendría el proyecto sin las RCEt para llevarse a cabo.

11.4. Análisis de las barreras e impacto del registro del proyecto como MDL

Se debe establecer que hay barreras que impiden la implementación del proyecto si no estuviese registrado como un proyecto forestal MDL, en el impacto del registro del proyecto hay que explicar como la aprobación del proyecto en el MDL soluciona las barreras identificadas.

El proyecto sin RCEt bajo los escenarios B, C y D, puede presentar barreras relacionadas con la tenencia de la tierra, derechos de herencia y de propiedad, ya que se deberían tener los títulos de propiedad de todas las hectáreas involucradas según el escenario, lo que es prácticamente imposible por las superficies consideradas, y probablemente a cuyos propietarios no les llame la atención arreglar esa situación para un proyecto de tan

largo plazo, tendrían que esperar 9 años para un pequeño ingreso de la venta de los productos del raleo y después de 14 años más los ingresos de la cosecha.

Además esta la barrera económica, ya que el año del establecimiento de la plantación los propietarios tienen un costo total, al que se le debe restar el costo del suelo y el crédito de enlace forestal de INDAP, pero de igual forma queda un monto que deberían aportar los propietarios y el cual probablemente no posean.

Estas barreras impiden que el proyecto sin considerar las RCEt se realice, lo que favorece que los terrenos se sigan degradando.

Esto se puede revertir al obtener además de los ingresos madereros, los que entregarían las RCEt cada cinco años a partir del décimo, ya que la única forma de lograr incentivar a los pequeños propietarios es mediante la obtención de ingresos a lo largo del período de rotación, así intentarían sanear sus títulos de dominio, querrán organizarse y participar, aunque también es una barrera el organizar a tantos propietarios y las distancias entre los terrenos, estos pueden formar una directiva y llevar a cabo el proyecto con expertos que los guíen y que ayuden a establecer acuerdos de compra de RCEt con los compradores interesados de manera de superar también la barrera económica antes mencionada.

12. CONCLUSIONES

Los proyectos forestales MDL deben verificarse periódicamente (cada cinco años) ya que el carbono almacenado en la biomasa puede volver a la atmósfera por ocurrencia de incendios, ataque de plagas, recolección ilegal de leña u otros, por esto, las reducciones certificadas de las emisiones para proyectos de forestación o reforestación son temporales y su precio en el mercado es menor con respecto a las reducciones generadas por otro tipo de proyectos (generación eléctrica, eficiencia energética, transporte), ya que los países que las adquieren deberán en algún momento reemplazarlas por otras reducciones.

Este tipo de proyecto se expone a los riesgos propios de cualquier proyecto forestal y además a riesgos que tienen que ver con el MDL, como obtener todas las aprobaciones necesarias para que el proyecto sea aceptado por la Junta Ejecutiva (aprobación del país anfitrión, validación, registro, aprobación del país inversor, verificación y certificación), que el rendimiento de la plantación sea el calculado de manera de obtener las reducciones proyectadas y también esta la incógnita de lo que ocurrirá después de 2012, pero se espera un acuerdo de continuidad, para poder optar a ingresos adicionales por carbono.

Este proyecto considera a 28 propietarios, con sus títulos de dominios saneados, el área del proyecto podría aumentar, ya que se consideró aproximadamente un 19% de la superficie de matorral abierto de Huerta de Maule, probablemente la mayor dificultad sea contar con la disposición a participar en un proyecto de largo plazo, en el que la inversión es elevada y los mayores ingresos se obtienen al final del período de rotación de la plantación, es decir, en este caso, después de 23 años.

El objetivo de aplicar el MDL es superar esta barrera, al entregar ingresos por venta de RCEt en un plazo menor, para este proyecto, en 10 años.

El crecimiento de la plantación obtenido de Peters (2005), no considera el establecimiento de obras de recuperación de suelo, las que favorecen el desarrollo de los árboles aumentando el crecimiento anual corriente de la plantación, cuyo aumento también se vería reflejado en el número de reducciones a verificar. Otro punto importante que influye en las reducciones es el esquema de manejo a utilizar en la plantación, lo que indica que en otro terreno con un índice de sitio más alto, este mismo proyecto quizás arrojaría resultados más favorables para el MDL, por lo que es recomendable un estudio de prefactibilidad antes de implementar un proyecto MDL.

Este proyecto cumple con los requisitos para demostrar la elegibilidad de los terrenos ya que no se tratan de terrenos con bosque y se cumple con la definición de forestación.

La metodología China utilizada para evaluar este proyecto entregó la base necesaria para determinar las reducciones que podrían obtenerse, estas se calcularon a partir de las absorciones efectivas netas totales de GEI por los sumideros menos las fugas.

Este modelo de proyecto no utiliza vehículos dentro de sus límites, ni tampoco se fertiliza con nitrógeno, evitando así, la emisión de gases de efecto invernadero, cuyo objetivo debería ser el de cualquier proyecto que intente ser reconocido por el MDL.

La única fuga considerada es la producida por la quema de combustibles fósiles que utilizan los vehículos, siendo el transporte de los productos del raleo comercial el que

emite más ton de dióxido de carbono equivalente. Se consideraron las posibles fugas producidas por el proyecto hasta el 2027, ya que en este año se realizaría la última vigilancia, de ahí que no se hayan estimado las producidas por la cosecha.

Un punto importante para estimar las fugas son los factores de emisión de cada combustible, en este caso, se utilizaron los del IPCC, ya que no se cuentan con factores específicos para el país, lo que impide un cálculo más preciso.

Para la primera vigilancia del proyecto se debería realizar una post-estratificación, esto es, el año 2017, según la homogeneidad de la plantación y relieve, ya que para la estratificación preliminar se consideró el grado de erosión, obteniéndose como tamaño muestral a priori 85 parcelas permanentes de muestreo, con ubicación sistemática con inicio aleatorio.

En este trabajo solamente se describe el método del factor de expansión de biomasa, para medir y estimar las variaciones de carbono almacenado en el tiempo, ya que se debe aplicar con datos de la plantación una vez que esta este establecida.

La información a ser recolectada para vigilar las fugas producidas por el proyecto son el número, tipo y kilómetros recorridos por los vehículos utilizados, datos que se deben registrar mensualmente durante el establecimiento de la plantación y cuando se realice el raleo.

Si se considera la adicionalidad como la definición entregada por la CMNUCC (2003) este proyecto sería adicional, porque al realizar el proyecto la absorción de gases de efecto invernadero por los sumideros, superaría la suma de las variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del ámbito del proyecto que se habría producido de no haberse realizado el proyecto, que por razones conservadoras se estimó en cero.

Esta definición por si sola no es suficiente para determinar la adicionalidad de un proyecto, ya que esta ligada también a la evaluación económica, esto es, no debe ser atractivo económicamente sin las reducciones y con ellas superar esa barrera, de modo que el proyecto se lleve a cabo sí y sólo sí es parte del MDL.

Con respecto a la evaluación económica, el año del establecimiento de la plantación los propietarios tienen un costo total de \$438,029,129, pero este monto menos el costo del suelo queda en \$278,172,029, que es la suma con la que deberían contar los propietarios ya que el terreno les pertenece, obtienen \$177,108,382 del crédito de enlace forestal de INDAP, por lo tanto deberían aportar \$101,063,647 ó \$246,563 por hectárea. La cantidad de cada propietario depende de su superficie en el proyecto, cuyo monto puede ser un obstáculo para participar del proyecto. Lo anterior corresponde al proyecto sin considerar las reducciones, de ser así, los costos que generan las reducciones el año de establecimiento son de \$76,244,505, por lo que los propietarios deberían aportar \$186,012 más por hectárea, si se pretendiera realizar el proyecto como MDL o bien establecer acuerdos de compra de reducciones con los compradores interesados de manera de poder conseguir capital suficiente para la implementación del proyecto.

Al comparar los indicadores VPN y TIR del proyecto forestal-modelo es más conveniente realizar el proyecto sin considerar la venta de reducciones, es decir, conviene dejar fuera al MDL, ya que la TIR disminuye un 2,4%.

El proyecto forestal-modelo presenta elevados costos de administración y de transacción si se quisiera presentar al MDL, que hacen más rentable al proyecto sin las reducciones, esto podría revertirse al aumentar la superficie total del proyecto.

Si el modelo de proyecto aumentará su superficie y se ubicará en una zona con mejor índice de sitio o en el cual se puedan evaluar las implicancias en el crecimiento de los árboles de las obras de recuperación de suelo, de manera de aumentar las reducciones, en el año de establecimiento de la plantación, los costos de formulación del proyecto, su validación, registro, verificación y acreditación se mantendrían y el único costo de transacción que aumentaría sería el de vigilancia, medición y documentación, que es el costo menor dentro de la transacción.

Por lo tanto, aumentar las hectáreas del proyecto, no aumentaría significativamente el costo de transacción de este. Aumentarían los costos de establecimiento y de obras de recuperación, pero aumentaría el crédito y se optaría al DL 701, esta mayor inversión debería compensarse con el aumento de las reducciones y a su vez el posible aumento en el precio que tengan estas reducciones a medida que se acercan los períodos de compromiso, de esta forma, el proyecto sin el ingreso de las reducciones probablemente no sea atractivo económicamente de aumentar su superficie por la mayor inversión inicial más los mayores costos durante la rotación, transformándolo en un proyecto adicional y que puede optar al MDL.

Lo anterior se intentó demostrar en el análisis de sensibilidad, del que se concluyó que los distintos escenarios no cambian la TIR del proyecto que no considera las reducciones, esto porque el aumento de superficie provoca que todos los ingresos y costos aumenten a diferencia del proyecto que considera las reducciones, porque hay costos que se mantienen constantes independiente de la superficie. El escenario D, superficie del proyecto: 4918,68 ha y precio de las reducciones: US\$ 9, resultó ser el más propicio para el MDL, ya que con una tasa de descuento del 10%, el VPN del proyecto con las reducciones es positivo y si no se consideran las reducciones es negativo, por lo que el proyecto sin considerarlo en el MDL no se llevaría a cabo porque no es atractivo económicamente, con lo que se demostraría su adicionalidad.

Si bien este proyecto no se llevaría a cabo como MDL al considerar 409,89 ha, puede demostrarse que un proyecto de estas características, pero con 5.000 ha de matorral abierto y con un aumento en el precio de las reducciones y/o en el precio del dólar, cumpliría con los requisitos para optar al MDL.

Si un proyecto de este tipo logrará ser reconocido por la Junta Ejecutiva como MDL, los ingresos por venta de RCEt se recibirían solamente los años de las certificaciones, es decir, 2017, 2022 y 2027. La absorción de los años 2028, 2029 y 2030 no podría contabilizarse porque la plantación se cosecharía el 2030 a los 23 años, no alcanzando a cumplir otro período de cinco años para la vigilancia y posterior certificación.

Los ingresos por las reducciones y los de la venta de productos madereros deberían repartirse entre los propietarios de acuerdo a las hectáreas de cada uno en el proyecto y al crecimiento de los árboles en sus terrenos.

Finalmente, este trabajo sirve de guía para proyectos que tengan como objetivo el MDL, ya que presenta una visión clara de los puntos más importantes y de los cálculos necesarios para evaluar un proyecto forestal en el contexto del Protocolo de Kyoto.

13. BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, J. 1998. Mejoramiento de productividad de plantaciones de pino radiata y eucaliptos en Forestal Mininco S.A. (Chile). [En línea] <<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/biblos/pdf/1998/78%20Alvarez3.pdf>> [consulta: 27 julio 2007].

ÁLVAREZ, J., VENEGAS, R., PEREZ, C. 2004. Impacto de la duración y geometría del control de malezas en la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en cinco ecosistemas del sur de Chile. Bosque 25 (2): 57-67.

BENEDETTI, S., VALDEBENITO, G., GARCÍA, E., DELARD, C., LÓPEZ, C., VILLARROEL, A. 2006. Propuestas de innovaciones tecnológicas, sobre el recurso forestal, los procesos y los productos para los rubros maderero, apícola y hongos silvestres en el territorio Maule Sur. Instituto Forestal (INFOR), Fondo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (FDI), Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Santiago, Chile. [En línea] <http://www.infor.cl/centro_documentacion/documentos_digitales/capitulo_IV_produccion_apicola.pdf> [consulta: 26 agosto 2007].

BOER, R. 2007. CDM Update From Carbon Expo 2006, Cologne. [En línea] <http://www.worldagroforestrycentre.org/Sea/networks/RUPES/download/Annual_Reports/2006/Appendix_9.pdf> [consulta: 20 noviembre 2007].

CENTRO DE EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN. 2007. Plan financiero. Departamento Universitario Obrero Campesino de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DUOC). [En línea] <http://www.emprende.duoc.cl/plan_finan.html> [consulta: 20 noviembre 2007].

CHILEPASS. 2004. Mapa regional. [En línea] <<http://www.chilepass.cl/mapa7.php?reg=2>> [consulta: 26 agosto 2007].

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). 2006. Principales acciones en protección, conservación y restauración de suelos. Gobierno de México. [En línea] <http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=28151_201&ID2=DO_TOPIC> [consulta: 04 agosto 2007].

COMPAÑÍA MANUFACTURERA DE PAPELES Y CARTONES S.A. (CMPC). 2007. El árbol. [En línea] <<http://www.papelnet.cl/arb/arb/arb.pdf>> [consulta: 21 noviembre 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). s.f. (sin fecha). Glosario de términos utilizados en el documento de proyecto del mecanismo para un desarrollo limpio. [En línea] <<http://www.icontec.org.co/Contents/MDL/Glosarioes.pdf>> [consulta: 04 octubre 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2001. Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Decisión 11/CP.7. [En línea] <<http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop7/cp713a01s.pdf#page=56>> [consulta: 04 febrero 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2003. Modalidades y procedimientos para las actividades de proyectos de forestación y reforestación del mecanismo para un desarrollo limpio en el primer período de compromiso del Protocolo de Kyoto. Decisión 19/CP.9. [En línea] <<http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop9/cp906a02s.pdf#page=14>> [consulta: 04 febrero 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2005. Tool for the demonstration and assessment of additionality in A/R CDM project activities. Annex 16. [En línea] <<http://cdm.unfccc.int/EB/021/eb21repan16.pdf>> [consulta: 24 enero 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2006a. Revised Approved afforestation and reforestation baseline methodology AR-AM0001. “Reforestation of degraded land”. [En línea] <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_QFWKNCDDDX7HG7UHQ8UPUXKWBFUPO> [consulta: 04 febrero 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2006b. Revised Approved afforestation and reforestation baseline methodology AR-AM0002. “Restoration of degraded lands through afforestation/reforestation”. [En línea] <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_521G64I2VT53AZ88A9YHXZWNX9ZBUB> [consulta: 04 febrero 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2006c. Revision to the approved afforestation and reforestation baseline and monitoring methodology AR-AM0003 “Afforestation and reforestation of degraded land through tree planting, assisted natural regeneration and control of animal grazing”. [En línea] <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_8FDKC49WQB4YIX9T6HFDVV3H8B44B2> [consulta: 04 febrero 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2006d. Approved afforestation and reforestation baseline methodology AR-AM0004 “Reforestation or afforestation of land currently under agricultural use”. [En línea] <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_VMRC6YWYL3QHFBQ92GGUP7V0KUY159> [consulta: 04 febrero 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2006e. Afforestation and reforestation baseline methodology AR-AM0005 “Afforestation and reforestation project activities implemented for industrial and/or commercial uses”. [En línea] <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_5L2RY88A7GXK4PNTG2JEH50SBU3HOH> [consulta: 04 febrero 2007].

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). 2007. Protocolo de Kyoto. Estado de ratificación. [En línea] <http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/background/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratifcation.pdf> [consulta: 11 noviembre 2007].

CAPOOR, K. y AMBROSI, P. 2007. State and Trends of the Carbon Market 2007. [En línea] <http://carbonfinance.org/docs/Carbon_Trends_2007-_FINAL_-_May_2.pdf> [consulta: 20 noviembre 2007].

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA), BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCIÓN Y FOMENTO (BIRF). 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. [En línea] <http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=331aff350993c9e897fcb2734f002b97&unidad=0&> [consulta: 04 agosto 2007].

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 1999. Decreto ley N°701 sobre fomento forestal y ley de bosques. 76 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2003. Plan de Desarrollo Forestal Comunitario. Área de Desarrollo "Huerta del Maule". Comunidad Ranchillo/Purepel-La Greda. Comuna de San Javier. Provincia Linares. Región del Maule. Chile.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2006. Tabla de costos 2007. Fomento a la forestación y recuperación de suelos degradados. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. 16 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2007a. Sanidad forestal. [En línea] <http://www.conaf.cl/?seccion_id=97efad964ab6d7e6ce7209e8981e9d72&unidad=0> [consulta: 29 agosto 2007].

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2007b. Datos formato shape del terreno del proyecto. Visita a terreno.

DANS DEL VALLE, F., FERNÁNDEZ, F., ROMERO, A. 1999. Manual de silvicultura del Pino Radiata en Galicia. [En línea] <http://www.agrobyte.com/agrobyte/publicaciones/pinoradiata/cap5_3.html> [consulta: 10 julio 2007].

FEHSE, J. 2003. Introducción al Cambio Climático y al proceso político para mitigarlo. Santa Cruz. Bolivia. [En línea] <<http://cd4cdm.org/countries%20and%20regions/Latin%20America/Bolivia/International%20Course%20on%20CDM%20November%202003/CC%20intro%20Spanish,%20v1.pdf>> [consulta: 05 agosto 2006].

FORESTAL TORNAGALEONES S.A. 2007. Procesos. [En línea] <<http://www.forestaltornagaleones.cl/procesos.html>> [consulta: 03 octubre 2007].

FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE. 2007. Síntesis de la Convención Marco sobre Cambio Climático y Protocolo de Kyoto. [En línea] <<http://www.fundacionsustentable.org/article455.html>> [consulta: 19 marzo 2007].

GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165p. [En línea] <http://www.florachilena.cl/Regiones_Vegetales/Bosque%20Esclerofilo/Matorral%20y%20Bosque%20Espinoso.htm> [consulta: 09 junio 2007].

GARCÍA, O. 1970. Índices de sitio para pino insigne en Chile. Serie de investigación. Publicación N°2. Instituto Forestal (INFOR). 29 p.

GARCÍA, E.; SOTOMAYOR, A.; SILVA, S.; VALDEBENITO, G. 2000. Establecimiento de Plantaciones Forestales. *Pinus radiata*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziessi*. Instituto Forestal (INFOR). Fondo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (FDI). Santiago, Chile. [En línea] <http://www.infor.cl/webinfor/pw-sistemagestion/Nuevo2001/doc_establecimiento/EstablecimientoCon1.pdf> [consulta: 13 junio 2007].

GERDING, V. y SCHLATTER, J. 1985. Deficiencia de Boro en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Chile: II Principales causas y correcciones. Bosque 6 (1): 32-43.

GERDING, V. y SCHLATTER, J. 1995. Variables y factores del sitio de importancia para la productividad de *Pinus radiata* D. Don en Chile. Bosque 16 (2): 39-56.

GONZÁLEZ, E. 2000. Características y variabilidad de sitios con plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en suelos graníticos de las provincias de Cardenal Caro (VI Región) y Talca (VII Región). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 89 p.

GRUPO DE ESTUDIOS DE AGROECOSISTEMAS MEDITERRANEOS (GEAM). 2005. Ecología y restauración. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Universidad de Talca y Universidad de Concepción. [En línea] <<http://www.inia.cl/geam/Especies/ecologia.html>> [consulta: 04 febrero 2007].

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2001. Glosario de términos utilizados en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC [En línea] <<http://www.ipcc.ch/pub/syrglossspanish.pdf>> [consulta: 04 febrero 2007].

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2003. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (OBP-UTCUTS). [En línea] <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.htm> [consulta: 04 febrero 2007].

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2006. Directrices para los Inventarios Nacionales de GEI. [En línea] <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.htm>> [consulta: 04 febrero 2007].

GUERRA, J., GAYOSO, J., SCHLATTER, J. *et al.* 2005. Análisis de la biomasa de raíces en diferentes tipos de bosques: Avances en la evaluación de *Pinus radiata* en Chile. Bosque 26 (1): 5-21.

GUTIÉRREZ, J. 2000. Estrategias para impulsar el establecimiento de plantaciones forestales a gran escala en el seco interior de las regiones 6,7 y 8. Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF). Gobierno de Chile. [En línea] <<http://www.conicyt.cl/bases/fondef/fondef/PROYECTO/00/T/D00T1073.HTML>> [consulta: 04 febrero 2007].

HAMILTON, K. 2007. LULUCF: Carving a Niche in the Voluntary Carbon Markets. [En línea] <http://carbonfinance.org/docs/KHamilton_CarbonExpo.ppt> [consulta: 20 noviembre 2007].

HERNÁNDEZ, A. 2000. Análisis las emisiones de gases de invernadero. [En línea] <<http://www.rebelion.org/ecologia/analisis151100.htm>> [consulta: 12 noviembre 2007].

INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO (INDAP). 2007. Crédito de Enlace Forestal. [En línea] <http://www.indap.gob.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=1244&Itemid=85> [consulta: 16 septiembre 2007].

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL DE CHILE (INFOR). 1998. Investigación Silvícola para el Desarrollo Forestal del Secano Interior. [En línea] <<http://www.infor.cl/webinfor/investigacion/proyectos/t-5411.htm>> [consulta: 04 febrero 2007].

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL DE CHILE (INFOR). 2004. Pino insigne en seco. Costos, ingresos, rentabilidad, análisis de sensibilidad. [En línea] <http://www.infor.cl/webinfor/pw-sistemagestion/pt_02/plantaciones/fichap_radiata.htm> [consulta: 08 septiembre 2007].

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL DE CHILE (INFOR). 2007a. Mercado forestal. [En línea] <http://www.infor.cl/centro_documentacion/documentos_digitales/mercado_forestal_n28_julio2007.pdf> [consulta: 08 septiembre 2007].

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL DE CHILE (INFOR). 2007b. Boletín de Precios Forestales N°121.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM). 2007. Contacto telefónico. [21 septiembre 2007].

MACKENZIE, C. y VICKERS, B. 2006. Forestry in the Clean Development Mechanism. [En línea] <http://www.recoftc.org/site/fileadmin/docs/Events/RRI_Conference/Session_3/Poster_Notes/B._Vickers_3.2.doc> [consulta: 20 noviembre 2007].

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP), 2007. [En línea] <<http://www.sitios.cl/servicios/distancias.htm>> [consulta: 27 septiembre 2007].

MINISTERIO MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA. 2006. Cambio Climático. [En línea] <http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/flexibilidad/mecanismos/cce_mf_md.html> [consulta: 05 agosto 2006].

MORALES, J. 2007. Carencia de Cobre, Molibdeno, Boro y Cloro. [En línea] <<http://articulos.infojardin.com/articulos/carencias-cobre-molibdeno-boro.htm>> [consulta: 12 julio 2007].

NACIONES UNIDAS. 1992. Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (UNFCCC). Nueva York. Estados Unidos. [En línea] <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>> [consulta: 05 agosto 2006].

NACIONES UNIDAS. 2005. Protocolo de Kyoto. [En línea] <http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/kyoto_protocol/items/3329.php> [consulta: 05 agosto 2006].

NEUENSCHWANDER, A. 2005. Los bosques y el cambio climático en Latinoamérica y el Caribe: desafíos y oportunidades. Comisión forestal para Latinoamérica y el Caribe 24^o reunión, Santo Domingo, República Dominicana. [En línea] <<http://www.iufro.org/uploads/media/t1-neuenschwander.ppt>> [consulta: 04 febrero 2007].

NEUENSCHWANDER, A. 2006. Recomendaciones para la evaluación de proyectos de forestación en el mecanismos de desarrollo limpio. Análisis de caso, forestación de pequeñas propiedades en la Décima Región de Chile. Valdivia. Chile. [En línea] <<http://www.fao.org/forestry/webview/media?mediaId=10121&langId=1>> [consulta: 05 agosto 2007].

NUILA, R. 2007. Los esquimales y el Protocolo de Kyoto. [En línea] <<http://www.latribuna.hn/news/173/ARTICLE/13189/2007-07-12.html>> [consulta: 12 noviembre 2007].

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). 1995. Impacto Ambiental de las Prácticas de Cosecha Forestal y Construcción de Caminos en Bosques Nativos Siempreverdes de la X Región de Chile. [En línea] <<http://www.fao.org/docrep/V9727S/v9727s00.htm#Contents>> [consulta: 03 octubre 2007].

PERLIS, A. 2006. Los bosques y la salud humana. El mundo forestal. Unasyuva No. 224 Vol. 57, 2006/2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [En línea] <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0970s/a0970s16.pdf>> [consulta: 14 agosto 2007].

PETERS, R. 2005. Tablas Auxiliares de Producción. Simulador de Árbol Individual para Pino Radiata (*Pinus radiata* D. Don): Arquitectura de Copa y Calidad de Madera. Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF). Gobierno de Chile. Concepción. Chile.

PIZARRO, R., SANGÜESA C., BRAVO C., FARÍAS C., SOTO M., FLORES J. 2003a. Manual de conservación de aguas y suelos. Instructivo N°4. Diques para retención de sedimentos. Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos Ltda. (EIAS Ltda). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Chile. [En línea] <http://eias.utalca.cl/2publicaciones/3manuales/i_instructivo_diques.pdf> [consulta: 16 septiembre 2007].

PIZARRO, R., SANGÜESA C., BRAVO C., FARÍAS C., SOTO M., FLORES J. 2003b. Manual de conservación de aguas y suelos. Instructivo N°3. Canales de evacuación para aguas lluvias. Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos Ltda. (EIAS Ltda). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Chile. [En línea] <http://eias.otalca.cl/2publicaciones/3manuales/h_instructivo_canales.pdf> [consulta: 16 septiembre 2007].

PIZARRO, R., SANGÜESA C., BRAVO C., FARÍAS C., SOTO M., FLORES J. 2003c. Manual de conservación de aguas y suelos. Instructivo N°1. Zanjas de infiltración. Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos Ltda. (EIAS Ltda). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Chile. [En línea] <http://eias.otalca.cl/2publicaciones/3manuales/f_instructivo_zanja.pdf> [consulta: 16 septiembre 2007].

PRODUCTOS ÉXITO. 2007. Repelente de conejos y roedores en general. [En línea] <<http://www.productosexito.cl/Roed/reproe.html>> [consulta: 08 septiembre 2007].

RODRÍGUEZ, N. 2003. Cortafuegos y cortacombustibles en plantaciones de coníferas. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). Ficha técnica p. 9-12. [En línea] <<http://www.ciefap.org.ar/documentos/fichas/FTA9N4Cortafuegosycortacombustibles.pdf>> [consulta: 27 julio 2007].

REPSOL YPF S.A.. 2007. Cambio climático. [En línea] <http://www.repsolypf.com/es_es/todo_sobre_repsol_ypf/responsabilidad_corporativa/medio_ambiente_seguridad_y_calidad/cambio_climatico/preguntas_frecuentes/> [consulta: 12 noviembre 2007].

ROJAS, A. 2004. El mercado internacional del carbono y sus expectativas para el sector forestal chileno. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 87 p.

SALAZAR, J. y R. VALENZUELA. 1977. Elaboración de un mapa de suelos para un predio forestal. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 89 p.

SANTIBÁÑEZ, F. 1993. Atlas agroclimático de Chile: regiones VI, VII, VIII y IX.

SANTIS, G. 2005. Mapa de reconocimiento de suelos de la Región de Bío-Bío (sector norte). Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 179 p. [En línea] <http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2005/santis_g/sources/santis_g.pdf> [consulta: 07 agosto 2007].

SECRETARÍA INTERMINISTERIAL DE PLANIFICACIÓN DE TRANSPORTE (SECTRA). 2007. Sistemas de Información Geográficos. [En línea] <<http://www.sectra.cl/its/satp/sgf/sig.htm>> [consulta: 05 octubre 2007].

SERVICIO AÉREO FOTOGRAMÉTRICO (SAF). 2007. Buscador de proyectos de Sistema de Información Geográfica (SIG). Gobierno de Chile. [En línea]<<http://www.saf.cl/>> [consulta: 04 agosto 2007].

SOCIEDAD DISTRIBUIDORA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (SODIMAC). 2007a. Los fertilizantes fosfatados. [En línea] <<http://www.sodimac.cl/HUM/HUM.nsf/CDUNID/84C2F9AE2D3D4B2A85256B5D006D43E2?OpenDocument&537QYK#>> [consulta: 29 julio 2007].

SOCIEDAD DISTRIBUIDORA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (SODIMAC). 2007b. Clavo corriente. [En línea] <<http://www.sodimac.cl/webapp/commerce/command/ProductDisplay?cgnbr=&area=&areacgnbr=&depto=&prnbr=19594-4&prmenbr=542&ubic=&ubicdpto=&catant=>> [consulta: 09 septiembre 2007].

SOTOMAYOR, A.; GARCÍA, E.; VALDEBENITO, G. 2001. Manual de plantaciones forestales para pequeñas propiedades. Manual N°30. Instituto Forestal (INFOR), Fondo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (FDI). Santiago, Chile. 42 p.

SOTOMAYOR, A.; HELMKE, E. GARCÍA, E. 2002. Manejo y mantención de plantaciones forestales. *Pinus radiata* y *Eucalyptus sp.* Documento de divulgación N°23. Instituto Forestal (INFOR), Fondo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (FDI). Santiago, Chile. 51 p.

SOTOMAYOR, A.; GARCÍA, E.; SOTO, H. 2004. Módulo Agroforestal Los Aromos. Concepción. Chile. [En línea] <http://www.agroforesteria.cl/menu/investigacion/unidad_losaromos.swf> [consulta: 27 mayo 2007].

SUPERINTENDENCIA DE BANCOS E INSTITUCIONES FINANCIERAS DE CHILE (SBIF). 2007. Tasa de interés promedio del sistema bancario. . [En línea] <<http://www.sbif.cl/sbifweb/servlet/InfoFinanciera?indice=4.1&idCategoria=555&tipocont=0>> [consulta: 19 septiembre 2007].

TIPPMANN, R. 2006. Supply and Demand Side of Emissions Credits from CDM Forestry Projects. [En línea] <<http://www.sbif.cl/sbifweb/servlet/InfoFinanciera?indice=4.1&idCategoria=555&tipocont=0>> [consulta: 20 noviembre 2007].

TORAL, M. 2005. La planificación de las operaciones. Clase de cátedra Cosecha Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.

TORO, J. 2004. Alternativas silvícolas para aumentar la rentabilidad de las plantaciones forestales. Bosque 25 (2): 101-113.

VALDEBENITO, G. y HORMAZABAL, M. 2001. Sistema de gestión forestal para la modernización de pequeños propietarios. Análisis de costos de establecimiento de plantaciones forestales en pequeños propietarios atingente al decreto ley 701 temporada 2001. Documento de trabajo 18200, 39 p. INFOR. Santiago, Chile.

VIARURAL. 2007. Características de los micronutrientes. [En línea] <<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/fertilizantes/fertilizar/otros-02.htm>> [consulta: 29 julio 2007].

VIDAL, C. 2007. Polilla del brote del pino. Grupo de Acción Forestal de la Universidad de Talca (GAF). Chile. [En línea] <<http://www.gaf.cl/temas/temas.php?subaction=showfull&id=1171054836&archive=>>> [consulta: 29 agosto 2007].

ZUNINO, C. 1992. Antecedentes biométricos y modelos de apoyo a la gestión y manejo racional del eucalipto. Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF). Gobierno de Chile. [En línea] <<http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/92/I/D92I1016.HTML>> [consulta: 13 junio 2007].

14. ANEXO

Países Anexo I (Naciones Unidas, 1992)

Alemania
Australia *
Austria
Belarús
Bélgica
Bulgaria
Canadá
Croacia
Comunidad Económica Europea
Dinamarca
Eslovaquia
Eslovenia
España
Estados Unidos *
Estonia
Federación de Rusia
Finlandia
Francia
Grecia
Hungría
Irlanda
Islandia
Italia
Japón
Letonia
Lituania
Liechtenstein
Luxemburgo
Mónaco
Noruega
Nueva Zelandia
Países Bajos
Polonia
Portugal
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte
República Checa
Rumania
Suecia
Suiza
Turquía *
Ucrania

* Países Anexo I que no han ratificado el Protocolo de Kyoto (CMCCNU, 2007)
El resto de países no incluidos en la lista anterior son los llamados países No-Anexo I.