

**PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL
DESARROLLO**



MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DE CHILE



UNIVERSIDAD DE CHILE



Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Programa de Gestión y Economía Ambiental

*División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente. Depto. Ingeniería Civil
Centro de Agricultura y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Agronómicas*

***Informe Final Corregido
Evaluación de Flujos de Inversión y Financieros
de los Sectores Silvoagropecuario, Transporte y Subsector Hídrico
de la Infraestructura***

***“ESTUDIO DE ESTIMACIÓN DE FLUJOS DE INVERSIÓN Y FINANCIEROS
PARA LA ADAPTACIÓN EN EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO, LA
MITIGACIÓN EN EL SECTOR TRANSPORTE Y LA ADAPTACIÓN EN EL
SUBSECTOR HÍDRICO DE LA INFRAESTRUCTURA”***

Santiago, 22 de Julio de 2011



Tabla de contenido

1	Resumen Ejecutivo	5
1.1	Introducción	5
1.1.1	Objetivos.....	6
1.1.2	Selección de sectores	6
1.1.3	Análisis previos utilizados.....	7
1.1.4	Arreglos institucionales y colaboraciones	9
1.1.5	Metodología básica y terminología clave.....	10
1.2	Síntesis de las evaluaciones sectoriales	13
1.2.1	Sector silvoagropecuario	13
1.2.2	Sector Transporte.....	15
1.2.3	Subsector hídrico de la infraestructura	16
1.3	Tablas de síntesis de los costos adicionales de las inversiones	17
2	Sector Silvoagropecuario.....	20
2.1	Alcance	20
2.2	Subsectores evaluados	26
2.3	Caracterización de los actores agrícolas	27
2.4	Lineamientos de política.....	35
2.4.1	Subsecretaría de Agricultura	35
2.4.2	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).....	35
2.4.3	Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)	36
2.4.4	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).....	36
2.4.5	Corporación Nacional Forestal (CONAF).....	36
2.4.6	Comisión nacional de Riego (CNR).....	36
2.5	Barreras potenciales, incertidumbres y limitaciones metodológicas	37
2.6	Supuestos	38
2.7	Definición de línea base.....	39
2.8	Medidas de adaptación propuestas para el sector silvoagropecuario	46
2.8.1	Componente: Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo	46
2.8.1	Medida 1: Perfeccionamiento de la red agrometeorológica nacional.....	46
2.8.2	Componente: Prácticas y Técnicas Productivas	54
2.8.3	Componente: Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales.	65
2.9	Resultados	71
2.9.1	Indicadores Financieros.....	71
2.9.2	Implicancias políticas	72
2.10	Otras Iniciativas No Evaluadas en este Estudio.....	74
2.11	Referencias	75
2.12	Anexos.....	77
2.12.1	Tablas	77



2.12.2	Distribución del Número de Explotaciones por Tipo de Productor según Región y Área Homogénea	84
3	Sector Transporte.....	86
3.1	Alcance	86
3.2	Subsectores evaluados	89
3.2.1	Subsector automóviles livianos y medianos.....	89
3.2.2	Subsector Transporte de Carga.....	90
3.2.3	Subsector METRO	92
3.2.4	Promoción del transporte público y bicicletas.....	94
3.3	Entidades inversoras	95
3.4	Lineamientos de política existentes	97
3.4.1	Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental.....	97
3.4.2	Planes Maestros de Transporte Urbano	100
3.4.3	Políticas de Eficiencia Energética	104
3.4.4	Políticas del METRO de Santiago.....	105
3.4.5	Política de Ferrocarriles del Estado	105
3.4.6	Mercado del carbono y cambio climático.....	106
3.5	Barreras Potenciales.....	107
3.6	Definición de línea base.....	108
3.6.1	Subsector automóviles livianos y medianos.....	108
3.6.2	Subsector Transporte de Carga.....	114
3.6.3	Subsector METRO	122
3.6.4	Promoción del transporte público y bicicletas.....	123
3.7	Medidas de mitigación propuestas para el sector transporte	126
3.7.1	Medida 1. Cambio modal producto de la construcción de nuevos kilómetros de METRO	126
3.7.2	Medida 2. Mejoras aerodinámicas en camiones.....	129
3.7.3	Medida 3. Conducción eficiente (Ecodriving) y asistencia técnica en camiones y buses	131
3.7.4	Medida 4. Cambio tecnológico en vehículos livianos y medianos	135
3.7.5	Medida 5 Fomento al cambio de la partición modal sostenible	140
3.8	Resultados.....	142
3.8.1	Presentación de FI &FF Adicionales.....	144
3.8.2	Descripción de resultados.....	146
3.8.3	Inversiones prioritarias	148
3.8.4	Lineamientos de política.....	149
3.8.5	Incertidumbres y limitaciones metodológicas	150
3.9	Referencias.....	151
3.10	Anexo tablas.....	154
4	Sector Infraestructura, subsector Hídrico	158
4.1	Alcance	158
4.2	Subsectores evaluados	161
4.3	Entidades inversoras	165
4.4	Lineamientos de política.....	166



4.4.1	Lineamientos de Política asociada a Grandes y Medianas Obras de Riego .	167
4.4.2	Lineamientos de Política asociada a Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas	168
4.4.3	Lineamientos de Política asociada a Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias	169
4.4.4	Lineamientos de Política asociada a Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces	170
4.4.5	Lineamientos de Política asociada a captura de información base: Red Hidrométrica.....	171
4.5	Definición de Línea Base.....	172
4.5.1	Grandes y Medianas Obras de Riego	172
4.5.2	Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas	175
4.5.3	Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias	178
4.5.4	Planes Maestro de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces.....	181
4.5.5	Red Hidrométrica Nacional.....	183
4.6	Escenarios de adaptación para el Sector Infraestructura Subsector Hídrico.....	188
4.6.1	Medida 1 Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias.....	190
4.6.2	Medida 2 Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces	193
4.6.3	Medida 3 Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas	195
4.6.4	Medida 4: Grandes y Medianas Obras de Riego	199
4.6.5	Medida 5 Sistema o Estaciones de Monitoreo.....	202
4.7	Implicancias de Política y Estudios Propuestos.....	204
4.7.1	Dificultades, incertidumbres y limitaciones metodológicas.....	205
4.7.2	Implicancias de Política: Líneas estratégicas y estudios propuestos.....	211
4.8	Referencias.....	217
4.9	Anexos	218
4.9.1	Ejercicio de Aplicación metodología FI&F a 5 medidas del subsector hídrico .	218
4.9.2	Tablas	228
4.9.3	Resultados de la Evaluación.....	235
4.9.4	Gráficos de Análisis de frecuencias y distribución	236
4.9.5	Infraestructura hídrica.....	242
5	Conclusiones y Comentarios	247
5.1	Comparación de resultados	248
5.2	Vínculos y superposiciones transectoriales	252
5.3	Consistencia con el desarrollo y otras prioridades nacionales.....	253
6	Anexos generales.....	257



1 Resumen Ejecutivo

1.1 Introducción

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) está ejecutando el proyecto “Fortalecimiento de Capacidades de los Encargados de la Formulación de Políticas para hacer frente al Cambio Climático en Iberoamérica”, con el fin de aportar posiciones de negociación respecto a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Este Proyecto involucra 19 países de Ibero América (29 países a nivel global), los cuales evaluarán las corrientes de inversión y de financiación para abordar el cambio climático en sectores prioritarios.

El Proyecto tiene como resultados esperados mejorar tanto la comprensión técnica en el tema de cambio climático, como las repercusiones económicas y políticas dentro del contexto de la CMNUCC; así como permitir la integración de la temática de cambio climático en la planificación económica y el desarrollo nacional.

Chile también participa de este proyecto, enfocado en tres sectores priorizados al nivel nacional: (i) el sector silvoagropecuario (ii) el sector transporte y (iii) el sector infraestructura siendo éste último enfocado específicamente en el subsector hídrico, principalmente las actividades relacionadas con el riego y la construcción de embalses, entre otras.

El PNUD está a cargo de brindar un enfoque metodológico general para realizar esta evaluación, a la vez que ha provisto apoyo técnico adicional en sinergia con un Centro Regional de Excelencia y capacitación de los expertos nacionales que realizan la tarea. En este contexto, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha contratado esta consultoría para (a) la preparación de un informe sobre la situación actual de los sectores seleccionados, así como (b) la realización de la evaluación de los flujos de inversión y financiamiento en dichos sectores, resultados que se expondrán en un taller nacional al finalizar la iniciativa.

El Ministerio de Medio Ambiente es el ente coordinador de este proyecto, el cual se ha encargado de conformar un equipo intersectorial integrado por los puntos focales de los diferentes ministerios involucrados en el desarrollo de esta iniciativa (Ministerio de Agricultura, Ministerio de Obras Públicas y Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones).

Dentro de los resultados del proyecto se desarrolló un informe del estado de los tres sectores ya referidos y se llevó a cabo el proceso de elaborar la evaluación de los flujos de inversión y de financiamiento (FI&F) para hacer frente al cambio climático en los ámbitos



respectivos de adaptación para el sector silvoagropecuario, mitigación en el sector transporte y adaptación en las actividades del subsector hídrico de la infraestructura.

En este marco, el presente documento corresponde al informe final de la evaluación de flujos de inversión y financiamiento, que se centra en presentar la definición del escenario de línea base en cada uno de los sectores, considerando el año 2007 como año base y proyectando hasta el año 2030 y la definición del escenario de adaptación o mitigación según corresponda.

Este informe ha sido elaborado por el Programa de Gestión y Economía Ambiental del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile (PROGEA) con la participación de la División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente del Departamento de Ingeniería Civil y el Centro de Agricultura y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y el consultor Sr. Sebastián Tolvett.

1.1.1 Objetivos

El objetivo general de la presente consultoría tiene por finalidad elaborar los siguientes productos:

- (a) Un informe sobre la situación actual de los sectores claves seleccionados; y
- (b) Un informe de evaluación de los flujos de inversión y financiamiento (FI&F) necesarios para hacer frente al cambio climático en los tres sectores priorizados a nivel nacional.

Tal como se ha indicado, el informe de situación actual ya fue realizado y este documento da cuenta de la evaluación de flujos de inversión, asociado a la definición de una línea base para el período 2007-2030 y a la implementación de una serie de medidas en los tres subsectores mencionados.

1.1.2 Selección de sectores

Los sectores que fueron considerados para hacer la evaluación son los siguientes:

- adaptación para el sector silvoagropecuario,
- mitigación en el sector transporte y
- adaptación para el subsector hídrico de la infraestructura

La selección de estos sectores se debió a una combinación de criterios que hacen resaltar algunas de sus características básicas, entre las que se destacan:

- Sector Silvoagropecuario: Es la actividad económica que se relaciona directamente con la producción de alimentos en el país e involucra a cientos de miles de familias que trabajan en los diversos rubros a nivel nacional. La



vulnerabilidad de estos grupos es estructural pues se trata de unidades productivas de pequeña y mediana escala, con baja capacidad de adaptación autónoma.

- Sector Transporte: En el caso de este sector se debe determinar medidas de mitigación dada su condición de generador de emisiones de gases de efecto invernadero. Claramente el transporte es un sector clave para el desarrollo del país dado que afecta tanto a nivel de empresas, en el caso del transporte de carga, y a personas, tanto por relación con el transporte de pasajeros como con el transporte particular.
- Sector Infraestructura, subsector hídrico: En un escenario de cambio climático este sector es el primero en registrar los efectos debido a la variación de precipitaciones pues se relaciona con el aprovisionamiento del recurso hídrico y con los riesgos asociados a su manejo en un escenario de mayor variabilidad climática. En el caso del aprovisionamiento, el estudio se enfoca en las obras de embalses y en los sistemas de Agua Potable Rural (APR). En el caso del manejo de riesgos, se considera las obras de evacuación de aguas lluvia y defensas fluviales.

Todos los sectores resultan ser estratégicos para el desarrollo del país y las medidas que se deben implementar requieren de cuantiosos recursos en el mediano y largo plazo. Además tal como se ha señalado, involucran a una parte importante de la población, ya sea como usuarios en el caso de transporte y agua, o como fuente de ingresos y/o mantención económica en el caso del sector Silvoagropecuario.

1.1.3 Análisis previos utilizados

En cada uno de los sectores se ha considerado información y antecedentes de análisis anteriores, dado que el marco de este trabajo debe recoger y sintetizar dicha información.

En el caso del sector Silvoagropecuario se ha considerado entre otros estudios:

- Estudio: “Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile” (ASAGRIN-AGRIMED, Ministerio de Medio Ambiente, 2011).
- Estudio “Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación del Sector Silvoagropecuario y de los Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático”, Universidad de Chile, 2008
- Estudio: “Impacto, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile” (INIA - Quilamapu, Universidad de Concepción, Centro AGRIMED, 2008)



- Clasificación de las explotaciones agrícolas del VI Censo nacional agropecuario según tipo de productor y localización geográfica. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura de Chile, 2000.
- Estudio “Determinación de la erosión potencial y actual del territorio de Chile”, CIREN 2010
- Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI”, Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, 2007

En el caso del sector Transporte, se ha considerado los siguientes estudios:

- Estudio “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile en el sector energía”, POCH (Ministerio de Hacienda, 2009)
- Estudio “Análisis y desarrollo de una Metodología de estimación de consumos energéticos y emisiones para el transporte” (Sistemas Sustentables para SECTRA, 2010)
- Estudio “Implementación de la herramienta de simulación LEAP para la proyección de escenarios de consumo de energía en el largo plazo y la evaluación de escenarios de mitigación de CO₂”, 2010. Ministerio de Energía. Programa de Gestión y Economía Ambiental (PROGEA)
- Para la cuantificación de medidas de eficiencia energética “Estudio de bases para la elaboración de un Plan Nacional de Eficiencia Energética 2010-2020”, PRIEN 2010

En el caso del sector Infraestructura, subsector hídrico, se ha considerado:

- Para la definición de escenarios de precipitación, el “Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI”, Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, 2007
- Informes correspondientes a “Balances de Gestión Integral, Dirección de Obras Hidráulicas”, año 2007, 2008, 2009 y 2010.
- Informe “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, Dirección de Obras Hidráulicas.



1.1.4 Arreglos institucionales y colaboraciones

En cuanto a los arreglos institucionales, la definición del estudio contempló contar con una contraparte técnica principal, el Ministerio de Medio Ambiente, una contraparte administrativa y metodológica el PNUD, y contrapartes técnicas específicas de cada sector.

En el caso del sector Silvoagropecuario, la contraparte se centró en ODEPA, con quienes se sostuvieron diversas reuniones para validar los avances y consensuar las propuestas, junto con recibir orientaciones respecto de informes y otros antecedentes pertinentes para la evaluación. Adicionalmente, se pudo obtener antecedentes por la vía de consultas e informes con las siguientes entidades:

- Dirección Meteorológica, Oficina Agrometeorología
- Comisión Nacional de Riego (CNR)
- Comité del Seguro Agrícola (COMSA)
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
- Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF)
- INIA- Quilamapu
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)

En el caso del sector Transporte, la contraparte técnica sectorial definida fue la Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA), que incorporó al equipo de trabajo a varias personas vinculadas a instituciones que podían aportar al proceso de evaluación. Entre esas instituciones se incluyó a:

- Ministerio de Transporte
- Transantiago
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética

Adicionalmente se sostuvo reuniones con entidades empresariales dedicadas al rubro como fueron:

- Empresa operadora de Transantiago SUBUS
- METRO S.A.
- Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC)

En el caso de Infraestructura, subsector Hídrico, la contraparte técnica definida fue la Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio de la Dirección General de Obras Públicas (DGOP-MOP), que a su vez coordinó a la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y a la Dirección General de Aguas (DGA).

La DOH es la institución que concentra la ejecución de obras públicas en el ámbito hídrico, en particular las relativas a embalses, sistemas de agua potable rural, aguas lluvia y defensas fluviales, tiene registros detallados de las inversiones ejecutadas y de los planes de



mediano y largo plazo. En el caso de la DGA, que tiene a su cargo la gestión del recurso hídrico a nivel nacional, tiene dentro de sus funciones mantener y operar el servicio hidrométrico nacional.

1.1.5 Metodología básica y terminología clave

A continuación se presentan los aspectos metodológicos relativos a los análisis requeridos y la terminología clave utilizada en el estudio.

1.1.5.1 Aspectos metodológicos

Período de análisis, datos históricos y línea base

Tal como indica la metodología, se estableció un año de inicio para el período de línea base y que en el caso de Chile contempla el año 2007, en atención a que para otros análisis de cambio climático y emisiones de GEI se contempla dicho año como el año base.

Dado que se pedía trabajar con información histórica, se consideró que los años en esa condición eran los años 2005 y 2006. Adicionalmente, en el caso de los años 2007, 2008, 2009 y 2010, que pertenecen al período base de la evaluación, se usó información histórica en los casos que estaba disponible.

Para efectos de las proyecciones de línea base, se hicieron considerando tendencias de inversión y financiamiento para las distintas categorías de inversión en los tres sectores, aplicando diversos supuestos.

Información

Respecto de la disponibilidad de la información, cada sector presenta singularidades que representan diferentes efectos. Por ejemplo, en el caso de infraestructura hídrica, el tipo de infraestructura y los volúmenes de inversión más significativos se concentran en una única entidad, y que corresponde a la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP. Esta información a su vez, para los primeros años (2005 a 2009), se encontraba desglosada por proyectos de infraestructura de modo que se consideró ese nivel de apertura para conformar la base de datos fuente.

En el caso del sector Silvoagropecuario, las instituciones que realizan acciones de intervención pertenecen al Ministerio de Agricultura y son las encargadas de materializar las políticas públicas, ya sea por sí solas o mediante la asociación (tanto con otras entidades públicas como con organismos privados) mediante diversos mecanismos de incentivo y cooperación.



En el caso del sector transporte, la línea base se construye teniendo en consideración las medidas que se espera implementar y, a diferencia de lo que ocurre en los otros sectores, tales medidas tienen pocos precedentes, no se han desarrollado en forma histórica, y en algunos casos son iniciativas muy puntuales, por lo que su estimación es en base a información histórica y supuestos considerados desde el inicio.

En este caso también las fuentes de información están dispersas, pues corresponden a distintas entidades del Gobierno Central (Ministerio de Transporte y Ministerio de Energía), Gobiernos Regionales y Locales en el caso de ciclovías, empresas públicas asociadas a transporte y los privados (empresas y personas).

Entidades inversoras

Respecto de las entidades inversoras, el foco ha estado en primer término en la inversión del “Gobierno”, tanto por razones de montos involucrados, en los que los mayores aportes son hechos por la institucionalidad pública, como por acceso a la información, dado que el gasto público en distintas iniciativas de inversión y financiamiento es de libre acceso.

En el caso de “Privados” (empresas) y Hogares, se han incluido en base a información de programas que cuentan con recursos públicos y que contemplan copagos (financiamiento compartido entre Gobierno y las entidades beneficiadas), de modo que es información derivada de las mismas fuentes. También se considera información pública asociada a incremento de parque de vehículos y de camiones para el caso del sector Transporte.

Proyecciones

Este es el aspecto que metodológicamente encierra mayores dificultades pues concurren múltiples factores que pueden generar modificaciones en períodos de análisis tan prolongados, como resulta ser el período considerado para la línea base (2007 a 2030).

Las consideraciones que hay que hacer aquí dicen relación con aspectos macro y micro económicos, productivos, demográficos y tecnológicos, entre otros. Dadas estas posibilidades, se ha trabajado teniendo en cuenta:

- Información histórica, a fin de proyectar tendencias que se han presentado en los últimos años (2005 a 2010)
- Agrupación de recursos en el caso que correspondan a iniciativas similares, de modo de analizar tendencias agregadas y no solo una iniciativa específica que puede cambiar en el tiempo
- Proyecciones sectoriales:
 - en los casos que había planes de inversión a mediano y largo plazo (infraestructura hídrica) o escenarios de inversión (trazado líneas de METRO)



- en los que había proyecciones de ventas y parque de vehículos y de camiones
- Información económica, relativa a proyecciones de crecimiento del PIB
- Información de cobertura en los casos en que se deba considerar un grupo de usuarios o beneficiarios de una determinada iniciativa, lo que significa que la iniciativa se puede ejecutar en la medida que haya usuarios o beneficiarios aún no atendidos

Sin duda que sobre estos supuestos se puede hacer ajustes y consensuar nuevos escenarios, lo importante es distinguir los criterios principales y que den cuenta de las iniciativas que contemplan los recursos más significativos.

Lo anterior es tanto para definición de línea base como para los escenarios de medidas, considerando estos últimos, la realización de cambios en la cobertura de las acciones (mayor penetración de la medida respecto del escenario base), incrementos de costos de las mismas o un mayor número de acciones lo que implica aumentar los flujos de inversión.

Escenarios Climáticos

Los escenarios climáticos tomados para realizar las proyecciones provienen del modelo de *downscaling* regional PRECIS, el cual está basado en el modelo general de circulación atmosférica HADCM3 (del Hadley Centre de Inglaterra). Este modelo fue aplicado para todo el territorio nacional el año 2006¹ con lo cual se obtuvo un panorama para un par de escenarios de cambio climático hacia el año 2100. Debido a que el análisis se llevó a cabo considerando el horizonte del año 2030, para el presente estudio fue necesario generar un nuevo escenario (mediante interpolaciones temporales) que permitiera situarse en el período de análisis.

1.1.5.2 Terminología clave

Se acogió la siguiente terminología empleada por el PNUD en los documentos metodológicos a los que el equipo consultor tuvo acceso:

Año base para la comparación financiera de las inversiones: es el año 2007, de acuerdo a la definición que se hizo para el país, en atención a que hay otras iniciativas nacionales asociadas a reducción de emisiones cuyo año base es el 2007.

Moneda de valorización de los flujos: los datos se expresan en dólares del año 2007. Para convertir los datos a dólares del año base 2007, se empleó la información del Índice de

¹ Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI, 2006. Depto. de Geofísica Universidad de Chile – CONAMA.



Precios al Consumidor (IPC) de Chile y de los Estados Unidos, según corresponda a la moneda en que se encontraban expresadas las cifras originales.

Flujos de inversión (FI): se refieren al costo de capital de un activo físico nuevo (vida útil mayor a 1 año). Estos flujos no incluyen los costos de operación y mantenimiento de esos activos.

Flujos de financiamiento (FF): se refieren al gasto que se incurre en implementar las medidas y que no están asociados a la adquisición de activos ni a los costos de operación y mantenimiento.

Costos de operación y mantenimiento (O&M): son los costos asociados a hacer operar los activos físicos nuevos que se adquieren con los flujos de inversión.

Entidades inversoras: son las responsables de aportar los fondos para la ejecución de los programas y planes que se diseñen para abordar la problemática del CC.

Escenario de línea de base: describe las actividades que las entidades inversoras ejecutarán sin tener en cuenta medidas especiales para adaptación o mitigación debidas al CC, y los flujos de inversión, financiamiento y operación y mantenimiento asociados.

Escenario de adaptación y mitigación: describe las actividades que las entidades inversoras ejecutarán incluyendo medidas especiales para adaptación o mitigación debidas al CC, y los flujos de inversión, financiamiento y operación y mantenimiento asociados.

Fuentes de fondos de FI y FF: se refieren al origen de los fondos utilizados por las entidades inversoras.

Período de evaluación: señala el horizonte de tiempo para la evaluación; es decir, la cantidad de años que abarcan los escenarios de línea de base y de cambio climático. De acuerdo a las definiciones iniciales, este período va desde 2007 a 2030.

1.2 Síntesis de las evaluaciones sectoriales

A continuación se describe brevemente la evaluación, sus supuestos y metodología para los tres sectores.

1.2.1 Sector silvoagropecuario

El año 2010 el Ministerio de Medio Ambiente encargó la elaboración de un portafolio de propuestas de acciones concretas de adaptación, factibles de realizar para el sector silvoagropecuario nacional. Como resultado de ese estudio se obtuvo, entre otros productos, un set de medidas de adaptación, las cuales fueron definidas y seleccionadas en base a



diversos mecanismos participativos (“Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile”, 2011). Para el desarrollo de esta evaluación se tuvo en cuenta tales definiciones.

La evaluación de las medidas se hizo agrupada en las siguientes categorías, según establece la metodología para este sector:

- Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo:
 - Perfeccionamiento de la red agrometeorológica nacional
 - Desarrollar sistemas de monitoreo permanente de cambios en los potenciales de producción
 - Desarrollar un sistema de indicadores de sustentabilidad ambiental de la agricultura
- Prácticas y Técnicas Productivas:
 - Crear un programa nacional para estimular la gestión eficiente del riego
 - Implementación de sistemas de cosecha de agua lluvia para riego
 - Potenciar los actuales mecanismos del Programa de Sistemas de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (ex SIRSD)
 - Cambio en los calendarios de siembra para minimizar riesgos climáticos (especificar que sería a través de una campaña publicitaria)
 - Incorporación a la matriz energética predial de energías renovables no convencionales
- Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales:
 - Adecuar el instrumento Seguro Agrícola para enfrentar el cambio climático
 - Ampliar y Mejorar el Sistema Crediticio del Sector Silvoagropecuario

Para el caso de la línea base, este sector muestra que hay cuantiosos recursos, comparables a los de los otros sectores analizados en este estudio que son intensivos en infraestructura, destinados a través de distintos programas a las acciones que se debieran ejecutar en el marco de las medidas de adaptación, tanto con aportes estatales (Gobierno) como el de los pequeños agricultores (Hogares). Cabe recordar que en este sector hay variadas iniciativas que se desarrollan con copagos por tanto el aporte de los pequeños agricultores es significativo.

En relación a lo anterior, dada la forma en que se hacen las proyecciones, a partir de los recursos sectoriales de los últimos años, los recursos que incluye la línea base siguen esta misma tendencia y son, comparativamente con los otros sectores, muy relevantes.



Al desarrollar las medidas ya antes referidas, se consideraron iniciativas por sobre los recursos anteriores apuntando a efectos específicos que se pueden esperar en los distintos ámbitos asociados a las acciones evaluadas por lo que en relación a la línea base son incrementos de relativo bajo monto.

Respecto de los incrementos, éstos son prácticamente constantes pues se hicieron supuestos de variaciones regulares en el tiempo. Estos incrementos se concentran en la categoría “Prácticas y Técnicas Productivas”, asociados a los programas de tecnificación de riego y de recuperación de suelos.

1.2.2 Sector Transporte

El sector Transporte contempló la evaluación de las medidas considerando las siguientes:

- Cambio modal producto de la construcción de nuevos kilómetros de METRO
- Mejoras Aerodinámicas en camiones
- Conducción Eficiente (Ecodriving) y Asistencia Técnica en camiones y buses
- Cambio tecnológico en vehículos livianos y medianos
- Fomento al Cambio de la Partición Modal Sostenible

Cabe señalar que las acciones evaluadas constituyen un conjunto de medidas relativamente innovadoras pues la mayoría de ellas son de implementación reciente y, en el mejor de los casos, con bajos niveles de penetración en la actualidad.

Para el caso de la línea base se hizo esencialmente supuestos de penetración moderados, siguiendo tendencias actuales, sin que se vean afectadas por acciones especiales. Para el caso de las medidas de mitigación, se definieron supuestos de penetración mayores, considerando estándares internacionales, fundamentos económicos (transformación de mercados por la vía de incorporar mejoras tecnológicas) y el que se definan metas a alcanzar en el marco de medidas de mitigación que el país decida adoptar. Estos supuestos fueron acordados con la contraparte técnica del estudio.

Cabe señalar que en este sector se da una situación singular en cuanto a los costos de operación y mantención (OyM). Esta singularidad se refiere a que dado que las medidas de eficiencia energética en camiones (asistencia técnica, ecodriving y mejoras aerodinámicas) y “Cambio tecnológico en vehículos livianos y medianos” están asociadas a reducciones en el consumo de combustibles, tanto en los escenarios base como de medidas, se producen ahorros al implementarlas y por tanto los flujos de operación y mantención son negativos (se ahorran recursos con la implementación).

Además, dado que una vez hecha la inversión, el flujo de ahorro es desde ese momento en adelante y no se requieren inversiones adicionales sobre los vehículos a los que se les



implementó la mejora, el flujo de ahorro agregado de cada año es muy superior al flujo de inversión en los últimos años.

Este resultado no debe generar confusión en cuanto que, dados estos ahorros, no se requieren apoyos o subsidios para su implementación. Estos están propuestos en la lógica de que al introducir nuevas tecnologías se requieren apoyos para que alcancen cierto nivel de masa crítica, pues tales tecnologías al inicio implican mayores costos de adquisición, los que se ven reducidos paulatinamente en la medida que el mercado se transforma adoptando los estándares de la nueva tecnología.

Respecto de los incrementos, estos en algunos casos presentan variaciones asociadas al perfil de inversión que se realiza (líneas de METRO cada cuatro años, por ejemplo), o son más regulares cuando presentan un perfil de penetración estable en el tiempo (asociadas a cambios en el parque vehicular, como en el caso del cambio tecnológico de vehículos livianos).

En este sector las inversiones se concentran en el Gobierno, principalmente por los temas de infraestructura asociada a la red de METRO, y en segundo término en los Hogares, debido al cambio tecnológico del parque vehicular.

1.2.3 Subsector hídrico de la infraestructura

El subsector hídrico contempló la evaluación de las medidas agrupadas en categorías, según establece la metodología para este caso:

- Grandes y Medianas Obras de Riego
- Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas
- Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias
- Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces
- Captura de Información: Red Hidrométrica

Para la definición de la línea base en este caso se contó con la información del plan de inversiones de la DOH para el período 2010-2020, de acuerdo a los proyectos que están proyectados en el corto plazo y los planes de inversión de mediano plazo. Para llegar al año 2030 se hizo la proyección de las inversiones según las tendencias del período anterior.

Para la definición de las medidas se propuso incrementos parciales de las inversiones asumiendo que se debían incrementar los montos a fin de mantener los niveles de servicio de las obras, en algunos casos en forma específica (defensas fluviales) y en otros, en su conjunto (red de embalses).



Lamentablemente, a diferencia de los sectores anteriores, aquí no se dispone de información útil y consistente para la evaluación de las medidas definidas. De esta forma, a diferencia del sector silvoagropecuario y del sector transporte, acá se ha llevado a cabo un ejercicio demostrativo de la aplicación de la metodología de evaluación.

En efecto, en este sector es un elemento crucial poder contar con información detallada de los parámetros técnicos y de diseño de las obras a fin de establecer las medidas adecuadas en distintos escenarios que se derivarán del cambio climático. Para este ejercicio, la información que se pudo usar fue de cobertura más bien restringida y por tanto se hicieron supuestos simplificadorios para llegar a tener resultados.

1.3 Tablas de síntesis de los costos adicionales de las inversiones

A continuación se presentan las tablas de síntesis de la evaluación que corresponden a los incrementos en los flujos de financiamiento, de inversión y de operación y mantención para el sector silvoagropecuario y transporte. Este flujo adicional es el que se obtiene de restar a los flujos del escenario de adaptación y/o mitigación los flujos del escenario de línea base.

En primer término se presenta la síntesis de los flujos adicionales acumulados por sector, por tipo de flujo y fuente inversora.

Tabla 1: Inversión adicional acumulada por Sector y por tipo de flujo

FI, FF y OyM adicionales acumulados por Sector (2007-2030)						
(M US\$ 2007)						
	Transporte			Silvoagropecuario		
	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	DFE	DFI	DOyM
Gobierno	9.509	2.579.103	971.585	1.505.284	473.047	3.757
Privados (empresas)	20.782	72.840	- 1.346.573	0	107.971	0
Hogares	-	726.197	- 1.656.926	355.214	95.698	0
Total	30.291	3.378.140	- 2.031.914	1.860.498	676.717	3.757

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Luego, se presenta la tabla resumen asociada a los montos de la línea base acumulados para cada sector:



Tabla 2: Inversión de línea base acumulada por Sector y por tipo de flujo

FI, FF y OyM línea base acumulados por Sector (2007-2030) (M US\$ 2007)						
	Transporte			Silvoagropecuario		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	8.052	11.754.856	11.302.701	4.037.010	6.956.445	0
Privados (empresas)	25.631	425.816	580.578.742	34.233	2.582.644	0
Hogares		723.110	150.434.325	399.277	5.369.443	0
Total	33.683	12.903.782	742.315.768	4.470.520	14.908.532	-

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

A continuación se presenta una tabla resumen asociada a los montos adicionales acumulados por cada tipo de flujo, sector y fuente inversora en relación a la línea base (incremento porcentual sobre línea base):

Tabla 3: Inversión adicional acumulada como porcentaje sobre la línea base por Sector y por tipo de flujo

FI, FF y OyM adicionales acumulados como porcentaje sobre la línea base por Sector (2007-2030) (%)						
	Transporte			Silvoagropecuario		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	118,1%	21,9%	8,6%	37,3%	6,8%	0,0%
Privados (empresas)	81,1%	17,1%	-0,2%	89,0%	1,8%	0,0%
Hogares	0,0%	100,4%	-1,1%	0,0%	4,2%	0,0%
Total	89,9%	26,2%	-0,3%	41,6%	4,5%	0,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Por último, a continuación se presenta una tabla resumen asociada a los montos de la línea base anual para cada sector.



Tabla 4: Inversión adicional anual por sector y por tipo de flujo

FI, FF y OyM adicionales anuales por Sector (M US\$ 2007)						
Año	Transporte			Silvoagropecuario		
	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	DFI	DFI	DOyM
2007	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
2011	607	69.243	-3.048	10.408	33.577	83
2012	649	18.485	-8.026	19.106	33.915	100
2013	694	140.855	-17.111	27.771	33.915	117
2014	740	146.681	50.738	36.409	33.915	172
2015	995	216.926	-29.907	45.117	33.915	189
2016	1.576	479.909	-45.258	53.824	33.915	206
2017	2.619	313.809	-59.039	62.532	33.826	206
2018	2.588	-364.312	-4.871	71.240	33.826	206
2019	2.958	-324.976	-23.546	79.948	33.826	206
2020	1.056	684.221	-112.081	88.656	33.826	206
2021	1.452	784.764	-133.821	97.364	33.826	206
2022	1.567	-60.544	-82.441	106.071	33.826	206
2023	3.143	-406.128	-97.654	114.779	33.826	206
2024	1.722	106.815	-116.713	123.487	33.826	206
2025	716	956.471	-216.410	132.195	33.826	206
2026	539	71.662	-177.438	140.903	33.826	206
2027	2.101	-429.738	-192.413	149.611	33.826	206
2028	1.411	-293.405	-222.737	158.318	33.826	206
2029	1.475	387.243	-256.070	167.026	33.826	206
2030	1.682	880.158	-284.068	175.734	33.826	206
Total	30.291	3.378.140	-2.031.914	1.860.498	676.717	3.757

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



2 Sector Silvoagropecuario

2.1 Alcance

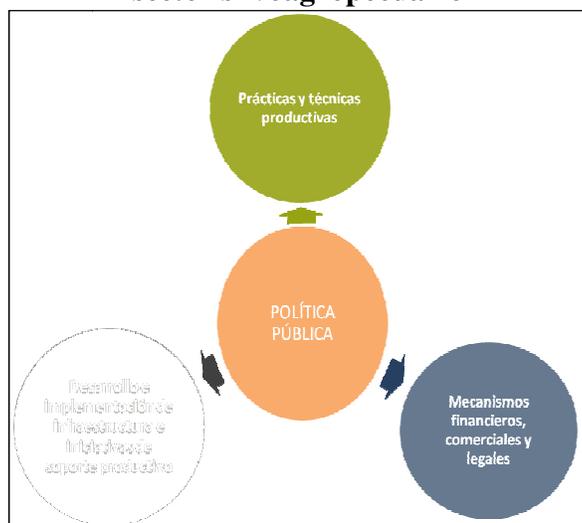
El sector silvoagropecuario queda definido por todas las actividades agrícolas, ganaderas y forestales que se realizan a lo largo del territorio. Este sector es extremadamente complejo de analizar debido a la amplia variedad climatológica y a las diversas estructuras sociales y productivas que existen en Chile. Con la finalidad de facilitar este análisis se ha dividido a grandes rasgos, a los productores (actores) agrícolas en categorías, las cuales se distinguen según sector de la producción al cual pertenecen, rubro, técnica de cultivo y/o otras características socioeconómicas. Estas categorías serán definidas con mayor detalle más adelante.

Las medidas preliminares de adaptación que han servido para orientar la generación de la línea base están agrupadas en cuatro líneas de adaptación, estas líneas difieren en su nivel de aplicación:

- Primer nivel: son medidas orientadas a su ejecución directa sobre la unidad productiva.
- Segundo nivel: medidas orientadas a dar soporte a la producción y al sistema agrícola.
- Tercer nivel: aquí se incluyen todos los mecanismos que posibilitan la realización de las medidas de primer y segundo nivel, ya sea en términos económicos, financieros o legales.

Adicionalmente se consideró un Nivel Cero que está constituido por las iniciativas de investigación y estudios, los cuales son la base para la creación, gestión y optimización de las medidas asociadas a los otros niveles.

Figura 1: Líneas temáticas en iniciativas de adaptación al cambio climático para el sector silvoagropecuario



Fuente: Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile. ASAGRIN-AGRIMED-MMA, 2010.

- 1. Desarrollo e implementación de infraestructura e iniciativas de soporte productivo:** se incluyen en esta categoría a todas las iniciativas a *nivel extrapredial* que sirvan de soporte a la producción y que tengan como objetivo mejorar la gestión de los recursos, tanto técnicos como naturales. Cualquier mecanismo de soporte de la producción puede ser incluido en este ítem, iniciativas para conservar la diversidad biológica de los sistemas, gestión de riesgos, apertura de mercados y cualquier medida con cobertura más amplia que la unidad predial. Las obras de infraestructura de riego extrapredial no están incluidas en esta categoría, pues son analizadas por el sector hídrico, solamente se consideran las obras de riego de carácter intrapredial en la línea temática que corresponde a Prácticas y técnicas productivas.



Tabla 5: Objetivos y Ejemplo de las medidas de adaptación en la categoría “Desarrollo e implementación de infraestructura e iniciativas de soporte productivo”

Categoría: Desarrollo e implementación de infraestructura e iniciativas de soporte productivo	
Objetivo	Ejemplos de medidas
Gestión eficiente de los riesgos climáticos de la producción silvoagropecuaria	<ul style="list-style-type: none"> • Perfeccionamiento de la red agrometeorológica nacional • Implementación de un sistema integrado de monitoreo de eventos climáticos e hidrológicos relevantes. • Implementación de un sistema de alerta temprana de riesgos hidrológicos: avalanchas e inundaciones • Creación de un sistema de alerta temprana de riesgos climáticos que afectan a la actividad agraria (sequías, lluvias excesivas, heladas)
Aseguramiento de la diversidad biológica de los sistemas silvoagropecuarios	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de ecosistemas • Reforzamiento del programa Sistema Nacional Aéreas Protegidas • Reforzamiento de los bancos de semillas de especies agrícolas, forestales y de interés patrimonial
Velar por la continuidad de las cadenas productivas con efectos positivos sobre la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de fortalecimiento de las cadenas productivas intra e inter regionales

Fuente: Tomado del Informe: Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile (ASAGRIN-AGRIMED, 2010)

- 2. Prácticas y técnicas productivas:** incluye a las distintas prácticas y técnicas de manejo agronómico que se aplican a *nivel predial* para optimizar la producción. Son medidas que van desde la gestión de recursos naturales (gestión de recursos hídricos y suelos) hasta las prácticas de manejo productivo propiamente tal (técnicas de cosecha y siembra, variedades cultivadas, etc.)



Tabla 6: Objetivos y Ejemplo de las medidas de adaptación en la categoría “Prácticas y Técnicas Productivas”

Categoría: Prácticas y Técnicas Productivas	
Objetivo	Ejemplos de medidas
Mejorar la gestión de los recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> • Uso y mejoramiento de sistemas riego tecnificado • Mejoramiento de los sistemas de riego tradicionales • Implementación de sistemas de cosecha de agua para riego o bebida • Pequeñas obras prediales de captación de aguas freáticas, aducciones desde fuentes distantes, captación de neblinas, desalinización
Conservar las funciones productivas del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Masificación del uso de técnicas de conservación de suelos en áreas de riesgo (cero labranza, labranza mínima, curvas de nivel, terrazas, otros) • Adopción de técnicas que prevengan y controlen la erosión y la degradación (incorporación de materia orgánica, reciclaje de residuos)
Manejos Agronómicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en los calendario de siembra para minimizar riesgos climáticos • Uso de variedades resistentes a estreses biológicos y fisiológicos (térmico, hídrico, mecánico) • Ajustes de la cargas animales e incorporación de razas animales de alta eficiencia productiva • Mejorar los sistemas de gestión de praderas • Adopción de sistema de control integrado de plagas y enfermedades
Mejorar la eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporación a la matriz energética predial de energías renovables no convencionales • Desarrollo de sistemas de aprovechamiento del potencial energético de residuos y desechos en el sector silvoagropecuario.

Fuente: Tomado del Informe: Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile (ASAGRIN-AGRIMED, 2010)

3. Mecanismos económicos, financieros y legales: pueden considerarse en esta categoría a los mecanismos de articulación financieros, normativas y leyes para apoyar a las medidas, bonos de incentivo y cualquier iniciativa que dé soporte ya sea económico, financiero o legal a las medidas mencionadas en los otros dos niveles. Son las medidas de más amplio alcance en cobertura a nivel de usuarios.



Tabla 7: Objetivos y Ejemplo de las medidas de adaptación en la categoría “Mecanismos Económicos, financieros y legales”
Categoría: Mecanismos Económicos, financieros y legales

Objetivo	Ejemplos de medidas
Ampliar el seguro Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • Extender la red de usuarios, prestaciones y coberturas del seguro agrícola
Mejorar el sistema de Crédito Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • Extender la red de usuarios, prestaciones y coberturas del crédito agrícola.
Fortalecer los sistemas de incentivo	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar y fortalecer los sistemas de bonificación y subsidios para incentivar las medidas.

Fuente: Tomado del Informe: Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile (ASAGRIN-AGRIMED, 2010)

Las tres categorías mencionadas que, como ya se ha dicho, difieren según su nivel de aplicación, están a su vez subdivididas según objetivos tal y como se describe en el “Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile” (ASAGRIN-AGRIMED, U.CHILE-MMA, 2010).

4. Investigación y Desarrollo: además de las categorías mencionadas se ha considerado otra categoría, que representa un paso previo para el diseño de cualquier iniciativa o programa y está constituida por todos los estudios y fondos de investigación, innovación y desarrollo que se ejecuten en la línea de las adaptaciones para el sector silvoagropecuario. Iniciativas en este ámbito no han sido consideradas en esta evaluación puesto que se puede esperar que los actuales recursos destinados a diversos temas de investigación a futuro se reorienten de acuerdo a las necesidades que eventualmente surjan por el cambio climático.

Las líneas anteriormente mencionadas son transversales a las políticas públicas, las cuales reúnen las medidas de apoyo a la implementación de las acciones definidas en los otros niveles.

Todas las evaluaciones realizadas consideran la extensión espacial de todo el territorio chileno y los planes y/o iniciativas se determinaron a nivel nacional y sus impactos se medirán en función del actor objetivo.

De entre todas las alternativas vistas anteriormente y contenidas en el *Portafolio de Propuestas*, se ha escogido evaluar diez de ellas, las que han sido seleccionadas basándose en el cumplimiento de los siguientes criterios:



1. Importancia de la medida, en términos de impacto relativo, por ejemplo, el impacto sobre el sector de la medida n°4: Crear un programa nacional para estimular la gestión eficiente del riego, es evidente, dado que el recurso hídrico es crítico en la agricultura y su disponibilidad está en disminución lo cual se intensificará a raíz del cambio climático.
2. Que la medida constituya un requerimiento previo para el desarrollo de otras medidas de adaptación. Tal es el caso de la medida n°1: Fortalecimiento de la red agroclimática nacional, es fundamental contar con información base para desarrollar y optimizar otras medidas de adaptación.
3. Que se cuente con los antecedentes suficientes para evaluarlo en términos de costos, ya sea respecto al detalle de la definición misma de la medida como a la existencia de información respecto de ella o de experiencias similares que se puedan homologar.

En la siguiente tabla puede apreciarse el nivel de cumplimiento del criterio para las distintas medidas, según niveles alto (A), bajo (B) y medio (M), incluyendo disponibilidad de antecedentes y se indica si finalmente la medida fue incluida en la evaluación de costos o no.

Existen numerosas otras medidas, las que se citan el portafolio para la adaptación de Chile al cambio climático, las cuales resulta difícil de evaluar económicamente, por cuanto ellas corresponden más bien a la implementación de políticas públicas tendientes a crear las condiciones para una adaptación efectiva. En este caso, las políticas actúan más bien como catalizadores de una larga cadena de elementos que permiten a la agricultura absorber o neutralizar los impactos negativos del cambio climático.

Una medida particularmente concreta, pero difícil de evaluar, es la mejora en los canales de distribución de riego. En este caso, cada canal requiere de un diagnóstico de las fallas a mejorar, lo que hace de cada iniciativa un proyecto particular para el cual es imposible tener los parámetros sin el previo diagnóstico. Por esta razón esta iniciativa no se ha incluido en esta etapa.



Tabla 8: Aplicación de criterios de selección a las medidas propuestas

Iniciativa Considerada	C1	C2	C3	Incluida
Perfeccionamiento de la red agrometeorológica nacional	A	A	Sí	Sí
Implementación de sistemas de cosecha de agua para bebida y riego	A	B	Sí	Sí
Adopción de sistemas de control integrado de plagas y enfermedades	A	M	No	No
Uso de sistemas de cultivo para la reducción del estrés térmico	M	B	No	No
Incorporación a la matriz energética predial de energías renovables no convencionales	A	M	Sí	Sí
Desarrollo de sistemas de aprovechamiento del potencial energético de residuos y desechos en el sector silvoagropecuario	A	M	No	No
Ampliar y Mejorar el Sistema Crediticio del Sector Silvoagropecuario	A	B	Sí	Sí
Creación de un sistema que permita identificar y priorizar las cuencas que requieren de regulación hidrológica	A	A	No	No
Implementación de un sistema de alerta temprana de riesgos hidrológicos: avalanchas e inundaciones	A	A	No	No
Creación de un sistema de alerta temprana de riesgos climáticos que afectan a la actividad agraria (sequías, lluvias excesivas, heladas)	A	A	No	No
Puesta en marcha de sistemas de alerta de plagas y enfermedades	A	A	No	No
Monitorear de forma permanente las principales cadenas productivas regionales	A	M	No	No
Desarrollar sistemas de monitoreo permanente de cambios en los potenciales de producción	A	A	Sí	Sí
Desarrollar un sistema de indicadores de sustentabilidad ambiental de la agricultura	A	A	Sí	Sí
Adecuaciones instrumento seguro agrícola al Cambio Climático	A	B	Sí	Sí
Implementar un programa de certificación de la huella de carbono de los productos agropecuarios	M	M	Sí	No
Diseñar un programa de certificación de la huella del agua de los productos agropecuarios	M	M	Sí	No
Creación de un sistema nacional de distritos de conservación del patrimonio natural	A	M	No	No
Creación de un sistema de pago por servicios ambientales	M	M	Sí	No
Fomentar el uso de agroecosistemas complejos	A	B	No	No
Generar capacidades prospectivas en la agricultura chilena	A	A	No	No
Potenciar los actuales mecanismos del Programa de Sistemas de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios	A	M	Sí	Sí
Implementar un sistema de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero	A	M	No	No
Crear un programa nacional para estimular la gestión eficiente del riego	A	M	Sí	Sí

Fuente: Elaboración Propia.

2.2 Subsectores evaluados

Según los datos obtenidos de los diversos proyectos e iniciativas que se llevan a cabo en el sector silvoagropecuario y en base a las categorías definidas los subsectores evaluados son:



Prácticas y Técnicas Productivas:

- Gestión Eficiente de los Recursos Hídricos: principalmente las iniciativas asociadas a la ley 18.450.
- Técnicas Agronómicas
- Conservar las funciones Productivas del Suelo

Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo:

- Aseguramiento de la diversidad biológica de los sistemas silvoagropecuarios
- Continuidad de las cadenas productivas

Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales Instrumentos de fomento:

- Créditos Agrícolas
- Seguro Agrícola

Investigación y Desarrollo:

- Proyectos de Investigación Silvoagropecuarios
- Fondos de Innovación Silvoagropecuarios

2.3 Caracterización de los actores agrícolas

Para la definición de las medidas se puede tener en cuenta diversas caracterizaciones o formas de agrupar a la población objetivo. Las medidas propuestas no abordan todos estos grupos pero si se pueden valer de estas categorías de modo de dimensionar su implementación.

Según las características de la población

La aplicación, pertinencia e impacto de las medidas van a estar determinadas por la población objetivo sobre la que actúen o se evalúen dichas iniciativas. El sector silvoagropecuario chileno está conformado por diversos “actores agrícolas”, estos actores han sido definidos según la tipología desarrollada por Rodríguez (1990) en “Geografía Agrícola de Chile” y son²:

² Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de Cambio Climático. AGRIMED, U. Chile-CONAMA, 2008.



- Población Aymara-atacameña de la altiplanicie o puna andina

La población Aymara desarrolla un tipo de agricultura de altura (Puna Andina XV y I Regiones), con cultivos como papa y quínoa principalmente, para autoconsumo. La comunidad recibe sustento también desde rebaños de llama y ovinos, los cuales se alimentan de praderas naturales húmedas o bofedales. En el caso de la población atacameña (II Región), ésta desarrolla una agricultura de autoconsumo de riego proveniente del río Loa y sus afluentes, los cultivos hortícolas, alfalfa y algunos frutales han desplazado la presencia de llamas y ovinos a una menor expresión. Una situación similar ocurre en la III Región, donde la población se sitúa a menor altura que en las regiones anteriores

- Productores valle alto andino

Los escasos recursos hídricos de quebradas, vertientes y pozos de aguas subterráneas permiten el desarrollo de pequeñas áreas regadas. La producción agrícola es para autoconsumo local y familiar por lo que su nivel tecnológico es bajo. Predominan cultivos hortícolas (tomate, maíz, orégano, ajo, cebolla y alfalfa, la cual tiene una alta productividad), también se encuentra fruta subtropical como mango y guayaba además de naranjas y vides (Rodríguez, 1989).

- Agricultores de los valles regados del desierto

En la XV región (Arica y Parinacota), la actividad agrícola se desarrolla en los valles regados por el río Lluta y en el curso superior de las quebradas, puesto que sus cursos fluviales no llegan regularmente al mar. Se distingue la producción de olivares, frutales, hortalizas y alfalfa. En la II Región la agricultura es altamente limitada debido a la presencia del desierto de Atacama; en cambio en la III Región se concentra en los valles de los ríos Copiapó y Huasco produciendo frutales de alta calidad (duraznos, vides, damascos, chirimoyas, etc.). A partir de vides se realiza la elaboración de alcoholes y vinos. También existe la producción de olivos y hortalizas. Respecto a los cultivos tradicionales, estos se producen en forma poco significativa. Es un sector donde se puede encontrar localidades con nivel de tecnificación bajo, medio y alto.

- Agricultores de los valles transversales de la Región de Coquimbo

Existe un alto nivel de tecnificación en la agricultura, en los valles se ha desarrollado la viticultura y fruticultura de limoneros, olivos, naranjos, chirimoyos, paltos, duraznos, higos, que han dado origen a plantas disecadoras de frutas y a la fabricación de licores como pisco, vinos y aguardiente. También se desarrolla el cultivo de hortalizas tempraneras (cebolla, ajo, ají, tomate, melón, coliflor, lechuga, zanahoria, arvejas y zapallo) que abastecen el consumo regional y además de las ciudades de Valparaíso y Santiago. En el valle medio e inferior de los ríos también se encuentran cultivos tradicionales como trigo, cebada, maíz y alfalfa. Pero estos cultivos están siendo desplazados por las plantaciones de vides. En la ganadería, debido a las escasas precipitaciones que han ocurrido en algunos



períodos y a la escasez de pastos, se traslada los rebaños entre el valle y la cordillera (caprinos y ovinos principalmente), una práctica que localmente se conoce como “veranadas”. Respecto al estado de los recursos naturales, existe una fuerte erosión de los suelos y un proceso de desertificación en desarrollo y creciente (Rodríguez, 1989).

- Comuneros agrícolas de la Región de Coquimbo

Existe un bajo nivel de tecnificación agrícola, se desarrolla un sistema agrícola-ganadero de secano que se basa en pastoreo y ramoneo de arbustos para ganado caprino productor de leche. Si las lluvias lo permiten, se efectúan siembras de trigo de secano bajo el sistema de barbecho o siembras de lluvias, si las lluvias se atrasan se da lugar a las siembras tardías. Existe gran deterioro del paisaje y del suelo, debido al manejo poco riguroso del ganado caprino y del cultivo de trigo (Rodríguez, 1989).

- Pequeños agricultores del sector andino Limarí, Petorca y Maipú

En los valles andinos altos existen veranadas o régimen de pastizales de verano, que soportan ganado caprino y ovino (pequeña ganadería) durante 2 ó 3 meses, el ganado se arrea desde la pre cordillera. Se encuentran escasos valles regados hasta los 1500 m.s.n.m. con agricultura hortofrutícola. En general, el nivel de tecnificación es bajo y la agricultura es de subsistencia. Los suelos se encuentran erosionados debido a la actividad antrópica (Rodríguez, 1989).

- Agricultores del secano costero de la V a la VIII Región

En la V Región se desarrollan cultivos de secano (trigo, cebada, arveja y alfalfa), praderas mejoradas y naturales, pudiendo mantener una masa ovina y crianza de vacunos, lo cual no es factible al norte del río Petorca. En los terrenos de las terrazas marinas más bajas es posible encontrar praderas mejoradas de alfalfa de secano, praderas de trébol subterráneo y phalaris como suplemento. Entre el río Maipo y la región del Biobío se encuentran terrazas marinas litorales ubicadas a 10-20 km al interior desde el océano Pacífico y corresponde al sector de mayor potencialidad de la Cordillera de la Costa, en el cual predomina un sistema agrícola –ganadero de secano basado en cultivo de trigo y en proporción de leguminosas (arveja, lenteja y garbanzo), seguido de pastoreo con ovinos y baja dotación de vacunos. Se cultiva además cebada, avena, chícharos y frejol de secano. Predomina la pequeña propiedad, se trabaja con un bajo nivel tecnológico, lo que sólo permite la subsistencia del propietario (Rodríguez, 1989; Sánchez *et al.*, 2000).

- Agricultores del secano interior de la V a la VIII Región

En el sector de la pre cordillera se encuentran pequeños agricultores que desarrollan un sistema agrícola caracterizado por ganadería de bovinos y ovinos extensiva y de siembra de trigo de invierno de secano, sembrado sobre sistema de “barbecho” y seguido principalmente por 3 a 4 años de pastos naturales. Existe escasa siembra de praderas



mejoradas. Este sistema se caracteriza por presentar bajos rendimientos de trigo y una baja capacidad de carga animal, un nivel de tecnificación bajo y permite a los propietarios un nivel sólo de subsistencia (Rodríguez, 1989).

- Valle central regado

Las buenas condiciones de suelo y clima sumado al regadío determina el desarrollo de diferentes cultivos, los cuales están influenciados por el tamaño de los predios, factores locales de clima y por su ubicación y acceso a los mercados. Existen huertos de frutales de hoja caduca y perenne; plantaciones de vid vinífera y vid de mesa; cultivos intensivos de ciclo corto con producción hortícola, de flores y de semillas. Cultivos anuales alimenticios y/o cultivos industriales asociados a ciclos de producción pecuaria. Cultivos de ciclo invernal, cultivos de ciclo estival, praderas con fines de lechería y carne bovina, además de producción avícola, de cerdos, de animales menores y producción apícola. Existe un alto nivel de tecnificación, utilizando la producción tanto para el consumo local como para la exportación (Rodríguez, 1989).

- Agricultores del secano costero húmedo de la IX y X Región

Se presenta un tipo de agricultura con alto potencial pero con escaso desarrollo, por lo que su nivel de tecnificación es bajo. La proximidad a la Costa ha favorecido el cultivo de arvejas de grano seco y papas. En los suelos de lomajes se encuentran praderas con forrajeras con alto valor económico, debido a que se combina con la crianza de ganado que se realiza en la Cordillera de la Costa. En la franja litoral de la IX Región predomina el cultivo de trigo en sistema de barbecho asociado a leguminosas como arvejas y lentejas. Gran parte de la población rural continúa trabajando con nivel de tecnología bajo, lo que sólo la mantiene a nivel de subsistencia (Rodríguez, 1989).

- Agricultores del secano interior húmedo de la VIII a la X Región

Al norte de este sector en el valle Central, a los pies de la Cordillera de los Andes se cultiva trigo como monocultivo. Hacia el sur existen, además, distintos sistemas de producción que se basan en barbecho, cereales de invierno, praderas, ganadería de lechería de temporada, crianza y preparación de engorda y cerdos. En este sector se combina el ciclo de cultivos y el de pastoreo con una alta productividad, permitiendo integrar el ciclo de cultivo con las praderas para generar un ciclo pecuario de producción de leche todo el año y a la crianza. Existen localidades en que la población rural continúa trabajando con nivel de tecnología bajo, lo que sólo la mantiene a nivel de subsistencia, pero también se ha desarrollado la mediana propiedad asociada a la actividad ganadera (Rodríguez, 1989).



- Pequeños agricultores Isla Grande de Chiloé sector oriental y sector continental

Este tipo de agricultura no difiere del encontrado en la provincia de Llanquihue, por lo que puede considerarse como una continuación, excepto en que el pequeño propietario combina su actividad agrícola con la extracción de los productos del mar, pesca y extracción de mariscos. El cultivo de trigo es reemplazado por la avena y centeno para la producción de grano, heno por el exceso de humedad. Los pastos naturales y cultivados encuentran buenas condiciones ya que no hay limitaciones por la presencia de meses secos. Se establece entonces papa-avena-pradera natural o cultivada. La pradera permite desarrollar pequeñas lecherías y la abundancia de papa (se cultivan un gran número de variedades) permite la producción de cerdos. En general en este sector predomina la pequeña propiedad, se trabaja con un bajo nivel de tecnología, lo que permite sólo un nivel de subsistencia (Rodríguez, 1989).

- Agricultores de la cordillera de los Andes y del sector oriental de la cordillera de los Andes, X y XI Región

Se distingue un sector ganadero-agrícola (ubicado principalmente en los valles de los ríos Palena, Cisne, Simpson) y un sector agrícola-ganadero (ubicado alrededor de los grandes lagos Yelcho, Palena, General Carrera, Cochrane y O'Higgins). En el sector ganadero-agrícola predominan las praderas naturales y cultivadas existiendo escasa presencia de cultivos anuales. El nivel de tecnificación es bajo debido al aumento de los precios de insumos producto del elevado costo de transporte. Los lagos, en el sector agrícola-ganadero, permiten la presencia de un microclima que favorece una agricultura más tecnificada que en el resto de la región, permitiendo cultivos hortícolas, de papas y en Chile Chico el desarrollo de especies frutales como durazno, manzano, cerezos y ciruelos, entre otras especies frutales. En este sector predomina la pequeña propiedad, se trabaja con un nivel de tecnología bajo, lo que sólo permite un nivel de subsistencia al propietario, dejando difícilmente un excedente para poner en el mercado. Sin embargo, en lugares como Chile Chico se ha establecido una actividad agrícola con un nivel tecnológico mayor que en otros lugares del sector (Rodríguez, 1989). Respecto el estado de los recursos naturales, existe una creciente erosión de los suelos debido al sobre-talaje, lo que se suma a la falta de programas efectivos de forestación, lo cual ha mermado significativamente la productividad de los suelos (Sánchez *et al*, 2000).

- Ganaderos de la pampa patagónica y Tierra del Fuego

Existe actividad exclusivamente ganadera y mayoritariamente ovina, la que equivale al 95% del ganado regional (Magallanes y Tierra del Fuego). En el sector occidental de la pampa húmeda que se ubica en la provincia de Última Esperanza, se encuentran ovinos y vacunos, ya que corresponde al sector con mayor recurso forrajero. Del faenamiento del ganado ovino se obtiene carne y lana, los cuales constituyen los principales productos de exportación. En este sector predomina la mediana propiedad y las estancias, teniendo un nivel de tecnificación medio. Existe, además, un nivel creciente de erosión de los suelos y



un empobrecimiento de la cubierta vegetal estepárica, como consecuencia del sobretalajeo del ganado ovino (Rodríguez, 1989).

Según tamaño de la explotación y rubros por área homogénea

Según la clasificación realizada por ODEPA³ los actores agrícolas se pueden diferenciar según las características del territorio que ocupan según zonas homogéneas. Estas zonas homogéneas están formadas por territorios que comparten características geográficas bastante definidas en cuanto a sus condiciones geomorfológicas y quedan descritas por las siguientes agrupaciones: desierto, secano norte chico, secano interior, secano costero, valle transversal, depresión intermedia, cordón isla, valle secano, ñadis, Chiloé insular, Chiloé occidental, precordillera transandina, lluvioso bosque, transición, coironal, cordillera, precordillera y territorio insular occidental (Ver Anexo).

Desde la perspectiva de la localización espacial de las explotaciones en las que se desarrollan los rubros considerados en la tabla siguiente, destaca el alto nivel de concentración de las explotaciones con viñas y las con plantaciones forestales, las que se concentran en casi 60% y 45%, respectivamente, en los secanos interior y costero. La depresión intermedia destaca nítidamente como la unidad con mayor número de productores dedicados a semilleros, cultivos, hortalizas, forrajeras y viñas, seguida en importancia por el valle secano. Le siguen en importancia el secano interior y el costero, los que mantienen un equilibrio en los porcentajes de sus explotaciones con cultivos, hortalizas y frutales.

La depresión intermedia presenta como atributo una estructura de uso mucho más heterogénea, desde el momento en que concentra porcentajes cercanos o superiores al 35% de los cultivos, frutales y hortalizas; al 40% de las viñas y a la mitad de los semilleros.

El valle secano y la unidad precordillera siguen en importancia en cuanto a superficie bajo uso silvoagropecuario en el país. En el caso del valle secano, su estructura de uso muestra una alta concentración y especialización relativa en los rubros forrajeras y cultivos, ambas con superficies equivalentes cercanas al 25% de los totales nacionales, mientras que las plantaciones forestales, presentan menor importancia relativa dada la mayor superficie dedicada a ellas a nivel nacional. Por su parte, el uso predominante en la precordillera es el forestal, el cual representa los mismos porcentajes nacionales que los rubros forrajeras, cultivos y frutales, aun cuando la superficie de bosques prácticamente triplica en hectareaje al que le sigue, situación que nuevamente es explicada por la mayor superficie de las plantaciones en ambos secanos.

³ Agricultura Chilena: Rubros según tipo de productor y localización geográfica Análisis a partir del VI Censo Nacional Agropecuario, 1997. ODEPA, 2002.



Tabla 9: Superficie Cultivada por Rubros y Área Homogénea (hectáreas)

Áreas homogéneas	Cultivos (1)	Hortalizas	Frutales	Forrajeras	Plantaciones				Total
					Forestales	Vías	Flores	Semilleros	
Cerro o cordón isla	10.865,3	1.736,8	5.234,8	3.423,2	14.251,5	1.516,4	1,8	251,9	37.287,8
Chiloé insular	6.124,2	926,9	1.841,9	3.490,0	942,4		1,0	6,2	13.332,7
Chiloé occidental	220,5	53,3	84,2	354,0	102,4		0,4	0,5	623,3
Colónal	123,7	34,7	3,3	7.051,9					7.263,6
Cordillera	6.938,6	1.427,3	4.383,1	16.164,7	72.015,7	672,3	6,1	114,4	101.722,1
Depresión intermedia	317.275,0	38.590,9	85.121,4	132.918,0	221.398,8	32.514,3	58,4	14.271,9	842.148,7
Desierto	26,3	3.230,8	3.297,7	1.455,5	27,4	262,2	15,8	2,0	8.367,8
Lluvioso bosque	822,0	41,4	1,3	9.930,5	7.390,5				10.160,4
Nadías	10.047,9	737,9	1.991,1	32.291,5	3.055,3		5,9	464,2	50.133,0
Precordillera	06.229,0	4.945,4	25.906,5	73.648,2	270.315,1	3.969,2	15,1	2.421,9	475.401,3
Precordillera trasandina	419,5	73,2	9,0	5.131,5	14.265,0				19.093,2
Secano costero	70.756,7	4.043,3	8.271,8	61.387,1	866.060,0	7.847,0	93,0	486,7	1.028.855,4
Secano interior	84.057,2	11.531,5	10.172,3	45.082,2	530.040,4	21.806,8	61,0	2.468,2	724.039,5
Secano norte chico	5.689,4	4.308,0	11.718,9	13.992,5	2.246,1	6.482,7	101,9	33,5	44.572,0
Territorio insular occ.	17,0	95,6	35,3	42,5	939,8				1.132,2
Transición	74,5	32,2	1,1	624,2					732,0
Valle	37.502,3	34.346,0	59.354,5	37.950,5	13.122,0	7.203,9	1.075,2	5.070,8	185.625,2
Valle seco	205.526,6	5.051,5	10.904,8	169.478,2	197.910,6	8,0	38,9	4.224,5	593.143,1
Total	847.523,2	112.296,8	237.363,0	609.419,1	2.232.798,0	82.173,7	1.474,3	29.786,7	4.152.744,8

Fuente: Elaborado por ODEPA en base a la información de VI Censo Nacional Agropecuario.

Según el tamaño de las explotaciones y sus características productivas se pueden diferenciar cuatro tipos: subsistencia, pequeñas, medianas y grandes⁴. Los umbrales de extensión en hectáreas de ellas van a variar dependiendo del área en que se encuentren.

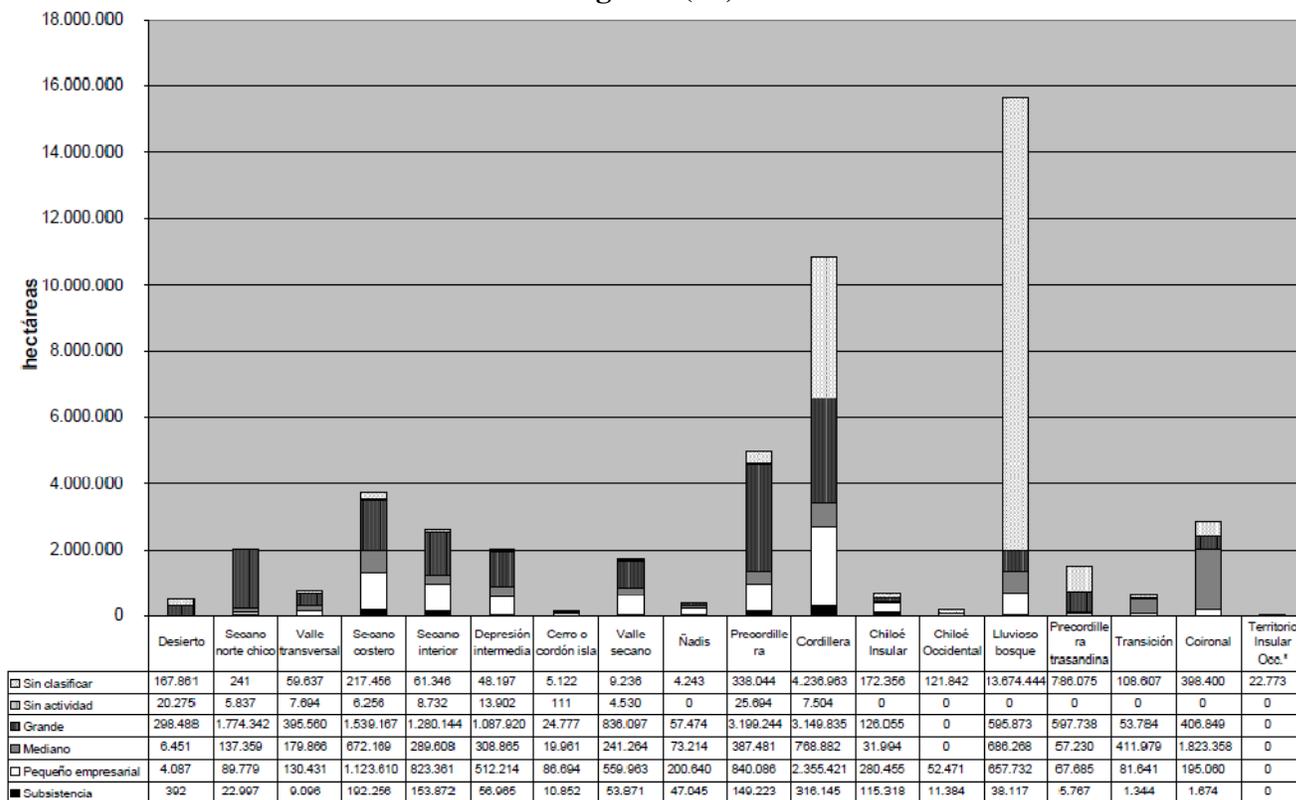
- Explotación de Subsistencia: poseen una superficie con uso silvoagropecuario inferior a la superficie mínima necesaria para permitir un ingreso mínimo mensual.
- Pequeña explotación empresarial: posee una superficie con uso silvoagropecuario igual o superior a la superficie mínima necesaria para permitir un ingreso mínimo mensual.
- Mediana explotación: las cuya superficie se encuentra entre las definidas como pequeñas y las grandes explotaciones.
- Gran explotación: corresponde a aquellas en que la superficie agrícola de la explotación permite suponer retornos comerciales y beneficios de escala significativos.

Los datos señalan que el sector de pequeños agricultores está compuesto de 278.840 explotaciones, lo que representa el 84,6% del total censado. Dentro de dicho estamento se identifican 102.766 que operan en un nivel de subsistencia, esto es, que presentaban un bajo potencial de desarrollo agrícola en el momento en que fue recogida la información censal y, 175.594 explotaciones pequeñas de tipo empresarial, que reunían las condiciones mínimas de tamaño y de tecnología para desarrollarse sobre la base de la agricultura.

⁴ Clasificación de las explotaciones agrícolas del VI Censo nacional agropecuario según tipo de productor y Localización Geográfica. ODEPA, 2000.



Figura 2: Distribución de la Superficie de Explotación por Tipo de Productor según Área Homogénea (ha)



Fuente: Elaborado por ODEPA en base a la información de VI Censo Nacional Agropecuario.

Por otra parte, el segmento empresarial se compone de 17.005 explotaciones de tamaño medio y otras 9.399 de gran tamaño, las que representan el 8% del total; el resto corresponde a aquéllas cuyos suelos están en barbecho y no presentan actividad, o que están sin clasificar.

En relación a la superficie agrícola utilizada por cada categoría, los datos revelan que el 76,9% son medianas y grandes explotaciones, que ocupan 13,6 millones de hectáreas; el segmento de pequeños productores, por su parte, concentra 4 millones de hectáreas, de las cuales el 13,4% corresponde al estrato que opera a niveles de subsistencia.

Las entidades inversoras a evaluar representan los tres actores que participan en el sector silvoagropecuario:

- Gobierno: representa a las instituciones del estado con poder de decisión sobre las políticas públicas que afectan al sector silvoagropecuario o con autoridad para ejecutar las medidas correspondientes.



- Hogares: formado por los pequeños y medianos productores de los distintos rubros que forman el sector silvoagropecuario y provienen de diversas regiones del país. Dependiendo de la zona agroclimática en que se encuentren ubicados estos tendrán una u otra vocación productiva.
- Empresa: incluye a los grandes productores agrícolas y agroindustriales del país. Se observan en la mayor parte de los rubros y se concentran en la zona central y centro sur.

2.4 Lineamientos de política

El 50% del gasto público en áreas rurales está dirigido a iniciativas y programas de fomento productivo, fundamentalmente agrícola y forestal, tanto de disponibilidad global como focalizados⁵. El principal encargado de definir las medidas de fomento del sector es el ministerio de Agricultura, que cuenta con diversas instituciones a través de las cuales ejecuta programas e iniciativas de apoyo productivo del sector:

2.4.1 Subsecretaría de Agricultura

Tiene como misión “contribuir a mejorar la competitividad, sustentabilidad y equidad del sector silvoagropecuario, a través de un adecuado funcionamiento del Ministerio de Agricultura y de una articulación, seguimiento y coordinación eficiente de las políticas, programas y proyectos que se ejecutan directamente, como de aquellos implementados por medio de convenios con otras instituciones. Dentro de las inversiones de la subsecretaría en las líneas definidas, se encuentra el financiamiento de los principales organismos de investigación del país, la Fundación para la Innovación Agraria (INIA) y el Instituto de Investigación Agropecuaria (FIA). Además de encargarse del funcionamiento del Seguro Agrícola, a través de la Corporación de Fomento de la Producción (COMSA).

2.4.2 Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)

La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias es la encargada de generar las capacidades prospectivas que permitirán al Ministerio de Agricultura la implementación de medidas, planes y programas que permitan mejorar la gestión del sector. En este sentido el tema del cambio climático abordado en este estudio, pasa a ser un importante *driver* a considerar, debido a su profundo efecto modificador del sistema agrícola.

⁵ Composición y distribución regional del gasto público en áreas rurales en Chile, 1996-2004. ODEPA, 2004.



2.4.3 Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)

La misión de INDAP es “promover condiciones, generar capacidades y apoyar con acciones de fomento, el desarrollo productivo sustentable de la agricultura familiar campesina y sus organizaciones”, en función de ello gran parte del presupuesto de esta entidad se destina a la entrega de créditos directos a pequeños y medianos agricultores, con montos que suman cerca de los 260.000 MM\$ desde el año 2005 a la fecha. Por otro lado es encargado (conjuntamente con SAG) de la administración del programa de Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD, reemplazado en la actualidad por el programa “Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios”, que sigue la misma línea), el cual ha contado con un presupuesto cercano a los 100.000 MM\$ en total desde el 2005.

2.4.4 Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

El SAG es el ente ministerial encargado de “proteger y mejorar la condición de estado de los recursos productivos en sus dimensiones sanitaria, ambiental, genética y geográfica y el desarrollo de la calidad ambiental para apoyar la competitividad, sustentabilidad y equidad del sector agropecuario”. En el ámbito de las líneas de adaptación, el aporte fundamental del SAG, se realiza a través de su participación en el programa SIRSD, sumando desde el 2005 un aporte presupuestario del orden de los 70.000 MM\$ en este ítem, adicionales a los que se asignan a este mismo programa pero que son administrados por INDAP.

2.4.5 Corporación Nacional Forestal (CONAF)

Al ser la misión de la corporación “garantizar a la sociedad el uso sostenible de los ecosistemas forestales y el patrimonio natural, mediante la administración de instrumentos de fomento forestal y de la legislación de protección y conservación, con el objeto de contribuir al mejoramiento en la calidad de vida de las actuales y futuras generaciones”, le corresponde la administración de todas las medidas en torno al sector forestal, entre ella la más importante dentro de las líneas de adaptación, en términos de montos, corresponde al programa de Bonificación forestal para la recuperación de suelos (del orden de los 155.000 MM\$ desde el 2005), que funciona de manera similar al SIRSD pero con orientación a los suelos de uso forestal. También corresponde a la CONAF administrar todas las iniciativas de protección del medio ambiente forestal y los bosques nativos.

2.4.6 Comisión nacional de Riego (CNR)

Tiene como misión “contribuir al desarrollo del riego y drenaje en la agricultura, a través de la coordinación interinstitucional, la implementación de estudios, programas y proyectos



que aporten con equidad, al mejoramiento de la competitividad de los agricultores y las organizaciones de regantes”. La CNR desarrolla diversos programas, entre los cuales el más importante en términos de recursos corresponde a la administración de la Ley 18.500 de Fomento a la Inversión Privada en Riego y Drenaje, dentro de sus funciones está ejecutar la ley, realizar un seguimiento y evaluación de los proyectos de inversión en riego y autorizar las bonificaciones a la inversión privada. Desde el 2005 la CNR ha autorizado bonificaciones por cerca de 155.000 MM\$.

2.5 Barreras potenciales, incertidumbres y limitaciones metodológicas

En la definición de la línea base para las medidas de adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario se ha encontrado con diversos niveles de complejidad, tanto producto de las diversidades propias del sistema silvoagropecuario como limitaciones técnicas de la información:

Del sistema silvoagropecuario

Una de las principales complicaciones que surgen al querer valorizar los programas de índole silvoagropecuaria es que la mayoría de las iniciativas apuntan a más de un área de interés y son difíciles de desagregar según sus objetivos específicos (siendo en ocasiones imposible hacerlo) ya que las medidas de índole integrador territorial tienen efectos en más de una componente del sistema.

Por otro lado, la propia naturaleza del comportamiento de los entes biológicos, reviste de un alto grado de variabilidad tanto las necesidades como las respuestas del sector ante la aplicación de determinadas iniciativas, de esta manera, muchas de las medidas tomadas en el sector son de carácter transitorio y no tienen vocación de permanencia en el tiempo, además de ser sus efectos sólo apreciables tras varios ciclos biológicos de aplicación.

De los datos y las fuentes

La mayor parte de los montos de inversión de los proyectos considerados fueron obtenidos a partir de los *Balances de Gestión Integral*, documento oficial que es realizado a fin del año presupuestario por todos los organismos del Estado y en el cual dan cuenta del comportamiento presupuestario y de gestión. Dichos informes indican los montos ejecutados (en \$ del año). Los montos del año 2010 y 2011 se obtuvieron a partir de la ley de presupuestos para cada uno de esos años en las instituciones pertinentes.

En muchas ocasiones fue difícil obtener los montos según tipo específico de inversión, ya que estos informes entregan el dato a nivel de programa y sólo en algunos casos se especifica con detalle el desglose de los gastos y/o inversiones.



De la metodología

La metodología es ambiciosa en términos de niveles de detalle en la información, como se mencionó anteriormente, y lo es por otro lado respecto al período de proyección. Desde el año 2010 hasta el 2030 las proyecciones que puedan realizarse tienen sesgos respecto a líneas de políticas que se esperan a futuro, incertidumbre tanto de los impactos del cambio climático como de los efectos de las medidas y otras propiamente económicas y sociales, como crecimiento esperado de sector, dinámica de la población, comportamiento de los mercados, etc. Debido a lo anterior fue necesario definir un conjunto de simplificaciones y supuestos que permitieran construir el escenario de línea base.

Respecto a los tipos de inversión que la metodología requiere identificar, la complejidad de determinar los flujos de mantención y operación de los sistemas biológicos hizo que estos quedaran implícitos, ya sea dentro de los flujos de financiamiento o de inversión, dependiendo del caso particular.

Simplificaciones

Respecto al conjunto de planes y programas analizados se realizó una categorización de manera de reunirlos según su línea temática en cuatro grupos, y dentro de cada uno de ellos se cuenta con subgrupos definidos por sus objetivos.

Con la finalidad de desagregar los montos asignados por proyecto según tipo de inversión (ya sea flujo de inversión, flujo de financiamiento u operación y mantención), es necesario conocer el detalle de la función final de cada uno de los montos. En caso de no contarse con ese detalle, fue asignado el total al componente predominante. Estos casos los constituyen por ejemplo, proyectos que tienen más de una componente pero sólo se indican los montos totales asignado a dicho proyecto.

2.6 Supuestos

Los programas que se establecen como respuesta a alguna coyuntura determinada pero que no tienen vocación de permanencia en el tiempo (independiente de su monto asociado) no han sido considerados en la generación de la línea base.

A pesar de que la existencia de un fondo de emergencia agrícola es de naturaleza permanente y estratégica, su variación interanual no permite realizar una proyección de los montos asignados hacia el año 2030. Por otro lado, no existen estudios prospectivos sobre la incidencia de eventos extremos en Chile por efecto del cambio climático que permitan evaluar con certeza la magnitud de este impacto.

Por otra parte, los programas que, a pesar de ejecutarse en el periodo histórico, tienen fecha de término antes del 2011 y no presentan proyecciones de continuidad (ya sea porque



cumplieron con el objetivo para el cual fueron diseñados, porque su impacto no resultó ser el esperado, falta de presupuesto, reasignaciones, etc.) tampoco han sido considerados.

Los años en que eventualmente no se tenga detalle respecto al comportamiento de un plan o programa se asume que sigue la tendencia observada en los años anteriores.

2.7 Definición de línea base

Se define la línea base como el escenario proyectado hacia el 2030 de los flujos de inversión y financiamiento del sector silvoagropecuario sin considerar los efectos del cambio climático. . La línea base se confeccionó en concordancia con las líneas de adaptación propuestas, considerando las tres primeras categorías definidas anteriormente (Sección 2.2), cada una de las cuales cuenta con datos históricos (anteriores al 2007), información de base (periodo 2007-2010) y una proyección hasta el 2030, este último período será el usado para contrastar este escenario “sin medidas de adaptación” con los costos de las medidas de adaptación propuestas

- Categoría Prácticas y Técnicas Productivas:

Esta categoría se divide en tres subgrupos, el primero reúne a todas las iniciativas y programas tendientes a “conservar las funciones productivas del suelo”, quedan aquí incluidos los programas SIRSD (su componente aporte público y estatal) y de bonificación forestal para recuperación de suelos entre otros. Los principales programas alcanzan un monto cercano a los 40.000 MM\$. La proyección de esta línea se realizó considerando que el incremento esperado entre el presupuesto conjunto de 2011 y 2010 (cerca de 500M\$) sería constante para los períodos posteriores, es decir, un incremento constante en el monto mencionado hasta el 2030.

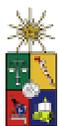


Tabla 10: Montos anuales de los principales programas asociados a la subcomponente “conservar las funciones productivas del suelo” años 2005-2010 (M\$)

NOMBRE DEL PROGRAMA	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD)	13.427.000	14.868.000	14.955.750	14.784.000	16.954.882	19.410.354
Cofinanciamiento Privado SIRSD	7.229.923	8.005.846	8.053.096	7.960.615	9.129.552	10.451.729
Programa para la Recuperación de Suelos Degradados (SAG)	9.117.692	10.421.223	9.531.691	9.932.022	10.547.807	10.706.024
Total Nacional	29.774.615	33.295.069	32.540.537	32.676.637	36.632.241	40.568.107

Fuente: Balance de Gestión Integral de los distintas instituciones ejecutoras para el año asignado.

La otra componente “gestión eficiente a de los recursos hídricos” agrupa a todas las propuestas intraprediales que vayan en función de los mejoramientos del riego y del aprovechamiento del agua en el sector, como por ejemplo, la vinculadas a la “ley de riego” (Ley 18.450). Las principales iniciativas consideradas (Tabla 11) suman cerca de 33.000 MM\$ para el año 2010, se supuso un incremento de la misma tasa que el observado en el período 2005-2010 para el período siguiente (2011 a2030).

Tabla 11: Montos anuales de los principales programas asociados a la subcomponente “gestión eficiente a de los recursos hídricos” años 2005-2010 (M\$)

NOMBRE DEL PROGRAMA	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Programa de Construcción y Rehabilitación de Obras de Riego	1.002.296	523.369	2.562.000	1.671.502	1.928.915	1.466.806
Inversión privada para la construcción de obras de riego	11.404.000	10.897.000	16.199.000	16.215.000	20.052.000	21.781.600
Programa e Instrumentos Facilitadores para el aprovechamiento productivo de la Obras de riego	525.102	622.732	408.951	436.109	310.239	611.562
Estudios de Inversión para proyectos de riego (CNR)	287.876	105.713	550.410	509.205	181.341	143.301
Servicio de Optimización y Programación del Riego	0	118.000	305.903	91.490	28.490	108.777
Programa de Riego Asociativo-Campesino	795.000	1.320.000	1.711.845	5.767.000	6.483.000	8.915.526
Total Nacional	14.014.274	13.586.814	21.738.109	24.690.306	28.983.985	33.027.572

Fuente: Balance de Gestión Integral de los distintas instituciones ejecutoras para el año asignado.



Finalmente, las otras “técnicas agronómicas” van a considerar todo lo relacionado con capacitación, asesorías técnicas y demás elementos de apoyo a la producción. Esta subcomponente tiene una tasa promedio de aumento del orden de los 2.700 MM\$ anuales en el último período, la cual se proyectó hasta el año 2030 (ver Tabla 12).

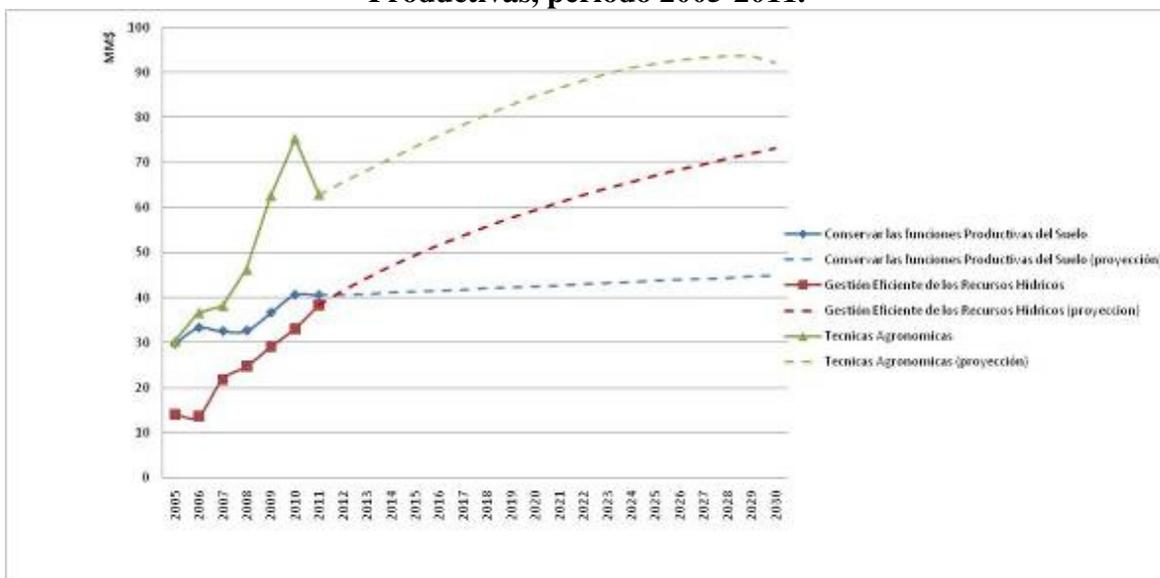
Tabla 12: Montos anuales de los principales programas asociados a la subcomponente “técnicas agronómicas” años 2005-2010 (M\$)

NOMBRE DEL PROGRAMA	2005	2006	2007	2008	2009
Programa de Desarrollo de Inversiones (PDI)	8.751.000	10.631.000	9.165.595	10.584.000	14.968.000
Servicio de Asesoría Técnica (SAT)	4.390.000	4.997.000	5.082.000	6.105.000	7.787.000
Programa Centros de Gestión Empresarial (CEGES)	626.000	685.000	647.000	800.000	689.500
Fondo de Proyectos de Desarrollo Organizacional (PRODES)	655.000	638.000	607.960	607.960	530.881
Programa de Desarrollo Local de Comunidades Pobres (PRODESAL)	5.547.000	5.713.000	6.598.000	8.472.000	10.613.331
Programa Orígenes: Financiamiento de Planes Productivos (INDAP)	1.995.751	103.000	450.000	1.743.000	6.113.000
Programa Inspecciones Exportaciones Silvoagropecuarias	4.683.979	6.621.584	7.015.479	8.372.672	9.949.772
Detección y Control Plagas Forestales	918.207	945.753	851.549	732.578	686.171
Programa Sanidad Vegetal	459.000	472.770	1.151.422	1.332.277	1.550.596
Programa Semillas	510.000	486.757	442.645	312.600	331.981
Programa Sistema Nacional de Menciones de Calidad Agropecuaria	412.082	424.444	408.643	425.806	328.263
Instituto de Educación Rural	261.226	269.063	278.480	323.020	343.047
Fondo de Mejoramiento del Patrimonio Sanitario	992.182	988.964	1.057.132	1.388.142	1.474.207
Desarrollo Ganadero (SAG)	0	3.632.489	4.389.432	4.990.598	7.224.833
Total Nacional	30.201.427	36.608.824	38.145.337	46.189.653	62.590.582

Fuente: Balance de Gestión Integral de los distintas instituciones ejecutoras para el año asignado.



Figura 3: Evolución de los recursos destinados a la categoría Prácticas y Técnicas Productivas, período 2005-2011.



Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

- Categoría Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo:

Aquí se observan dos subgrupos dentro de las áreas de interés, por un lado están las iniciativas tendientes al “aseguramiento de la diversidad biológica” (como el programa de conservación del bosque nativo o los programas de manejo forestal) y por otra parte están las iniciativas orientadas a la “conservación y fortalecimiento de las cadenas productivas. Ambas subcategorías incluyen medidas de carácter extrapredial y tienen el comportamiento a nivel de montos aportados (entre el 2005 y el 2011) que se muestra en la siguiente tabla.

En este caso la proyección de comportamiento para el 2030 se realizó utilizando la misma tasa de aumento que la observada en el período histórico, del orden de los 200 MM\$ anuales.

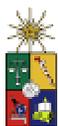
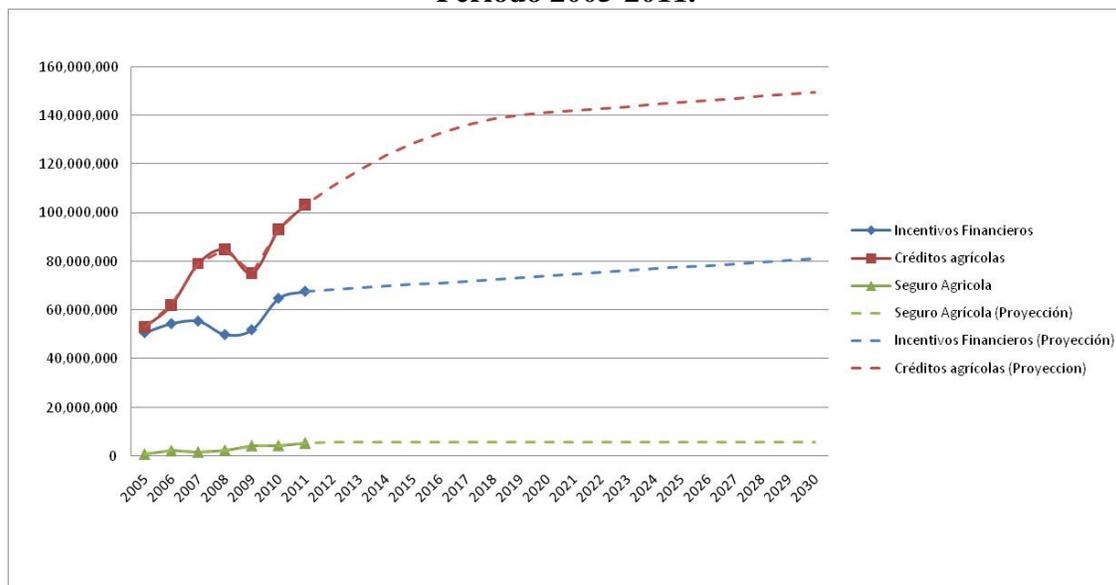


Tabla 13: Montos anuales de los principales programas asociados a la componente “Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo” años 2005-2010 (M\$)

NOMBRE DEL PROGRAMA	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Proyecto Conservación y Manejo Sustentable Bosque Nativo	797.855	874.689	954.874	1.186.347	544.712	494.101
Programas Manejo y Diversificación Forestal	655.406	718.522	784.391	974.536	447.459	405.884
Programa Control Planes de Manejo Forestal	538.355	590.199	644.304	800.491	367.546	333.396
Programa Nacional de Transferencia Técnica Forestal	429.103	470.426	513.551	638.042	292.957	265.738
Programa Control y Quemadas	361.789	396.630	432.990	537.951	247.001	224.051
Programa Prevención Incendios Forestales	248.579	272.517	297.500	369.617	169.710	153.942
Programa de Integración de Empresas Campesinas en Redes de Empresas por Rubro	364.000	385.000	647.000	500.000	534.000	571.250
Total Nacional	3.395.087	3.707.983	4.274.611	5.006.984	2.603.384	2.448.362

Fuente: Balance de Gestión Integral de los distintas instituciones ejecutoras para el año asignado.

Figura 4: Evolución de los recursos destinados a la categoría Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo, Período 2005-2011.



Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



- Categoría Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales:

Esta categoría agrupa tres áreas, los créditos agrícolas (ya sean provenientes del sector público o de la banca privada), el seguro agrícola propiamente tal (ente administrado por la Subsecretaría de Agricultura) y todos los demás mecanismos de incentivo financiero, tales como bonos, subsidios, mecanismos facilitadores de enlace comercial, etc. Esta última categoría incluye programas como la bonificación a la inversión privada en riego (ley 18.500), la bonificación del SIRSD o los mecanismos de articulación financiera de INDAP. Su comportamiento en el período se aprecia en la siguiente figura:

Tabla 14: Montos anuales de los principales programas asociados a la componente “Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales” años 2005-2010 (M\$)

Subcomponente: Incentivos Financieros							
NOMBRE DEL PROGRAMA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bonificación a iniciativas privadas para la construcción de obras de riego (Ley 18.450)	23.913.000	23.503.000	29.070.000	28.785.000	35.043.000	37.269.000	40.022.200
Subsidio Enlace Banca Comercial	1.012.000	1.236.000	1.552.500	1.057.384	3.685.343	2.725.623	2.851.302
Bono de Articulación Financiera (BAF)	932.000	1.069.000	1.401.443	1.077.000	874.000	910.250	895.750
Bonificación Forestal y Recuperación de Suelos*	24.804.991	28.571.312	23.390.537	18.921.670	12.247.496	23.922.127	23.922.127
Total Nacional	50.661.991	54.379.312	55.414.480	49.841.054	51.849.839	64.827.000	67.691.379
Subcomponente: Créditos Agrícolas							
Financiamiento Crediticio Directo (INDAP)	30.753.000	30.882.000	32.873.197	34.205.000	36.895.000	47.724.026	54.036.829
Fondo de Administración Delegada Banca Privada (FAD)	4.934.828	8.042.000	10.315.000	17.703.000	21.803.000	24.995.043	29.212.086
Créditos de la Banca Privada	17.274.000	23.097.000	36.020.000	33.016.000	16.476.000	20.411.500	20.212.000
Total Nacional	52.961.828	62.021.000	79.208.197	84.924.000	75.174.000	93.130.569	103.460.915
Subcomponente: Seguro Agrícola							
Corporación de Fomento de la Producción - Seguro Agrícola	743.278	2.163.000	1.656.000	2.350.752	4.240.791	4.304.403	5.297.489
Total Nacional	743.278	2.163.000	1.656.000	2.350.752	4.240.791	4.304.403	5.297.489

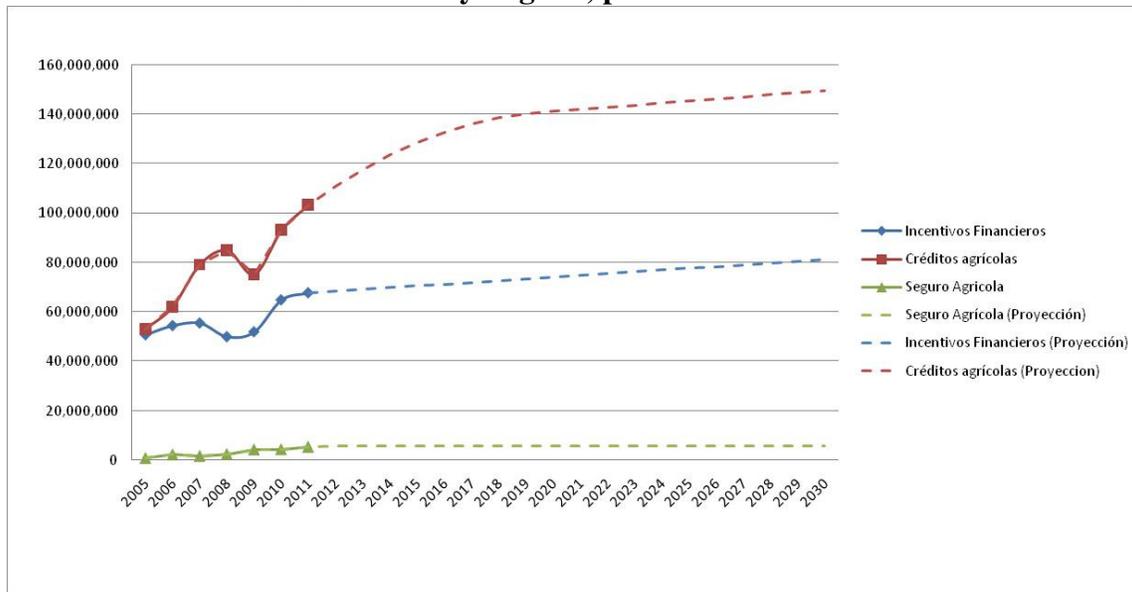
Fuente: Balance de Gestión Integral de los distintas instituciones ejecutoras para el año asignado.



En el caso de los incentivos financieros se supuso un escenario de comportamiento en el cual las inversiones hacia el 2030 aumentan con la misma tasa promedio que el período 2005-2010. Los créditos agrícolas en cambio han tenido una tasa más elevada que los años anteriores durante el periodo 2009-2011 por lo cual se supuso un incremento más moderado del orden de los 2.500 MM\$.

El seguro agrícola ha tenido un incremento muy rápido en los últimos años, producto de las políticas implementadas al respecto, se espera que esta tendencia se mantenga en el futuro debido a que están en carpeta más iniciativas en este sentido al corto plazo.

Figura 5: Evolución de los recursos destinados a la categoría Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales, período 2005-2011.



Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



2.8 Medidas de adaptación propuestas para el sector silvoagropecuario

Las medidas valoradas a continuación fueron seleccionadas del “Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile”.

2.8.1 Componente: Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo

2.8.1 Medida 1: Perfeccionamiento de la red agrometeorológica nacional

Línea Base

Actualmente existe en Chile un sistema agroclimático compuesto por una red de 230 estaciones meteorológicas, distribuidas a lo largo del país, conectadas remotamente e integradas en un sitio web de acceso público (www.agroclima.cl).

Este sistema (la Red Agroclima) lo conforma la unión de las estaciones meteorológicas pertenecientes a la Fundación de Desarrollo Frutícola (FDF), la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y en Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), las cuales han sido estandarizadas y conectadas vía GPRS (servicio general de paquetes vía radio). Tiene una cobertura del 78% de la superficie de uso frutícola y un 41% de los cultivos agrícolas del país, distribuidos como se muestra en la Tabla 15:

Tabla 15: Cobertura Frutícola y agrícola de las estaciones de la Red Agroclima.

	Cobertura Actual	
	Frutícola	Cultivos
Atacama	47%	47%
Coquimbo	75%	61%
Valparaíso	40%	35%
Metropolitana	67%	45%
O'Higgins	75%	40%
Maule	100%	42%
Bío Bío	100%	37%
Araucanía	100%	15%
Los Ríos	90%	20%
Los Lagos	80%	63%

Fuente: Datos informados del proyecto Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC.

Se espera en el futuro poder convertir al sistema en un bien público de acceso libre y gratuito para la ciudadanía, además se pretende incorporar cada vez mayor cantidad de aplicaciones útiles para el sector agrícola, como sistemas de alerta, modelos predictivos y pronósticos para diversos eventos biológicos y climáticos.



Descripción de la medida

La mayoría de las iniciativas de adaptación al cambio climático requieren información, con detalle y precisión, de los cambios en las variables climáticas, tanto para su generación como para su gestión y optimización, por esto el fortalecimiento de las capacidades nacionales en este sentido debe ser una prioridad.

El perfeccionamiento y ampliación de la red debe estar orientado a dos objetivos: por un lado es necesario contar con mayor número de estaciones meteorológicas que estén distribuidas en sectores donde en la actualidad no se cuenta con información, es el caso de las zonas cordilleranas para monitoreo de glaciares y nieves, la zona costera, el desierto, las regiones extremas, etc. Y por otro lado, se requiere ampliar la cobertura en zonas de cultivo, de tal manera que sea posible monitorear el comportamiento de las variables meteorológicas en los sectores de mayor interés para el sector.

Finalmente, es importante que la información esté estandarizada y que sea recepcionada en tiempo real para su análisis y distribución, aprovechándose de las nuevas tecnologías de comunicación. Las aplicaciones de dicha información deberían materializarse a través de diversos productos de utilidad a distintos niveles de usuarios, distribuida por múltiples canales de comunicación.

Fuentes de Costos

i. Ampliación de la red de estaciones

Es necesario considerar la ampliación de cobertura de la actual red de estaciones meteorológicas existentes, tanto en número como en su distribución espacial, de manera que permita obtener un panorama amplio y detallado de las condiciones del territorio. En la



Tabla **16** se muestra la cobertura actual de la red y el número de estaciones adicionales:



Tabla 16: Número de estaciones activas en la red y adicionales requeridas

	Estaciones Automáticas Activas en la Red ²	Estaciones Adicionales Necesarias
REGION	Nº estaciones	Nº estaciones
Arica	8	10
Tarapacá	0	10
Antofagasta	5	10
Atacama	11	15
Coquimbo	13	14
Valparaíso	29	21
Metropolitana	21	14
O'Higgins	34	22
Maule	46	27
Biobío	27	19
Araucanía	21	21
Los Ríos	6	14
Los Lagos	6	12
Aysén	3	10
Magallanes	0	10
Total Nacional	230	229

Fuente: Estaciones informadas del Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC y números proyectados según medida.

Se consideró el valor promedio del equipamiento, instalación y mantenimiento de una estación meteorológica de las pertenecientes al Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC para calcular el costo de la ampliación de la red. Cabe mencionar que las estaciones que estén dispuestas en lugares de condiciones climáticas extremas pueden tener mayores costos de instalación y mantenimiento.

Tabla 17: Costos de instalación, operación y mantenimiento por estación meteorológica adicional

Costos Estación Meteorológica Adicional	Instalación de estación (\$)	Operación y mantenimiento (\$/año)
Estación Meteorológica Davis Vantage Pro 2	340,000	
Weatherlink	105,000	
Sensor de radiación Solar	105,000	
Soporte de Sensor de radiación Solar	21,500	
SimCard Costo fijo + Trasmisión de datos		20,000
Modem de transmisión de datos configurado	300,000	
Ferretería	260,000	
Mantenimiento del equipo aprox. anual		200,000
TOTAL	1,131,500	220,000

Fuente: Montos informados del proyecto Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC (“Red Agroclima”).



ii. Ampliación de la red de distribución

Con el fin de incrementar el número de servicios entregados a los diversos usuarios y ampliar la distribución de estos, es necesario aumentar los costos de operación de la red. Se necesita mayor capacidad técnica y personal, así como gastos para el soporte de distribución y recepción de la información meteorológica.

Tabla 18: Costos de Operación del Sistema de manejo y red de distribución

Componente del Sistema	UF-año
Oficina y servicios básicos	300
Mantenimiento	60
Housing	42
Soporte y atención a usuarios	60
Recursos humanos	1.200
TOTAL	1.662

Fuente: “Sistema de indicadores de desarrollo sustentable de la industria del salmón en Chile: Asegurando la competitividad en el largo plazo”. Proyecto INNOVA. 2006 – 2009.

Cobertura y Población Objetivo

La medida va a beneficiar a usuarios de todo el territorio nacional con diversos niveles de requerimientos de información (académicos, estudiantes, productores agrícolas, funcionarios públicos, etc.).

La incorporación de estaciones adicionales deberá tener énfasis en las regiones con baja cobertura de información (Región de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Aysén y Magallanes) y en las zonas de complejidad climática y topográfica donde hoy no existen y son de especial interés (en caso de ser factible su implementación): cordillera, precordillera, litoral, peninsular, etc.

Por otro lado se considera ampliar la cobertura agrícola de las estaciones hasta cubrir el 90% de las zonas de cultivo entre las regiones de Coquimbo a Los Lagos.

Debería implementarse la instalación de unas 230 nuevas estaciones a lo largo del país, lo cual representa duplicar la cobertura actual.

Ente Inversor y programa asociado

La inversión la realizará el estado a través de la transferencia de recursos a la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) u otro organismo u institución pertinente competente. También es posible realizar una alianza con privados como en el caso del Sistema Agroclimático FDF-DMC-INIA.



2.8.1.1 *Medida 2: Desarrollar sistemas de monitoreo permanente de cambios en los potenciales de producción.*

Línea Base

No existen actualmente sistemas de monitoreo permanente de cambios en los potenciales de producción. Lo que más se aproxima a un sistema de monitoreo de este tipo a nivel internacional es la Zonificación agroecológica propuesta por FAO⁶ (www.fao.org), la cual incluye la determinación de la *Productividad potencial de tierras* por medio de la evaluación de su aptitud.

Descripción de la medida

Los cambios en las variables climáticas van a producir también variaciones en los potenciales productivos, dichos cambios sólo son posibles de evaluar con precisión al incorporar un sistema monitoreo periódico que permita realizar diagnósticos en base a los cuales realizar los ajustes que permitan adaptarse a los escenarios futuros y aprovechar las oportunidades que se presenten a raíz de las variaciones climáticas.

Un modelo que permita determinar los potenciales productivos a partir de información meteorológica actualizada permitirá tomar decisiones informadas, tanto a los responsables de políticas como a los productores agrícolas. Anualmente se deben informar los resultados del monitoreo a través de un informe de análisis para todo el sector y para los rubros más comprometidos.

Fuentes de Costos

i. Diseño de un modelo de estimación del potencial productivo para diversos rubros.

La primera etapa de la creación del sistema implica diseñar y calibrar, en un proceso iterativo, un modelo que permita simular la productividad de diversos rubros agrícolas de interés. Un sistema de este tipo requiere de una base de datos histórica (clima, uso del suelo, recursos hídricos, rendimientos potenciales y riesgos de producción) de todo el territorio agrícola de Chile.

La validación del dicho modelo se realizará por medio de trabajo de campo, ensayos y aporte de productores agrícolas y expertos de todo el país.

⁶ Boletín de suelos de la FAO 73: Zonificación Agro-ecológica. FAO, 1997.



Tabla 19: Diseño del Modelo Productividad Agrícola

Actividades Principales	Monto (M\$)
Poblamiento Bases de Datos	35.000
Diseño y Calibración del Modelo	35.000
Validación del Modelo	30.000

Fuente: Estimación en base a los costos del proyecto FONDECYT N° 1861457: Validación de un Modelo Agroecológico para el análisis de la productividad de los cultivos en Chile.

ii. Implementación de un sistema de monitoreo periódico de los cambios en los potenciales productivos.

El monitoreo se va a materializar con la confección, edición y distribución de un reporte anual de productividad potencial, amenazas y oportunidades para los rubros agrícolas seleccionados: se estima un gasto anual de 1.000 UF, considerando extracción de la información, redacción, edición y diseño (Fuente: Sistema de indicadores de desarrollo sustentable de la industria del salmón en Chile: Asegurando la competitividad en el largo plazo”. Proyecto INNOVA. 2006 – 2009). Este monitoreo deberá ser permanente en el tiempo, considerando las modificaciones coyunturales que sean necesarias para satisfacer las necesidades del sector.

Cobertura y Población Objetivo

El modelo se aplicará para monitorear a los principales rubros agrícolas de todo el territorio nacional diferenciado según su vocación y potencial productivo.

Los productos finales del monitoreo se distribuirán por distintos medios, a través de un boletín, a productores agrícolas de diversos rubros de todo el país y responsables de políticas agrarias.

Ente Inversor y programa asociado

El estado por medio del Ministerio de Agricultura a través de la asignación de un fondo de innovación agraria (FIA), fondo de incentivo a la competitividad (FIC) u otro correspondiente. La operación debe ser financiada con aportes públicos y privados por medio de la entrega de productos especiales.

2.8.1.2 Medida 3: Desarrollar un sistema de indicadores de sustentabilidad ambiental de la agricultura.

Línea Base

No existe actualmente un sistema de indicadores de sustentabilidad ambiental de la agricultura en Chile.



Descripción de la medida

Diseñar e implementar la aplicación de un sistema de indicadores de sustentabilidad que permitan evaluar periódicamente las tendencias de la situación ambiental de la agricultura, de modo de detectar tempranamente algunas tendencias que pudieren amenazar la sustentabilidad y el potencial productivo de esta actividad. Un sistema de estas características va a requerir gran cantidad de información que deberá ser validada por expertos de todo el país, así es que será necesario contar con el apoyo de personal de diversas instituciones públicas (INIA, INDAP, SAG, Universidades, etc).

Un sistema de este tipo debe estar fundamentado en indicadores estado/presión que permitan evaluar la condición ambiental desde una perspectiva general y a gran escala, generando las pautas que posteriormente permitirán tomar acciones concretas en segmentos determinados. Las variables han de incluir la condición actual de los recursos calidad y disponibilidad de recurso hídrico, suelo, aire, clima, otros (variables de estado) y la presión de uso de los recursos (variables de presión).

Finalmente el resultado de este monitoreo entregará una perspectiva periódica del estado del sistema y recomendaciones de políticas y acciones a implementar.

Fuentes de Costos

- i. Diseño y aplicación del sistema de indicadores

El diseño de un sistema de indicadores de sustentabilidad y el monitoreo del estado actual de ellos implica una inversión de aproximadamente 120.000 M\$ por año durante 3 años (estimación en base al presupuesto del proyecto “Modelación del proceso de desertificación en Chile, mediante un sistema de indicadores ambientales y sociales”, FONDECYT n° 1020766) distribuidos a lo largo de 36 meses en diversas actividades. Luego de estos el sistema deberá quedar habilitado para operar mediante la actualización de parámetros.

- ii. Monitoreo periódico del estado de los indicadores

El monitoreo se va a materializar con la confección, edición y distribución de un reporte anual de sustentabilidad para la actividad agrícola. Se estima un gasto anual de 800 UF para este ítem, considerando extracción de la información, redacción, edición y diseño del reporte (Fuente: “Sistema de indicadores de desarrollo sustentable de la industria del salmón en Chile: Asegurando la competitividad en el largo plazo”. Proyecto INNOVA. 2006 – 2009.)

Cobertura y Población Objetivo

El proyecto beneficiará a productores agrícolas de todo el territorio agrícola nacional, responsables de políticas agrarias y ambientales y a la ciudadanía en general.



Ente Inversor y programa asociado

El estado por medio del Ministerio de Agricultura a través de la asignación de un fondo de innovación agraria (FIA), fondo de incentivo a la competitividad (FIC) u otro correspondiente. La operación debe ser financiada con aportes públicos y privados por medio de la entrega de productos especiales como certificaciones ambientales, etiquetado verde, etc.

2.8.2 Componente: Prácticas y Técnicas Productivas

2.8.2.1 *Medida 4: Crear un programa nacional para estimular la gestión eficiente del riego.*

Línea Base

Actualmente se encuentra en vigencia la ley 18.450, la cual faculta al Estado de Chile para manejar un Programa de Obras Menores de Riego y Drenaje que opera mediante un sistema de Concursos Públicos para que los agricultores puedan optar al fomento estatal. El programa opera mediante la asignación de un subsidio directo a la inversión privada en proyectos de riego y drenaje tanto para obras comunitarias (obras civiles extraprediales para conducción y distribución de agua y para drenaje), como para obras individuales (tecnificación, puesta en riego y drenaje al interior del predio).

Es responsabilidad de la Comisión Nacional de Riego asignar mediante concursos, los montos asociados las bonificaciones de la Ley 18.450 de inversión en obras de riego y drenaje. Durante el año 2010, se resolvieron 19 concursos por un monto total de \$34.818,6 millones, correspondientes a 899 proyectos que benefician a 42.216 beneficiarios, la inversión total de los proyectos asciende a \$52.733,8 millones (Información oficial de la CNR).

Descripción de la medida

Crear un programa de cobertura nacional que busque optimizar el uso del agua de riego a nivel predial a través de una intensiva acción de mejoramiento tecnológico y procedimientos de gestión del recurso. El programa deberá considerar la entrega de subsidios para proyectos de riego, la capacitación para el uso eficiente del recurso, la incorporación de nuevas fuentes de agua para disminuir la presión sobre el recurso, la ampliación de cobertura de riego, entre otras iniciativas, centrándose principalmente en los sectores donde se espere que el cambio climático tenga mayores impactos.

Cabe mencionar que dentro de las medidas de adaptación al cambio climático el estado debe asumir la importante tarea de mejorar la infraestructura de distribución del agua de



riego. Esto implica mejoras en los canales primarios, secundarios y terciarios (revestimientos, acueductos, entubados, sistemas de compuertas, etc.). Como cada canal tiene una situación diferente en términos de topografía, longitud, estado de mantención, caudal, tipo de suelo, se hace virtualmente imposible generalizar parámetros que permitan una evaluación aplicable a todo el país. Por esta razón las inversiones en infraestructura de distribución de agua de riego no han sido incluidas en esta evaluación.

Fuentes de Costos

i. Asignación de bonos y componente aporte privado

La situación de la disponibilidad de agua para riego será, según los escenarios de *downscaling* para Chile, especialmente crítica entre las regiones de Coquimbo a Los Lagos si se considera que la precipitación disminuirá gradualmente hasta alcanzar las magnitudes indicadas en la Tabla 20.

Considerando que la escorrentía de los ríos varía proporcionalmente a los cambios en la precipitación total de las cuencas es posible esperar cambios en los caudales y en la disponibilidad de agua de riego en magnitudes similares.

Tabla 20: Variación esperada en las precipitaciones anuales promedio entre las regiones de Coquimbo a Los Lagos bajo el escenario A2 para el año 2030.

Variación Montos Precipitación Anual Escenario A2 año 2030	
Región	Variación PP (%)
IV de Coquimbo	-8,4
V de Valparaíso	-14,0
Región Metropolitana	-15,8
VI de O'Higgins	-17,3
VII del Maule	-19,2
VIII del Biobío	-17,7
IX de La Araucanía	-14,7
XIV de Los Ríos	-8,8
X de Los Lagos	-12,5

Fuente: Elaboración propia con base en las proyecciones del modelo PRECIS, tomando como referencia un punto geográfico representativo (DGF-U. Chile, 2006).



Tabla 21: Resultados del Sistema de bonificación a iniciativas privadas para la construcción de pequeñas obras de riego y drenaje, año 2009.

	Tarapacá	Antofagasta	Atacama	Coquimbo	Valparaíso	B. O'Higgins
Nº Proyectos	3	10	16	139	71	155
Superficie tecnificada (ha)	12	0	199	1.267	1.411	2.934
Superficie nuevo riego (ha)	0	1	38	424	566	1.000
Bonificación pagada (\$)	33.874.357	167.060.235	1.680.308.291	7.091.409.394	1.725.224.568	2.961.443.681
Inversión total (\$)	46.403.350	241.023.025	2.305.601.247	10.398.336.766	3.318.179.342	5.387.285.468
Nº beneficiarios	27	10	366	7,054	855	289
Bonificación promedio	73,00%	69,31%	72,88%	68,20%	51,99%	54,97%
Aporte promedio	27,00%	30,69%	27,12%	31,80%	48,01%	45,03%
Bonificación por ha	2.822.863	167.060.235	7.089.908	4.193.619	872.648	752.782
	Araucanía	Los Lagos	Aysén	Magallanes	Región Metropolitana	Los Ríos
Nº Proyectos	68	35	2	3	60	28
Superficie tecnificada (ha)	1.445	445	20	5	1.622	765
Superficie nuevo riego (ha)	1.076	523	20	1	374	873
Bonificación pagada (\$)	2.135.485.894	1.108.828.026	42.779.438	36.977.187	1.829.114.383	1.063.377.432
Inversión total (\$)	3.209.344.533	1.628.401.516	58.950.509	49.302.705	3.300.836.266	1.614.414.818
Nº beneficiarios	93	41	2	8	780	39
Bonificación promedio	66,54	68,09	72,57	75,00	55,41	65,87
Aporte promedio	33,46	31,91	27,43	25,00	44,59	34,13
Bonificación por ha	847.079	1.145.483	1.069.486	6.162.865	916.390	649.193

Fuente: Balance de Gestión Integral Comisión nacional de Riego, 2009.

Asumiendo que la distribución de montos “bonificación pública/aporte privado” que actualmente se observa en los proyectos de riego acogidas a la ley 18.450 (“bonificación a iniciativas privadas para la construcción de pequeñas obras de riego y drenaje”) permaneciera igual y que las iniciativas implican inversiones de similar magnitud, entonces serán necesarios unos 5.000 MM\$ anuales de inversión pública y unos 2.800 MM\$ en aportes privados para compensar el impacto de la disminución de precipitaciones sobre la productividad de los cultivos entre la región de Coquimbo y Los Lagos hacia el año 2030.



Cobertura y Población Objetivo

La medida estará orientada a las iniciativas de riego en pequeñas y medianas propiedades entre las regiones de Coquimbo a Los Lagos. Los montos estimados deberán cubrir del orden de las 4.000 ha promedio anuales hasta el 2030.

Ente Inversor y programa asociado

El estado a través de la entrega de bonos distribuidos bajo la supervisión de la Comisión nacional de Riego (CNR). Los privados por medios de un copago asociado al monto del proyecto.

2.8.2.2 Medida 5: Implementación de sistemas de cosecha de agua lluvia para riego y bebida.

Línea Base

Los únicos planes de este tipo que han sido implementados en Chile se han materializado en forma de experiencias “piloto”. El año 2011 INIA-Rayentué implementó un proyecto de MM\$41 en la comuna de Navidad, el cual benefició a 300 familias de agricultores, por ejemplo. No existe en la actualidad un plan para ejecutar medidas de esta índole.

Descripción de la medida

La escasez del recurso hídrico debida a la presión de uso se verá incrementada, según muestran las proyecciones, a causa de la modificación de los regímenes de precipitaciones producto del cambio climático. Por ello se hace imprescindible buscar nuevas fuentes y alternativas que ayuden a ampliar la disponibilidad de agua en las comunidades agrícolas. Una importante fuente de recursos hídricos proviene del agua de lluvia, gran parte de esta no es aprovechada para el riego y se pierde por escurrimiento o infiltración ya que no existe infraestructura de almacenamiento.

Dependiendo de las características topográficas y climáticas de un determinado emplazamiento, es posible diseñar distintos tipos de proyecto que permitan acumular agua de lluvias. Se separarán según las necesidades del predio relativas al volumen de agua requerido en: microcaptaciones, pequeñas obras de captación y medianas, para esto se considerarán 3 técnicas de recolección de aguas lluvia:

1. Recolección en el terreno, es decir, a través de distintas técnicas que permitan facilitar la infiltración del agua de escorrentía en la tierra y acumularla en el perfil de suelo (terrazas, surcos de desviación, trincheras, limanes, otros).



2. Obtenerla el agua desde los techos de las casas y galpones de los productores, y conducirla por sistemas de canaletas y tuberías hasta un estanque acumulador. En este caso es posible colectar el 80% del agua lluvia, con lo cual por cada 100 mm caídos se obtiene una cosecha de 3.200 litros en un techo de 40 m². Con una precipitación anual de 500 mm es posible almacenar agua suficiente para el consumo de 50 litros por persona al día para una familia de 3 personas durante casi 3 meses.
3. Conducir por un terreno el agua caída de cada lluvia, utilizando disipadores de energía del agua en escurrimiento y acumularla en pequeños tranques acumuladores construidos en el predio.

Fuentes de Costos

- i. Costos de implementación de sistemas de captación de aguas

Los costos promedio para los 3 tipos de proyectos, dependiendo de los requerimientos de riego y del tamaño del predio objetivo, se calculan considerando:

- Obras para autoconsumo familiar que considerarán proyectos de microcaptación con capacidad máxima de 10 m³ promedio.
- Obras medianas para acumulación de entre 10 a 30 m³ para regar pequeños predios agrícolas.
- Medianas obras de cosecha de aguas lluvias, considera sistemas con capacidad de hasta 50m³ promedio, para abastecer producciones de tamaño medio.

Cabe mencionar que estos valores son promedios y que los costos pueden variar ampliamente dependiendo de la disponibilidad de precipitaciones, la topografía y las características del suelo, del lugar donde sea instalado el proyecto.

Tabla 22: Costos promedio de sistemas de captación de aguas lluvias para proyectos de distintas magnitudes

Tipo de Proyecto	Capacidad (m3)	US\$
Costo Sistema Micro captación 1	10	1,000
Costo Pequeño Sistema Cosecha 2	10-30	3,000
Costo Sistema Cosecha Mediano 3	30-50	5,000

Fuente: Varias Cotizaciones de empresas

Cobertura y Población Objetivo

Suponiendo que se incorporen a esta medida el 10% de las explotaciones de subsistencia, pequeñas y medianas, de secano interior y secano costero entre la región de Coquimbo y la



Araucanía (unos 80.000 en total⁷) se ejecutarían unos 8.000 proyectos de cosecha de agua de lluvia.

Ente Inversor y programa asociado

El estado a través de la entrega de bonos distribuidos con la supervisión de Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) u otras instituciones.

2.8.2.3 Medida 6: Potenciar los actuales mecanismos del Programa de Sistemas de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (ex SIRSD).

Descripción de la medida

Focalizar los incentivos del programa “Sistemas de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios” a los sectores más vulnerables a la degradación de suelo por efecto del cambio climático.

Según las proyecciones, las condiciones climáticas esperadas tendrán un efecto perjudicial en la productividad primaria de los ecosistemas entre la VII y la IX región. Los nuevos escenarios climáticos muestran la gran sensibilidad de la productividad en relación con la precipitación, esto como una respuesta a la menor disponibilidad de agua en el suelo y la intensificación de los períodos secos⁸. (Ver Tabla 23).

Este efecto también va a verse reflejado en la vulnerabilidad de los suelos, dejando en el estado de riesgo de degradación y erosión a un gran número de hectáreas sobre las cuales deberá realizarse esfuerzos de conservación adicionales.

⁷ Clasificación de las Explotaciones Agrícolas del VI Censo Nacional Agropecuario según Tipo de Productor y Localización Geográfica. ODEPA, 2000.

⁸ Estudio: Impactos productivos en el sector silvoagropecuario de Chile frente a escenarios de Cambio Climático



Tabla 23: Rendimiento de Praderas entre la VII y la IX regiones simuladas para el escenario A2 (kg*ha/año)

Región	Zona	Comuna	LB	A240	A270
VII	Costa	Constitución	2022	1979	2147
		Licantén	1871	1870	1870
		Vichuquén	1912	1910	1912
	Valle Central	Maule	1709	1892	2072
		Talca	1705	1885	1952
	Precordillera	Curicó	1928	1527	1544
Molina		1928	1780	1727	
S. Clemente		2101	1966	1899	
VIII	Costa	Talcahuano	2201	2055	1875
		San Pedro	2316	2313	1995
		Coronel	2461	2308	2104
	Valle Central	Bulnes	2094	1853	1753
		Chillán Viejo	2073	1850	1760
		Cabrero	2071	1825	1730
	Precordillera	Pinto	2590	2448	2672
		Antuco	2337	2447	2423
S Bárbara		2280	2303	2249	
IX	Costa	Contulmo	2632	2378	2209
		Tirúa	2191	1983	1834
		Carahue	2405	2180	2061
	Valle Central	Perquenco	1997	1781	1647
		Temuco	2212	1977	1693
	Precordillera	Melipeuco	1851	1763	1610
Pucón		3464	2785	2312	
XIV	Costa	Valdivia	3495	2696	2465
		Los-Lagos	2811	2135	1967
	Valle Central	Corral	3523	2781	2295
		Futroneo	2929	2247	2119
	Precordillera	Paillaco	2574	1897	1964
		Lago Ranco	2822	2190	2040

Fuente: Impactos Productivos en el Sector Silvoagropecuario frente a escenarios de cambio climático. AGRIMED-U. Chile, CONAMA. 2008.

Fuentes de Costos

i. Incremento del riesgo de erosión

Se calcula que en la actualidad existen en Chile cerca de 16 millones de ha con riesgo de erosión severa y otros 9.5 millones con riesgo de erosión muy severa (Ver Tabla 24) y que el riesgo de erosión potencial asciende alrededor de 2 y 2.8 millones respectivamente. La pérdida de productividad primaria puede hacer desplazarse el riesgo actual hacia los niveles potenciales, debido a que una menor actividad biológica primaria (que repercute en una menor cubierta vegetal) expone al suelo de manera directa a los efectos físicos del clima.



Según los modelos, se espera una disminución importante de la productividad primaria, durante las primeras décadas de este siglo, en la zona centro y centro sur de Chile. Esta disminución de productividad consecuentemente produce una menor cobertura vegetal del suelo, un factor determinante que hace que el riesgo de erosión se incremente también.

Tabla 24: Superficie de Suelos y Riesgo de Erosión Actual (miles de hectáreas)

	Baja o Nula	Moderada	Severa	Muy Severa	Otras	Total
Arica y Parinacota	554	347	364	261	160	1.686
Tarapacá	1.971	800	617	404	434	4.226
Antofagasta	7.376	1.888	1.242	551	1.547	12.604
Atacama	1.972	836	1.189	1.018	2.554	7.569
Coquimbo	543	722	1.361	1.024	411	4.061
Valparaíso	192	564	327	138	379	1.600
Metropolitana	291	378	278	124	470	1.541
O'Higgins	364	658	192	232	192	1.638
Maule	836	1.144	323	286	447	3.036
Biobío	1.284	1.758	281	135	255	3.713
La Araucanía	1.594	1.084	233	71	205	3.187
Los Ríos	936	615	95	15	176	1.837
Las Lagos	2.526	1.203	283	50	780	4.842
Aysén	2.712	1.557	835	263	5.477	10.844
Magallanes	4.164	757	390	204	7.774	13.289

Fuente: Determinación de la erosión potencial y actual del territorio de Chile, CIREN 2010

Tabla 25: Superficie de Suelos y Riesgo de Erosión Potencial (miles de hectáreas)

	Baja o Nula	Moderada	Severa	Muy Severa	Otras	Total
Arica y Parinacota	546	345	353	283	160	1.687
Tarapacá	1.967	799	620	407	434	4.227
Antofagasta	7.370	1.890	1.225	572	1.547	12.604
Atacama	1.971	832	1.089	1.123	2.553	7.568
Coquimbo	529	489	922	1.710	411	4.061
Valparaíso	107	189	421	506	379	1.602
Metropolitana	256	86	264	464	470	1.540
O'Higgins	290	208	339	610	193	1.640
Maule	629	423	588	947	448	3.035
Biobío	989	716	653	1.098	257	3.713
La Araucanía	916	526	662	875	208	3.187
Los Ríos	341	315	320	687	177	1.840
Las Lagos	417	919	878	1.843	784	4.841
Aysén	395	1.007	1.418	2.544	5.480	10.844
Magallanes	3.548	814	687	466	7.774	13.289

Fuente: Determinación de la erosión potencial y actual del territorio de Chile, CIREN 2010

- i. Asignación de bonos y Aporte privado a los proyectos de recuperación de suelo.

A partir de la superficie actual y potencial de erosión de suelos y de los cambios en la productividad primaria simulada para el escenario A2 se determina la superficie con riesgo



de erosión al año 2030. Considerando los costos promedios de tratamiento por hectárea asignados por el Sistema de Recuperación de Suelos Degradados es posible determinar el costo de los esfuerzos adicionales en recuperación de suelo que implicará el cambio climático entre la VII y la IX región, zona que presenta los mayores impactos hacia el año 2030.

Tabla 26: Costo de tratamiento de suelos degradados (M\$)

Año	Componente 1 (fertilización fosfatada)	Componente 2 (prácticas de conservación)	Componente 3 (enmiendas calcáreas)	Componente 4 (siembras de praderas)	Componente 5 (prácticas rehabilitación suelos)	Componente 6 (rotación de cultivos)
2005	64,9	84,2	67,9	140,7	98,4	-
2006	68,6	79,2	60,2	119,5	94,4	117,7
2007	66,4	75,8	58,9	139,1	98,2	115,0
2008	89,3	80,9	72,5	198,7	98,6	192,7

Fuente: Evaluación del Programa Sistema de Recuperación de Suelos Degradados, 2009.

Cobertura y Población Objetivo

La medida propuesta va a beneficiar a pequeños y medianos productores agrícolas distribuidos en las regiones más vulnerables a la degradación de suelo por erosión producto de los efectos del cambio climático: entre las regiones del Maule a Los Lagos. Se calcula que, para el año 2030, del orden de 120.000 ha verían aumentado su riesgo de pasar a un estado de degradación severa, mientras unas 350.000 ha podrían pasar a un estado de muy severa degradación.

Ente Inversor y programa asociado

El estado a través de la entrega de bonos distribuidos con la supervisión de Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Aportes privados por medios de un copago asociado a los montos de los proyectos aprobados.

2.8.2.4 Medida 7: Cambio en los calendarios de siembra para minimizar riesgos climáticos.

Línea Base

No existen programas de este tipo en funcionamiento en el país, pero sí se cuenta con proyecciones que muestra los futuros cambios en los calendarios de siembra que serán necesarios para adaptarse a las condiciones climáticas esperadas para fin de siglo.



Descripción de la medida

Los cambios esperados en las variables climáticas tendrán impacto sobre los procesos fenológicos de los cultivos, por lo que adaptarse para beneficiarse de dichas variaciones implica considerarlas en la dinámica de los sistemas productivos. Una medida eficaz para maximizar la eficiencia productiva, será modificar los calendarios de siembra según las nuevas condiciones climáticas, escogiendo fechas que permitan maximizar el rendimiento en los cultivos.

Para implementar una medida de este tipo, es necesario monitorear los cambios que se vayan produciendo en las condiciones climáticas para luego transmitir a los productores los requisitos y beneficios de la consecuente modificación en los calendarios, en caso de que estas sean factibles.

Fuentes de Costos

- i. Costo de realización de talleres, distribución de la información mediante diversos canales.

Los cambios en las fechas de siembra se van a materializar sólo a través de la capacitación y la información de los productores. Ella se llevara a cabo mediante la difusión por medio de tranferencistas que han sido previamente capacitados y diversos medios de comunicación, para que los productores adopten nuevos calendarios de siembra y cosecha.

Una campaña comunicación a nivel nacional realizada por la Fundación de Comunicaciones, Capacitación y Cultura del Agro (FUCOA) tiene un costo de MM\$ 560, en ésta se incluye la distribución de información por diversos medios, tales como: internet, periódicos locales, radiodifusión, revistas publicadas por el ministerio, boletines de distribución local (Balance de gestión integral Subsecretaría de Agricultura, 2009).

Los talleres de capacitación para tranferencistas, serán 20 al año en todo Chile, con un costo estimado de aproximadamente MM\$ 40, para unos 50 participantes cada uno (Balance de gestión integral INDAP, 2009), los cuales estarán encargados de realizar la posterior difusión.

Cobertura y Población Objetivo

La medida aplicará a unos 100.000 productores agrícolas de todo Chile, al año por medio de transferencias de tecnologías realizadas, unos 1.000 tranferencistas y a un número ampliamente mayor por medio de otros medios de comunicación a través de campañas de cobertura nacional.



Ente Inversor y programa asociado

El estado a través del Ministerio de Agricultura: Fundación de Comunicaciones del Agro (FUCOA), Instituto de desarrollo Agropecuario (INDAP).

2.8.2.5 Medida 8: Incorporación a la matriz energética predial de energías renovables no convencionales.

Descripción de la medida

La incorporación de energías renovables no convencionales a la matriz energética del sector agrícola en Chile, es una medida de vital importancia que traerá beneficios desde dos perspectivas: por una parte, el reemplazo de combustibles fósiles va a reducir las emisiones de GEI para ajustarse a los estándares internacionales de huella de carbono propiciando así las exportaciones; y por otro lado, otorga seguridad energética y aporta a la sustentabilidad productiva. El primer paso en este sentido es invertir en investigación respecto a los diversos sistemas de obtención de energía disponibles y su eficiencia en el sector.

Fuentes de Costos

- i. Fondos de investigación para proyectos de energías renovables no convencionales.

La Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) financia proyectos de investigación en áreas tales como sistemas sustentables de producción de biomasa, integración de procesos y productos como biogás y bioetanol de ERNC descentralizados y soluciones científicas para sistemas solares térmicos de bajo costo. Estos fondos cubren unos 6 proyectos anualmente con montos cercanos a los 20 MM\$ cada uno (Fuente: II Concurso Apoyo al Desarrollo de la Cooperación Internacional para la Investigación de Excelencia CONICYT 2007).

Cobertura y Población Objetivo

La distribución de fondos debería duplicarse en términos de montos y número de proyectos, llegando a financiar un total adicional de 240 MM\$.

Ente Inversor y programa asociado

El Estado a través de la asignación de fondos de investigación bajo la supervisión de instituciones pertinentes (Comisión Nacional de Energía, CONICYT, etc.). Empresas privadas a través de iniciativas privadas de investigación. Universidades y Centros de Investigación.



2.8.3 Componente: Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales.

2.8.3.1 *Medida 9: Adecuar el instrumento Seguro Agrícola para enfrentar el cambio climático.*

Línea Base

En la actualidad las compañías de seguros otorgan cobertura a las producciones de cereales, hortalizas, cultivos industriales, leguminosas, cultivos forrajeros y otros, así como algunas especies frutales: vid, paltos, manzanos, arándanos y olivos, ante los efectos de los eventos climáticos extremos. El Estado entrega un subsidio a los agricultores que cumplan con determinados requisitos, el cual representa el 50% del valor de la prima de la póliza (más 1,5 UF por póliza), que tiene una cobertura máxima de 80UF por agricultor por temporada (Comité del Seguro Agrícola, COMSA). El financiamiento proviene de la Corporación de Fomento a la Producción y se administra por COMSA.

Descripción de la medida

Las evidencias muestran que el número de eventos climáticos extremos está aumentando tanto en frecuencia como en intensidad y se espera que esa tendencia continúe durante los próximos años. Uno de los mayores desafíos que enfrenta la producción agrícola, en especial los pequeños y medianos productores, es mantener una actividad económicamente viable a pesar de los riesgos climáticos que son inherentes al sector, es por ello que una herramienta muy potente en la adaptación al cambio climático es el seguro agrícola.

En Estados Unidos el 43% de la superficie cultivada está asegurada, en Canadá lo está el 55%, mientras en España lo está el 43%, (estudio BID, 2006), en Chile la cobertura es del orden del 10% de la población potencial, es decir, de la población que cumple con los requisitos de aseguramiento. Hacer frente a los efectos del cambio climático va a implicar implementar la contratación del seguro en un mayor número de productores, así como ampliar la cobertura de éste, diversificando los rubros considerados y aumentando los montos asegurados.

Fuentes de Costos

- i. Bonos para la contratación de seguros

El aporte del Estado se materializa mediante un bono para la contratación del seguro por cada póliza, el número de bonos y el monto de ellos se ha ido incrementando con el tiempo y son entregados por el Comité de Seguro Agrícola (COMSA). El año 2010 fueron pagados subsidios por un monto total de 137.800 UF.



Tabla 27: Montos Anuales de Subsidios pagados por Región (UF)

Región	2006	2007	2008	2009	2010
Arica-Parinacota	857	733	1.444	1.869	2.175
Atacama	251	545	690	441	856
Coquimbo	832	1.061	1.502	1.559	2.787
Valparaíso	897	1.815	1.600	2.985	5.074
Metropolitana	1.719	3.177	2.888	4.826	6.385
O'Higgins	8.820	14.203	15.289	19.903	21.954
Maule	14.036	25.143	22.823	26.902	40.225
Biobío	10.084	13.361	21.975	26.592	31.552
Araucanía	3.772	8.874	9.130	14.104	17.175
Los Ríos	1.345	2.075	2.923	3.906	3.860
Los Lagos	713	889	1.354	1.851	5.783

Fuente: Comité de Seguro Agrícola (COMSA), 2010.

ii. Número de Pólizas contratadas y superficie cubierta

La cobertura del seguro agrícola ha ido aumentando a una alta tasa, superando en 200% de incremento en el período 2006-2010, donde se pasó de casi 9.000 pólizas contratadas en 2006 hasta más de 18.000 en 2010.

Tabla 28: Número de Pólizas de Seguro Contratadas por año

Región	2006	2007	2008	2009	2010
Arica-Parinacota	274	228	344	554	499
Atacama	31	32	59	59	102
Coquimbo	114	142	269	281	328
Valparaíso	139	192	220	288	436
Metropolitana	311	481	373	589	589
O'Higgins	1.412	2.213	2.178	2.660	2.954
Maule	3.121	3.675	3.497	4.099	4.699
Biobío	2.340	2.374	3.065	3.475	3.970
Araucanía	913	1.233	1.400	1.835	2.886
Los Ríos	-	-	518	497	743
Los Lagos	265	550	206	267	1.558

Fuente: Comité de Seguro Agrícola (COMSA), 2010.

De la misma manera las hectáreas cubiertas por el seguro se han duplicado en el período hasta llegar a 100.721 ha en 2010. Considerando que el total nacional de superficie explotada y que experimenta actividad en Chile alcanza a 30.449.167 hectáreas y que de ellas 13.000.962 pertenecen a productores agropecuarios individuales (VII Censo Agropecuario de Chile, 2007) la cobertura actual del seguro no satisface más que el 7 % del total de requerimientos.



Tabla 29: Superficie (ha) contratadas anual, por región

Región	2006	2007	2008	2009	2010
Arica-Parinacota	197	152	195	194	211
Atacama	129	295	317	140	165
Coquimbo	328	621	639	662	968
Valparaíso	267	1.732	843	1.449	2.778
Metropolitana	1.382	4.034	2.946	5.678	4.875
L.G.B.	6.236	10.879	10.217	14.201	14.574
Maule	15.071	20.134	17.295	22.965	30.546
Biobío	16.559	15.111	20.915	25.864	29.054
Araucanía	7.005	11.764	11.099	10.898	14.001
Los Ríos			2.973	2.427	2.237
Los Lagos	2.866	4.025	927	1.024	1.312

Fuente: Comité de Seguro Agrícola (COMSA), 2010.

iii. Montos invertidos en contratación de pólizas de seguro

Considerando las primas netas y el aporte del Estado en bonos de contratación se puede calcular que en promedio para el año 2010 los privados aportaban cerca de M\$ 37 por póliza contratada, mientras CORFO contribuía con cerca de M\$ 150.

Tabla 30: Número de Pólizas, subsidios pagados y primas netas 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010
Numero Pólizas	8.920	11.120	12.129	14.604	18.764
Susidios Pagados (UF)	43.326	71.876	81.618	104.938	137.826
Prima Neta (UF)	70.681	73.056	112.072	130.089	170.432

Fuente: Comité de Seguro Agrícola (COMSA), 2010.

La medida va a considerar que la relación entre el aporte estatal y privado se mantiene constante y en la misma proporción que la informada el año 2010.

Cobertura y Población Objetivo

La medida va a considerar la bonificación de contratación de seguros para ir cubriendo de manera incremental hasta el 2030 al menos al 20% de las pequeñas producciones agrícolas distribuidas en todo Chile y sin limitación de rubros. Esta cifra para ser un monto aceptable desde el punto de vista de la factibilidad tanto operativa como económica⁹.

⁹ Consulta directa al Comité de Seguro Agrícola (COMSA).



Ente Inversor y programa asociado

Ampliar el Seguro Agrícola es un esfuerzo combinado entre los agricultores, el Estado a través de la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO) y las compañías de seguros.

2.8.3.2 *Medida 10: Ampliar y Mejorar el Sistema Crediticio del Sector Silvoagropecuario*

Descripción de la medida

Se espera que las modificaciones en los sistemas productivos a raíz del cambio climático sean de diversa índole y magnitud. Los cambios en los regímenes climáticos va a afectar a toda la configuración del sector (localización de los cultivos, fechas de siembra y cosecha, cambios de variedades, etc.) y demandarán de esfuerzos adicionales en incorporación de tecnologías y técnicas que permita aprovechar las oportunidades y enfrentar los desafíos esperados.

Gran parte de de estas acciones de adaptación deberán ser absorbidas financieramente por los productores agrícolas, de distintos tamaños a lo largo de todo el país, para hacer que esta actividad siga siendo económicamente viable se va a requerir mayor apoyo crediticio hacia los productores. Esta medida consiste en aumentar los montos otorgados y el número de usuarios, de manera de servir como soporte a la producción y apoyo a la incorporación de nuevas inversiones prediales.

Fuentes de Costos

i. Montos Actuales de Créditos

Las actividades productivas e inversiones de los pequeños productores se ayudan a financiar mediante la asignación de créditos que pueden ser directamente entregados por el estado por entidades privadas. Al año 2010 casi 40.000 usuarios recibieron financiamiento crediticio.

Tabla 31: Montos de Créditos asignado período 2005-2010 (M\$)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Financiamiento Crediticio Directo (INDAP)	30.753.000	30.882.000	32.873.197	34.205.000	36.895.000	47.724.026
Créditos de la Banca Privada	17.274.000	23.097.000	36.020.000	33.016.000	16.476.000	20.411.500

Fuente: Balance de Gestión Integral INDAP



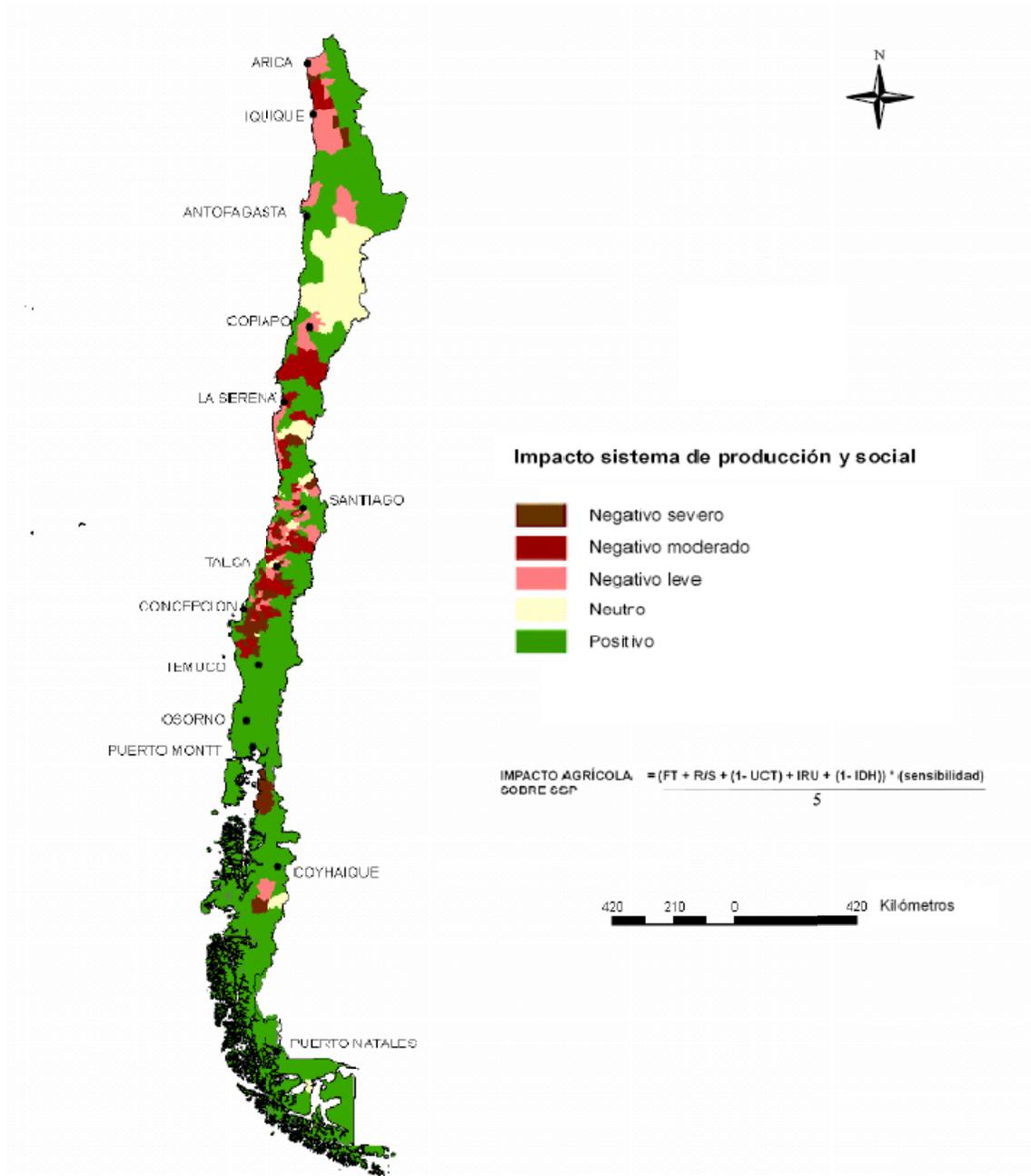
ii. Demanda Futura de Créditos

Según las proyecciones las zonas con mayor impacto sobre el sistema social y productivo serán los valles regados del norte grande y chico, principalmente marcado en los valles de Huasco y Limarí. También se aprecia un alto impacto en la zona central, especialmente el secano interior y valle central entre la Región de Valparaíso y la del Biobío.

Considerando el número de explotaciones pequeñas y de subsistencia existentes en estas zonas se obtiene un total del orden de los 40.000 productores (en base a datos del VII Censo Agropecuario, INE) que prioritariamente deberían ser cubiertos por créditos para financiar sus actividades productivas, lo cual implica una asignación adicional de 50.000.000 M\$, y que se incrementará en un 50% hasta el año 2030, llegando a los 75.000.000 M\$.



Figura 6: Impacto sector agrícola sobre el sistema social y productivo frente al escenario de Cambio Climático A240



Fuente: Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile ante escenarios de Cambio Climático. AGRIMED. U. Chile, 2008.



Cobertura y Población Objetivo

Productores Agrícolas de todo Chile, con especial énfasis en las zonas de mayor impacto por efecto del cambio climático y sean de mayor vulnerabilidad (del orden de 40.000).

Ente Inversor y programa asociado

El Estado disponibiliza los recursos a través de instituciones financieras y créditos directos asignados por una entidad pública (INDAP por ejemplo), pero para efectos de la contabilización de este estudio, la entidad inversora son los Hogares (pequeños agricultores), que finalmente devuelven los recursos prestados. El Estado tiene el rol de dar acceso a tales créditos y por tanto de generar las condiciones y eventualmente hacer los aportes para que los fondos estén disponibles.

Un aspecto especialmente relevante es la necesidad de crear una capacidad prospectiva que permita a los tomadores de decisiones, conocer las tendencias y la magnitud de los desafíos que el sector está enfrentando. Igualmente, una buena capacidad prospectiva permitirá regionalizar las acciones en función de los focos de vulnerabilidad e impactos previstos, evitando llegar a situaciones críticas.

2.9 Resultados

2.9.1 Indicadores Financieros

A partir de las evaluaciones de flujos de inversión, financieros y de operación y mantenimiento es posible obtener algunos indicadores financieros interesantes a partir de los resultados de la evaluación de los flujos. En este caso se estimará el Valor Presente Neto (VPN) descontando los flujos a la Tasa Social de Descuento (6%) y un análisis de sensibilidad de este indicador, sensibilizado a las tasas del 3% y 9%. Estos resultados se presentan en el siguiente cuadro, para la situación, el escenario con medidas y el diferencial entre ambas situaciones.

Tabla 32: Análisis de Sensibilidad VPN Situación Base, con Medidas y Delta

Tasa de Descuento	VPN Situación Base M US\$ 2007	VPN Escenario con Medidas M US\$ 2007	Delta VPN M US\$ 2007
6%	- 9.933.987	- 10.998.605	- 1.064.618
9%	- 7.609.654	- 8.337.471	- 727.816
3%	- 13.544.723	- 15.158.643	- 1.613.920

Fuente: Elaboración propia



A partir del cuadro anterior se puede apreciar que es necesario invertir del orden de US\$ 1.000 millones (actualizados al año 2007) para implementar las medidas propuestas en el estudio. Ello parece un monto bastante razonable frente a la importancia del sector silvoagropecuario.

2.9.2 Implicancias políticas

Las consecuencias del cambio climático en el sector agrícola tienen una diversidad de implicancias, debido a la variedad de rubros productivos, de grupos humanos o actores, de ambientes en que se desarrolla la actividad. Los actores son grupos muy heterogéneos, con diferentes capacidades para adaptarse a los nuevos escenarios climáticos. En la evaluación de la capacidad de evaluación deben incorporarse elementos tecnológicos, financieros, ambientales, culturales y sociales. Cualquiera de estos elementos que sea omitido, podría llevar a propuestas de adaptación imperfectas e inviables, sin posibilidades de adopción por parte de los actores finales, cual es el objetivo de cualquiera política para enfrentar el cambio climático.

Elementos de política pública a tener en cuenta en este caso son:

- Necesidad de focalizar las acciones de adaptación en los grupos socioeconómicamente más vulnerables: esto apunta a que las unidades productivas de menor tamaño (agricultura familiar, agricultura de subsistencia, de secano) son las que debieran concentrar un esfuerzo de inversión suficiente que les permita mantenerse operando en el nuevo escenario.
- Necesidad de situar a la información como bien público: la información para la planificación y para la toma de decisiones es clave bajo circunstancias normales y para cualquier sector. Sin embargo, en un escenario de cambios que tendrán efectos sensibles en un sector fundamental de la economía, la capacidad de generar dicha información y que ésta sea usada por los agentes económicos se convierte en un elemento extremadamente crítico. Esto es especialmente claro en aquellos casos en que las inversiones tienen un período de maduración que exige una reacción anticipada (plantaciones frutales, explotaciones ganaderas, creación de infraestructura de riego, mejoramiento genético). Este principio es trasversal a explotaciones de diverso tamaño.
- Necesidad de implementar programas especiales para zonas donde el impacto será más severo: En algunos casos es posible adaptarse en términos de mejorar el manejo del recurso hídrico o de cambiar los cultivos actuales por otros que tengan menor demanda hídrica. En los casos en que esto no sea posible, como en zonas del norte del país que ya presentan un estrés hídrico significativo, se deberá implementar programas del tipo reconversión dado que ya no será viable que la población vinculada a la producción



agrícola se mantenga en condiciones de bienestar equivalentes a las actuales sin tener que desarrollar otras actividades.

- Necesidad de armonizar la acción del Estado y el sector privado. Ninguna acción será efectiva si no cuenta con un compromiso tanto de las instituciones del Estado como de los actores finales quienes en definitiva son los que implementaran las transformaciones necesarias.

La materialización de un plan de adaptación deberá recurrir a mecanismos de incentivo a través de instrumentos legales, financieros, tributarios, de mercado y de facilitación que haga de las acciones de adaptación un desafío atractivo para los agricultores e inversionistas.

Como muchas de las iniciativas implican cambios importantes en las tecnologías o sistemas de producción, ellas deben ser acompañadas de programas efectivos de asistencia técnica (donde se incluye la capacitación y la transferencia tecnológica), haciendo los ajustes de priorización de acuerdo a los grupos que enfrenten un mayor riesgo potencial con el cambio climático.

Las fuentes de inversión principales para implementar estas medidas son, de forma directa, el Estado, en el caso de las obras de adecuación de la infraestructura productiva como obras de regulación hidrológica, redes de riego, acueductos, caminos, puentes. Otros mecanismos de financiamiento indirectos del Estado, es a través de subvenciones mediante instrumentos de fomento, como la ley de riego, el programa de recuperación de suelos, la ley de conservación del bosque nativo, seguro agrícola y otras. La última fuente de financiamiento corresponde directamente a los agricultores, quienes deberán tomar a su cargo parte de las transformaciones tecnológicas y adecuaciones productivas que sean necesarias.

Dado que en la línea base se contemplan los programas y los respectivos aportes a los beneficiarios de los mismos, que son en general los grupos que presentan mayor vulnerabilidad, las medidas siguen la misma lógica y por tanto los principales esfuerzos provendrán tanto del Estado como de los usuarios finales. Las empresas agrícolas tendrán que hacer inversiones en el escenario de adaptación pero no se considera que eso sea parte del foco del esfuerzo público en términos de aportar recursos.

Respecto de las potenciales barreras a la implementación, hay algunos aspectos que son estructurales a la introducción de mejoras en el sector silvoagropecuario y que deben abordarse también en este escenario de adaptación:

- Asociatividad: Esta es una característica que se busca en la implementación de mejoras para las unidades productivas más pequeñas pues se presentan economías de escala y se generan pequeños polos productivos donde ciertas inversiones y costos fijos se pueden compartir (equipamiento e infraestructura que puede satisfacer las necesidades de varias unidades



productivas simultáneamente, como centros de acopio, maquinaria, puntos de comercialización, etc.).

- Barreras culturales: Este aspecto guarda relación con lo arraigado que están algunas prácticas productivas en ciertos grupos de la población, que representan más que el desarrollo de una actividad económica sino que corresponden a una forma de vida (por ejemplo, los cabreros de la IV Región, otros grupos étnicos dedicados a actividades agrícolas). En esos casos los esfuerzos por generar un cambio deben contemplar esta dificultad.
- Aversión al riesgo, cual es una característica del sector agrícola, particularmente de los medianos y pequeños.
- Inestabilidad de los mercados agrícolas. En muchos casos un cambio en el sistema de producción puede hacerse sobre la base de una importante dosis de racionalidad técnica, pero ciertos rubros que exhiben inestabilidad de mercados limita el número de opciones productivas.
- Costos. No se puede dejar de lado que ciertas transformaciones, como la puesta en riego, la incorporación de energías renovables, la captación de nuevas fuentes de agua, el uso de sistemas antiestrés, agregarán costos que no siempre la rentabilidad del suelo permitirá a los agricultores abordarlos por sí solos. Será necesario analizar cada iniciativa en términos de su viabilidad económica antes de incluirla en planes de fomento masivo.

Por último, hay un aspecto que requerirá de mayores análisis en el mediano plazo y son las futuras necesidades de infraestructura que se producirán por el desplazamiento de las áreas productivas con foco en las exportaciones. Se supone que en la medida que haya una disminución de precipitaciones en la zona centro-sur del país, se producirá un desplazamiento de ciertas áreas productivas como frutales, viñedos, bosques plantados, cuyo destino son las exportaciones, de modo que habrá demanda por una infraestructura de operaciones logísticas adecuada a estas nuevas necesidades en una zona en la que actualmente no hay tal desarrollo. Una parte de esta infraestructura será resuelta por las propias empresas (plantas procesadoras, packings, cámaras de frío, etc.), sin embargo, otra parte que corresponde a infraestructura vial y eventualmente portuaria, debiera ser dirigida desde el sector público.

2.10 Otras Iniciativas No Evaluadas en este Estudio

Existen una serie de iniciativas propuestas en el portafolio de adaptación, las cuales requieren del diseño específico del plan de acción antes de ser evaluadas. En esta condición caen la mayor parte de las acciones de políticas públicas, cuya implementación tiene un amplio espectro de posibilidades, dependiendo de la dimensión territorial y temporal de las estrategias. Una vez definidos estos componentes, podrían dimensionarse los costos de la acción.



Cualquiera sea el caso, es importante mencionar que la adaptación al cambio climático requerirá de alguna de estas iniciativas, que podrían tener un gran potencial innovador en la búsqueda de la sustentabilidad de los sistemas de producción.

Dentro de estas iniciativas cabe destacar:

1. Creación de un sistema nacional de distritos de conservación del patrimonio natural. La implementación de esta iniciativa requiere del estudio de una normativa, de unos instrumentos legales para su implementación, de la definición de la institucionalidad y de los mecanismos de control y gestión. Una vez definidos estos aspectos, será necesario establecer proyectos piloto que, inicialmente, deberán contar con un fuerte subsidio del Estado, de modo de demostrar su viabilidad y beneficios para el sector privado. Considerando la gran cantidad de externalidades positivas que genera esta iniciativa, el Estado obtiene la mayor parte del retorno por vías directas e indirectas. Dentro de las primeras, está la mayor recaudación de impuestos y el fomento de actividades económicas localizadas en áreas territoriales adscritas al sistema. Dentro de las segundas están la conservación de la biodiversidad, de los recursos hídricos, la imagen país y el fomento al turismo.
2. Sistema nacional de certificación de la huella de carbono y del agua. A través de esta iniciativa se estimularía la producción sostenible y con ventajas competitivas en los mercados internacionales. Su implementación requiere de una etapa de diseño, establecimiento de estándares y mecanismos de certificación. Igualmente se requiere de la definición de la cartera de productos que podrían entrar al sistema en cada etapa.
3. Creación de un mecanismo de compensación de emisiones. A través de este mecanismo se podrían contribuir a viabilizar los productos que requieren el cumplimiento de estrictos estándares de emisión de carbono o consumo de agua. Igualmente, se requiere de una etapa de estudio y diseño, en la cual se proponga la normativa, la institucionalidad y los mecanismos de control y seguimiento que den las garantías de efectividad.

2.11 Referencias

- Estudio “Análisis de vulnerabilidad del sector Silvoagropecuario, Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a escenarios de Cambio Climático”, Centro AGRIMED, Universidad de Chile, 2008.
- Estudio “Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI”, Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, 2007.
- Estudio “Sistematizar las Políticas y Estrategias de Adaptación Nacional e Internacional al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario y de los Recursos Hídricos y Edáficos”, FIA, 2008.



- Evolución de las exportaciones silvoagropecuarias de Chile a sus socios comerciales: 2000 a junio de 2010. ODEPA, 2010.
- Balanza de pagos de Chile 2009. Banco Central de Chile, 2010.
- Actualización de Inventario de Emisiones de Gases de efecto invernadero: Serie temporal 1994-2006. INIA-PNUD, 2007.
- Panorama de la Agricultura Chilena 2009, ODEPA, 2009



2.12 Anexos

2.12.1 Tablas

Tabla 33: FI y FF históricos anuales

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI y FF históricos anuales Sector Silvoagropecuario (M US\$ 2007)								
		2005			2006			2007		
		FF	FI	Total FF y FI	FF	FI	Total FF y FI	FF	FI	Total FF y FI
Gobierno	Nacional	97.648	98.814	196.462	115.190	125.147	240.337	124.561	116.360	240.921
Hogares	Nacional	1.417	105.324	106.741	4.246	121.679	125.925	3.169	147.266	150.435
Privado	Nacional	5.682	67.317	72.999	7.184	68.524	75.708	8.812	86.639	95.452
Total general		104.747	271.455	376.202	126.620	315.350	441.970	136.543	350.265	486.808

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales.



Tabla 34: FI y FF para el Año Base (2007)

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI y FF para el Año Base (2007) (M US\$ 2007)							
		Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo		Investigación y desarrollo		Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales		Prácticas y Técnicas Productivas	
		FF	FI	FF	FI	FF	FI	FF	FI
Gobierno	Nacional	8.181	0	28.937	0	6.141	67.190	81.303	49.170
Hogares	Nacional	0			0	3.169	131.853		15.413
Privado	Nacional	0	0	8.812	0		55.636		31.003
Total general		8.181	0	37.749	0	9.310	254.680	81.303	95.585

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Tabla 35: FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Base, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Base (M US\$ 2007)														
		Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo			Investigación y desarrollo			Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales			Prácticas y Técnicas Productivas			Total		
		FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	Nacional	149.148			1.453.778			415.795	3.091.619		2.018.289	3.864.826		4.037.010	6.956.445	0
Hogares	Nacional							399.277	5.283.863			85.579		399.277	5.369.443	0
Privado	Nacional				34.233				241.579			2.341.065		34.233	2.582.644	0
Total general		149.148			1.488.010			815.071	8.617.061		2.018.289	6.291.470		4.470.520	14.908.532	0

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 36: FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Línea de Base 2007-2030

Año	FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Línea de Base (M US\$ 2007)														
	Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo			Investigación y desarrollo			Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales			Prácticas y Técnicas Productivas			Total		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
2007	8.181			37.749			9.310	254.680		81.303	95.585		136.543	350.265	
2008	9.573			40.598			11.011	255.644		88.049	109.947		149.231	365.591	
2009	4.525			37.663			21.149	214.396		92.748	130.110		156.086	344.506	
2010	4.598			40.545			21.286	291.531		113.306	166.124		179.736	457.656	
2011	10.160			42.978			19.898	321.430		96.658	215.887		169.694	537.317	
2012	5.239			45.342			21.763	327.625		61.894	236.172		134.237	563.797	
2013	5.609			47.609			23.628	333.820		64.840	244.987		141.685	578.807	
2014	5.793			49.989			25.493	340.015		67.651	253.271		148.926	593.286	
2015	5.886			52.489			27.358	346.210		70.331	261.075		156.063	607.285	
2016	5.932			54.588			29.223	352.405		72.882	268.437		162.625	620.843	
2017	5.955			56.772			31.088	358.600		75.305	275.383		169.120	633.983	
2018	5.967			59.042			32.953	364.795		77.598	281.930		175.561	646.726	
2019	5.973			61.404			34.818	370.990		79.759	288.091		181.954	659.081	
2020	5.976			63.860			36.683	377.186		81.783	293.871		188.302	671.057	
2021	5.977			66.415			38.548	383.381		83.667	299.275		194.607	682.656	
2022	5.978			69.071			40.413	389.576		85.405	304.302		200.867	693.877	
2023	5.978			71.834			42.278	395.771		86.992	308.949		207.083	704.719	
2024	5.978			74.708			44.143	401.966		88.422	313.211		213.251	715.177	
2025	5.978			77.696			46.008	408.161		89.688	317.083		219.371	725.244	
2026	5.978			80.804			47.874	414.356		90.785	320.557		225.440	734.913	
2027	5.978			84.036			49.739	420.551		91.704	323.623		231.457	744.174	
2028	5.978			87.397			51.604	426.746		92.440	326.272		237.419	753.018	
2029	5.978			90.893			53.469	432.941		92.984	328.494		243.324	761.435	
2030	5.978			94.529			55.334	434.286		92.095	328.833		247.936	763.119	

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 37: FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Adaptación, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI&F acumulados para el Escenario de Adaptación (millones de US\$ de 2007)														
		Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo			Investigación y desarrollo			Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales			Prácticas y Técnicas Productivas			TOTAL		
		FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	Nacional	149.895	531	4.076	1.453.778			1.889.223	3.549.111		2.049.765	3.879.850		5.542.661	7.429.227	4.076
Hogares	Nacional							754.491	5.289.122			176.019		754.491	5.465.141	0
Privado	Nacional				34.233				241.579			2.449.036		34.233	2.690.615	0
Total general		149.895	531	4.076	1.488.010	0	0	2.643.714	9.079.812	0	2.049.765	6.504.905		6.331.385	15.584.983	4.076

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 38: FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Adaptación, 2007-2030

Año	FI, FF y O&M anuales estimados para el Escenario de Adaptación (millones de US\$ de 2007)														
	Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo			Investigación y desarrollo			Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales			Prácticas y Técnicas Productivas			TOTAL		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
2007	8.181			37.749			9.310	254.680		81.303	95.585		136.543	350.265	0
2008	9.573			40.598			11.011	255.644		88.049	109.947		149.231	365.591	0
2009	4.525			37.663			21.149	214.396		92.748	130.110		156.085	344.506	0
2010	4.598			40.545			21.286	291.531		113.306	166.124		179.735	457.655	0
2011	10.400	89	83	42.978			28.606	344.568		98.161	226.238		180.145	570.895	83
2012	5.492	89	100	45.342			39.178	350.763		63.472	246.860		153.484	597.712	100
2013	5.862	89	117	47.609			49.751	356.958		66.418	255.676		169.640	612.723	117
2014	5.793	89	191	49.989			60.324	363.153		69.228	263.959		185.334	627.201	191
2015	5.886	89	208	52.489			70.897	369.348		71.908	271.764		201.180	641.201	208
2016	5.932	89	225	54.588			81.470	375.543		74.459	279.126		216.449	654.758	225
2017	5.955		225	56.772			92.043	381.738		76.882	286.072		231.652	667.810	225
2018	5.967		225	59.042			102.616	387.933		79.176	292.619		246.801	680.552	225
2019	5.973		225	61.404			113.189	394.128		81.336	298.779		261.902	692.907	225
2020	5.976		225	63.860			123.761	400.323		83.361	304.560		276.958	704.883	225
2021	5.977		225	66.415			134.334	406.518		85.244	309.964		291.970	716.482	225
2022	5.978		225	69.071			144.907	412.713		86.983	314.990		306.939	727.703	225
2023	5.978		225	71.834			155.480	418.908		88.570	319.637		321.862	738.545	225
2024	5.978		225	74.708			166.053	425.103		90.000	323.900		336.739	749.003	225
2025	5.978		225	77.696			176.626	431.298		91.266	327.772		351.566	759.070	225
2026	5.978		225	80.804			187.199	437.493		92.362	331.245		366.343	768.738	225
2027	5.978		225	84.036			197.772	443.688		93.282	334.312		381.068	778.000	225
2028	5.978		225	87.397			208.344	449.883		94.017	336.961		395.736	786.844	225
2029	5.978		225	90.893			218.917	456.078		94.562	339.182		410.350	795.260	225
2030	5.978		225	94.529			229.490	457.423		93.673	339.522		423.670	796.945	225

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 39: FI, FF y OyM adicionales acumulados, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI, FF y OyM adicionales acumulados (M US\$ 2007)														
		Desarrollo e Implementación de Infraestructura e Iniciativas de Soporte Productivo			Investigación y desarrollo			Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales			Prácticas y Técnicas Productivas			TOTAL		
		ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM
Gobierno	Nacional	305	531	3.757				1.473.429	457.492		31.551	15.024		1.505.284	473.047	3.757
Hogares	Nacional							355.214	5.259			90.440		355.214	95.698	0
Privado	Nacional											107.971		0	107.971	0
Total general		305	531	3.757	0	0	0	1.828.642	462.750	0	31.551	213.435	0	1.860.498	676.717	3.757

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 40: FI, FF y OyM adicionales anuales, 2007-2030

Año	FI, FF y O&M anuales estimados para el Escenario de Adaptación/Mitigación (millones de US\$ de 2005)											
	Desarrollo e Implementación de Infraestructura			Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales			Prácticas y Técnicas Productivas			TOTAL		
	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM
2011	122	89	83	8.708	23.138		1.578	10.351		10.408	33.577	83
2012	113	89	100	17.416	23.138		1.578	10.689		19.106	33.915	100
2013	70	89	117	26.123	23.138		1.578	10.689		27.771	33.915	117
2014		89	172	34.831	23.138		1.578	10.689		36.409	33.915	172
2015		89	189	43.539	23.138		1.578	10.689		45.117	33.915	189
2016		89	206	52.247	23.138		1.578	10.689		53.824	33.915	206
2017			206	60.955	23.138		1.578	10.689		62.532	33.826	206
2018			206	69.663	23.138		1.578	10.689		71.240	33.826	206
2019			206	78.370	23.138		1.578	10.689		79.948	33.826	206
2020			206	87.078	23.138		1.578	10.689		88.656	33.826	206
2021			206	95.786	23.138		1.578	10.689		97.364	33.826	206
2022			206	104.494	23.138		1.578	10.689		106.071	33.826	206
2023			206	113.202	23.138		1.578	10.689		114.779	33.826	206
2024			206	121.909	23.138		1.578	10.689		123.487	33.826	206
2025			206	130.617	23.138		1.578	10.689		132.195	33.826	206
2026			206	139.325	23.138		1.578	10.689		140.903	33.826	206
2027			206	148.033	23.138		1.578	10.689		149.611	33.826	206
2028			206	156.741	23.138		1.578	10.689		158.318	33.826	206
2029			206	165.449	23.138		1.578	10.689		167.026	33.826	206
2030			206	174.156	23.138		1.578	10.689		175.734	33.826	206

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



2.12.2 Distribución del Número de Explotaciones por Tipo de Productor según Región y Área Homogénea

Región	Área Homogénea	Subsistencia	Pequeño Empresarial	Mediano	Grande	Sin Actividad	Sin Clasificar	Total General
I	Desierto	362	3.926	5.766	7.017	19.758	121.492	158.322
	Precordillera	982	7.779	2.965	242.947	3.298	903	258.874
	Cordillera	9.109	37.650	140.220	395.197	907	533.099	1.116.180
	Total I	10.453	49.355	148.951	645.161	23.963	655.493	1.533.376
II	Desierto	8	71	70	0	58	2.615	2.823
	Precordillera	1	2	0	161	0	0	164
	Cordillera	500	1.889	4.813	106.260	1.364	441.673	556.497
	Total II	509	1.962	4.883	106.421	1.422	444.288	559.484
III	Desierto	22	90	614	291.471	459	43.754	336.410
	Secano norte chico	44	3.420	90	147.885	74	0	151.513
	Valle transversal	138	1.330	576	77.275	559	3	79.881
	Secano costero	455	186.948	120.310	8.888	272	46.568	363.440
	Precordillera	913	40.741	1.076	613.272	378	2	656.382
	Cordillera	37.401	50.416	1.294	443.915	1.985	59.085	594.097
	Total III	38.973	282.944	123.960	1.582.706	3.728	149.411	2.181.722
	Secano norte chico	22.344	83.535	132.738	1.560.313	5.562	181	1.804.673
IV	Valle transversal	353	11.652	8.978	22.374	896	10	44.262
	Secano costero	8.704	21.316	31.064	416.695	708	29	478.515
	Precordillera	4.745	27.387	47.813	766.768	604	4.263	851.579
	Cordillera	2.077	14.189	74.286	626.003	106	4	716.665
	Total IV	38.222	158.079	294.879	3.392.152	7.876	4.487	3.895.694
	Secano norte chico	609	2.824	4.532	66.144	200	61	74.368
V	Valle transversal	3.459	36.996	70.977	73.950	3.855	3.295	192.532
	Secano costero	22.311	163.450	172.175	125.215	1.153	2.829	487.132
	Secano interior	7.103	29.483	45.292	163.108	361	9.653	255.001
	Precordillera	1.090	8.661	7.953	189.439	497	142	207.783
	Cordillera	1.115	26.602	11.388	221.270	33	10.190	270.598
	Territorio Insular Occidental	0	0	0	0	0	22.773	22.773
	Total V	35.687	268.015	312.317	839.126	6.099	48.942	1.510.187
	Valle transversal	5.145	80.453	99.335	221.962	2.384	56.329	465.609
RM	Secano costero	1.737	18.561	7.873	3.334	0	291	31.796
	Secano interior	8.807	97.466	42.837	158.807	535	14.224	322.674
	Precordillera	9.999	31.204	12.233	17.158	36	33.173	103.803
	Cordillera	8.832	160.561	19.704	306.379	17	9.961	505.454
	Total RM	34.520	388.245	181.981	707.639	2.972	113.978	1.429.336
	Secano costero	24.370	90.517	111.438	72.881	567	1.229	301.002
	Secano interior	8.972	57.526	17.507	96.041	721	3.734	184.501
VI	Depresión Intermedia	8.805	92.225	40.778	224.007	2.011	18.251	386.075
	Cerro o cordón isla	4.105	52.256	12.264	0	108	5.112	73.845
	Precordillera	1.783	127.410	34.125	135.012	364	11.393	310.087
	Cordillera	10.031	62.633	36.812	144.385	155	72.776	326.792
	Total VI	58.066	482.566	252.924	672.327	3.926	112.494	1.582.302
	Secano costero	32.471	106.270	87.283	149.894	241	4.645	380.803
	Secano interior	35.623	186.409	71.485	228.030	787	6.616	528.949
VII	Depresión Intermedia	20.257	247.361	111.512	428.524	6.402	27.558	841.613
	Precordillera	22.782	95.199	30.513	231.706	19.941	33.844	433.985
	Cordillera	26.140	286.132	107.323	249.597	2.632	67.088	738.913
	Total VII	137.272	921.371	408.115	1.287.752	30.003	139.750	2.924.263
	Secano costero	44.179	275.162	111.174	487.173	2.406	10.115	930.209
	Secano interior	35.395	169.727	25.606	146.382	1.969	1.696	380.775
VIII	Depresión Intermedia	26.541	164.453	146.728	405.569	5.485	2.324	751.100
	Cerro o cordón isla	1.075	18.275	0	0	3	4	19.357
	Precordillera	20.808	133.609	66.085	350.091	447	36.238	607.277
	Cordillera	79.715	383.932	72.278	223.833	305	67.481	827.544



Región	Área Homogénea	Subsistencia	Pequeño Empresarial	Mediano	Grande	Sin Actividad	Sin Clasificar	Total General
	Total VIII	207.713	1.145.158	421.871	1.613.047	10.615	117.858	3.516.261
IX	Secano costero	14.906	104.028	19.918	76.149	910	60	215.971
	Secano interior	39.379	165.869	35.268	271.259	4.360	11.591	527.725
	Depresión Intermedia	1.363	8.176	9.847	29.821	4	64	49.274
	Valle secano	33.859	344.497	103.728	402.691	4.530	2.951	892.255
	Precordillera	37.423	184.397	100.804	235.235	127	109.163	667.149
	Cordillera	56.943	177.734	30.517	304.291	0	71.969	641.454
	Total IX	183.873	984.700	300.082	1.319.445	9.931	195.797	2.993.828
X	Secano costero	43.123	157.360	10.934	198.938	0	151.690	562.045
	Secano interior	18.593	116.881	51.614	216.516	0	13.832	417.437
	Cerro o cordón isla	5.672	16.164	7.697	24.777	0	6	54.316
	Valle secano	20.012	215.467	137.536	433.407	0	6.285	812.706
	Ñadis	47.045	200.640	73.214	57.474	0	4.243	382.615
	Precordillera	48.698	183.697	83.914	417.455	0	108.925	842.689
	Cordillera	66.600	924.029	154.408	46.448	0	1.177.977	2.369.461
	Chiloé Insular	115.318	280.455	31.994	126.055	0	172.356	726.178
	Chiloé Occidental	11.384	52.471	0	0	0	121.842	185.697
	Total X	376.444	2.147.162	551.311	1.521.070	0	1.757.155	6.353.142
XI	Cordillera	17.683	229.653	115.839	82.258	0	1.725.661	2.171.094
	Lluvioso bosque	24.603	335.014	16.311	0	0	7.266.396	7.642.323
	Precordillera trasandina	5.767	67.685	57.230	597.738	0	786.075	1.514.494
	Total XI	48.053	632.352	189.380	679.995	0	9.778.132	11.327.911
XII	Lluvioso bosque	13.513	322.718	669.957	595.873	0	6.408.048	8.010.110
	Transición	1.344	81.641	411.979	53.784	0	108.607	657.355
	Coironal	1.674	195.060	1.823.358	406.849	0	398.400	2.825.342
	Total XII	16.532	599.419	2.905.295	1.056.506	0	6.915.055	11.492.807
Total General	1.186.316	8.061.328	6.095.948	15.423.346	100.535	20.432.841	51.300.314	

Fuente: Elaborado por ODEPA en base a la información de VI Censo Nacional Agropecuario.



3 Sector Transporte

Uno de los sectores seleccionados para evaluar sus medidas de mitigación es el sector transporte. En las secciones siguientes se presenta una descripción del alcance de las medidas, los principales subsectores involucrados, las políticas que los sustentan entre otros.

3.1 Alcance

Durante el año 2009 el sector Transporte casi desplazó a la Industria y Minería como el mayor demandante de energía en el país, representando el 34,6% frente al 36,8% del consumo final de energía de este último, y proyectando una participación aún mayor en el corto plazo como se observa en la Figura 7. En este caso, el consumo energético se concentra en un 99% en un solo producto, los derivados del petróleo, que incluyen básicamente petróleo diesel y gasolinas. Existe además un consumo eléctrico menor asociado al METRO y Ferrocarril y gas asociado a un parque menor de vehículos livianos.

En el cuadro siguiente se presentan los consumos históricos del sector transporte por modo, desde el año 2005 al 2008, extraída a partir del Balance Nacional de Energía de la CNE (Comisión Nacional de Energía) para Chile.

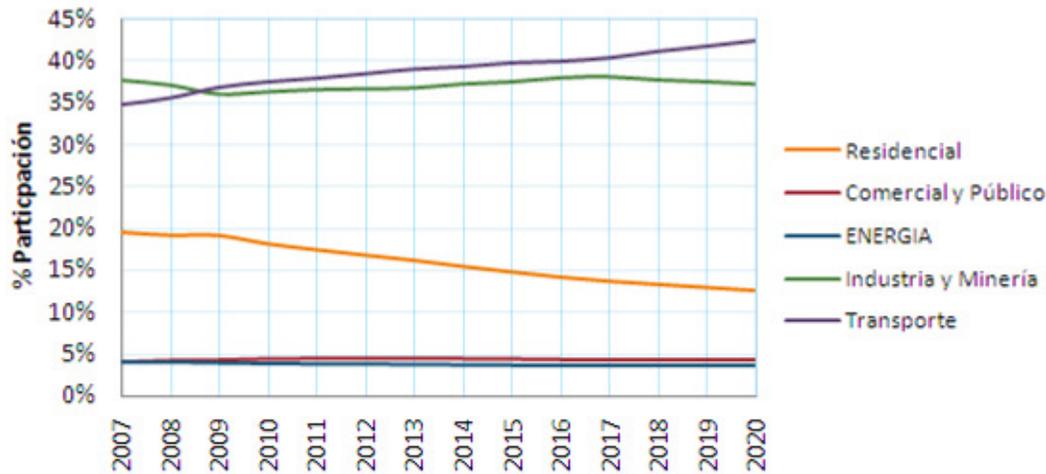
Tabla 41: Consumos históricos por modo

		Petróleo Diesel	Petróleos Combustibles	Gasolina Motor	Gasolina Aviación	Kerosene Aviación	Electricidad
		Miles m3	Miles Ton.	Miles m3	Miles m3	Miles m3	GWh
2005	Caminero	3.456	0	2.879	0	0	178
	Ferroviano	20	0	0	0	0	74
	Marítimo	405	1.254	6	0	0	0
	Aéreo	30	2	0	6	761	0
2006	Caminero	3.457	0	2.841	0	0	254
	Ferroviano	22	0	0	0	0	71
	Marítimo	381	1.416	7	0	0	0
	Aéreo	1	0	0	6	811	0
2007	Caminero	3.689	0	3.033	0	0	354
	Ferroviano	23	0	0	0	0	55
	Marítimo	394	1.476	14	0	5	0
	Aéreo	1	0	0	6	906	0
2008	Caminero	3.823	0	3.141	0	0	373
	Ferroviano	53	0	0	0	0	53
	Marítimo	395	1.427	6	0	0	0
	Aéreo	1	0	0	6	1.057	0

Fuente: Balance Nacional de Energía, 2008, CNE



Figura 7: Participación sectorial en la demanda energética nacional.



Fuente: Elaboración propia en base a “Implementación de la herramienta de simulación LEAP para la proyección de escenarios de consumo de energía en el largo plazo y la evaluación de escenarios de mitigación de CO₂”, 2010. Ministerio de Energía. PROGEA.

Para el sector caminero se puede observar estabilidad en el consumo para el diesel y los petróleos combustibles entre 2005 y 2006, mientras que éste aumenta los dos años siguientes a una tasa aproximada de 6,7% y 3,6% respectivamente. Lo mismo sucede con el consumo del gasolina, el que se mantiene estable los dos primeros años y aumenta con las mismas tasas para los dos siguientes. Por el contrario, el consumo de electricidad aumentó en tasas cercanas al 40% hasta el 2007, pero estancándose hacia 2008 donde llegó sólo a un 5,4%.

El modo ferroviario casi no conoce incremento en su consumo de diesel entre 2005 y 2007, pero crece a una tasa de 133,3% entre 2007 y 2008. Su consumo de electricidad disminuye levemente entre 2005 y 2006, aunque de manera importante entre 2006 y 2007 (un 22,6%).

El modo marítimo mantiene estable sus niveles de consumo de diesel entre el 2005 y 2008, al igual que el de petróleos combustibles, el cual sólo se ve significativamente incrementado del 2005 al 2006 en un 12,9%. El uso de gasolina es bajo y constante, exceptuando el año 2007 donde se duplica con respecto al año 2006, aunque volviendo a sus niveles previos en 2008.

El sector aéreo prácticamente elimina su consumo de petróleos diesel y combustibles luego del 2005, lo que se traduce en un crecimiento constante en el uso del kerosene entre este año y el 2009 a tasas de entre 6,2% y 16,6%.

La evaluación se enmarca en la implementación de 5 medidas relacionadas con el sector transporte de carga, vehículos livianos y medianos, METRO y una serie medidas relacionadas con el fomento del cambio modal sostenible. La evaluación de las medidas se



realiza en el periodo 2007-2030 de acuerdo a la metodología propuesta por PNUD. Las cinco medidas acordadas con la contraparte técnica, a las que se definen su línea base y sus costos relacionados, son las siguientes:

- Medida 1. Cambio modal producto de la construcción de nuevos kilómetros de METRO en Santiago. Esta acción pretende lograr capturar una mayor cantidad de usuarios en el transporte público (METRO) y reducir los viajes del modo vehículos particulares.
- Medida 2. Mejoras Aerodinámicas en camiones. Esta acción busca mejorar la eficiencia energética en el sector transporte de carga y reducir el consumo de diesel en los camiones y tracto camiones del país.
- Medida 3. Conducción Eficiente (Ecodriving) y Asistencia Técnica en camiones y buses. Esta acción busca mejorar la eficiencia energética en el sector transporte de carga y reducir el consumo de diesel en los camiones y tracto camiones del país.
- Medida 4. Cambio tecnológico en vehículos livianos y medianos. Esta acción busca el fomento al uso de tecnologías de vehículos de cero y baja emisión. Se implementa un subsidio similar al utilizado para los vehículos híbridos de manera de lograr la transformación de mercado que acelera la penetración de estas.
- Medida 5 Fomento al Cambio de la Partición Modal Sostenible en Santiago. Corresponde a una serie de acciones que pretende lograr capturar una mayor cantidad de usuarios en el transporte público (METRO, buses urbanos) o en los modos no motorizados (caminata, bicicletas) y reducir los viajes del modo vehículos particulares. Para ello se invierte en mejor infraestructura para estos modos y en la promoción de los mismos.

Las medidas fueron seleccionadas a partir de la discusión y los criterios planteados desde la primera reunión del estudio, el taller de capacitación “La evaluación de flujos de inversión y de financiamiento para hacer frente al cambio climático en los sectores clave” y las posteriores reuniones efectuadas. En particular, se definieron criterios como el abocarse sólo al sector transporte caminero dado su importancia en el consumo energético, incluir transporte público, privado y de carga; y utilizar medidas que tuvieran un impacto importante en reducciones de consumos de combustible.

Es importante tener en cuenta que la definición de las medidas permite describir y acotar el alcance de la información requerida para obtener la línea base, pero no es el objetivo de este informe ahondar en detalles respecto de las mismas. Dado que estas medidas implican reducciones de emisiones de gases efecto invernadero, el estudio sólo contempla estimarlas en aquellos casos que esas potenciales reducciones puedan ser calculadas con algún método convencional aceptado o utilizado en estudios previos o estimaciones preliminares aportadas por la autoridad del sector. Ello se revisará caso a caso, cuando corresponda.



De acuerdo a los requerimientos de información asociados a estas medidas, se han definido ciertos alcances respecto a temas tecnológicos, territoriales, subsectores considerados, etc.

En el caso de la medida 1 y 5, considerando la información disponible y las características de los subsectores considerados, además de la alta proporción de demanda de pasajeros, con respecto al resto del país, se considera que esta medida se evalúa en Santiago, considerando principalmente características del transporte urbano. En el caso del METRO se consideran las inversiones y costos relacionados con la operación, la infraestructura de la red y el material rodante. En el caso del cambio modal, se consideran modos como Transantiago, METRO, tranvía, uso de bicicletas, entre otros. De esta forma, los costos considerados tienen que ver con la infraestructura necesaria y la operación de las distintas opciones, además de su promoción.

En el caso de las medidas 2, 3 y 4 y dadas las características de movilidad de los modos considerados, se utiliza un alcance nacional, a nivel casi total del parque. En el caso de los camiones, se considera el parque nacional de camiones y tracto camiones, en donde se estudia la posibilidad de aplicar mejoras aerodinámicas, capacitación de choferes en conducción eficiente y asistencia técnica para las empresas de transporte de carga. En el caso de los automóviles, se considera el parque nacional de vehículos y aquella fracción que podría cambiar a tecnologías LEV o ZEV en el futuro.

3.2 Subsectores evaluados

De acuerdo a los tipos de medidas definidas, se consideran los siguientes subsectores o áreas de aplicación:

- Subsector Automóviles Livianos y Medianos
- Subsector Transporte de Carga
- METRO
- Promoción del Transporte Público y Bicicletas

3.2.1 Subsector automóviles livianos y medianos.

El parque de automóviles livianos y medianos ha aumentado en el transcurso de los años en tasas de entre 4,8% y 6,6%, siendo la más baja entre los años 2008-2009. Los automóviles y los station wagons son la categoría que ha crecido a tasas más altas (hasta un 7,6% anual), seguidos por las camionetas y los furgones, con tasas promedio de 4,3% y 3,5% respectivamente. A pesar de ello, los vehículos todo terreno son los únicos que aumentaron su tasa de crecimiento entre 2008 y 2009 junto a los taxis. Sin embargo, para estos últimos ello se debe principalmente a una nueva metodología en la medición. Ello se resume en el cuadro siguiente.



Tabla 42: Estimación del parque de vehículos Livianos y Medianos en Chile entre 2005 y 2009

	Livianos					Comerciales		Total
	Automóvil, Station Wagons	Todo Terreno	Taxi básico	Taxi colectivo	Taxi turismo	Furgón	Camioneta	
2005	1.406.796	83.744	104.588	-	-	118.791	479.439	2.193.358
2006	1.514.220	84.932	102.656	-	-	124.911	500.831	2.327.550
2007	1.615.458	85.578	102.114	-	-	129.701	524.206	2.457.057
2008	1.738.477	87.085	101.547	-	-	134.388	551.913	2.613.410
2009	1.816.143	89.210	34.364	34.364	59.831	136.440	567.445	2.737.797

Fuente: Transporte y Comunicaciones, Informe Anual 2009, INE

3.2.2 Subsector Transporte de Carga

El subsector camiones es el segundo mayor consumidor de energía, después de los vehículos livianos y medianos. La cantidad de camiones simples ha crecido de forma bastante homogénea entre el 2005 y el 2009, con tasas cercanas al 5,0%, mientras que el tracto camión lo ha hecho con mayor fuerza alcanzando tasas de hasta un 12%. A pesar de esto, es importante rescatar el estancamiento que se produjo en 2009 para ambas categorías, pero que no impidió un aumento total del parque de 18% con respecto al escenario inicial.

Tabla 43: Parque de Camiones en Chile entre 2005 y 2009

	Camiones		Total
	Camión simple	Tracto camión	
2005	103.854	22.040	125.894
2006	108.001	23.307	131.308
2007	113.110	26.101	139.211
2008	118.145	28.040	146.185
2009	119.487	29.126	148.613

Fuente: Transporte y Comunicaciones, Informe Anual 2009, INE

Dos de los principales problemas para una operación más eficiente del transporte de carga es la antigüedad del parque de camiones y lo atomizado del sector, donde la mayor parte de los vehículos son propiedad de empresarios pequeños, incluso dueños de un solo camión. En el siguiente cuadro se muestra el perfil de antigüedades de los vehículos de carga, distinguiendo entre camiones y tractocamiones.



Tabla 44: Antigüedad de la flota

Antigüedad [años]	Proporción de la flota con edad superior	
	Camiones	Tractocamiones
5	77,20%	65,90%
10	52,40%	40,30%
15	31,30%	22,00%
20	19,20%	12,60%
25	11,70%	5,50%
30	5,90%	1,70%

Fuente: MTT, 2006 “Análisis de la Eficiencia Energética en el Transporte Interurbano de Carga”.
CIMA Ingeniería.

Por otra lado, si bien conocido el fenómeno de atomización del parque, en el estudio del MTT “Análisis de la Eficiencia Energética en el Transporte Interurbano de Carga” del año 2006, se estableció que cerca de tres cuartas partes de las empresas poseen sólo un vehículo y que cerca del 90% poseen dos o menos. Lo anterior puede apreciarse en la siguiente tabla.

Tabla 45: Concentración de la industria y antigüedad de la flota

Tamaño de Flota [veh]	Cantidad de empresas	Proporción	Antigüedad promedio [años]
1	44.223	73,30%	15,3
2	9.051	15,00%	13,3
3	3.122	5,20%	11,8
4	1.377	2,30%	11,0
5	730	1,20%	10,2
6 a 10	1.159	1,90%	9,7
11 a 100	630	1,00%	7,6
Más de 100	54	0,10%	4,0
Total	60.346	100%	11,5

Fuente: MTT, 2006.

Al hacer un análisis comparativo entre las empresas que son personas naturales y aquellas que son personas jurídicas, se aprecia que las personas naturales tienen un grado de concentración aún menor. En ambos casos, se aprecia que la edad promedio de la flota crece directamente a mayor nivel de atomización. Por ejemplo, las empresas con flotas grandes de más de 100 vehículos tienen en promedio 4 años de antigüedad, mientras que aquellas univehiculares superan los 15 de antigüedad promedio. En este último estrato, además, se aprecia que cuando la empresa es una persona jurídica, la edad promedio es del orden de 10 años, mientras que cuando se trata de una persona natural es de poco más de 16 años.

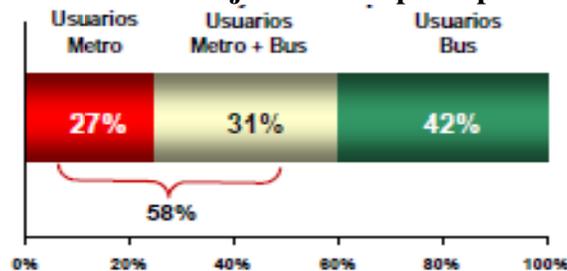


Se aprecia también, que los camiones más antiguos se encuentran concentrados en actividades que habitualmente son reconocidas como poco especializadas y con bajo nivel de formalidad en la operación, como el transporte de contenedores, el transporte de materiales de construcción y otros. A medida que las flotas son más modernas, se aprecia una mayor participación de transportes más especializados.

3.2.3 Subsector METRO

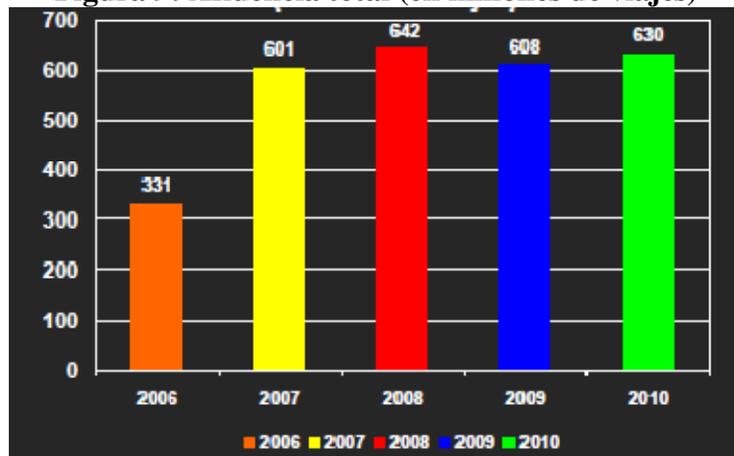
Luego de la implementación del Transantiago, el METRO ha tenido un importante desarrollo, lo que permite que hoy se alcancen 2,3 millones de viajes diarios, que el 58% de los viajes totales se haga en este medio, el 37% de etapas de los viajes sea en METRO, y un 68% de cargas totales de las tarjetas de para el pago del transporte público (tarjeta Bip) se hagan en cajas de METRO. En las siguientes figuras se presenta la distribución de viajes del transporte público en Santiago y la evolución del total de viajes en los últimos cinco años en METRO.

Figura 8: Distribución de viajes del transporte público en Santiago



Fuente: Presentación “Inversiones para mejorar la calidad de vida en la ciudad”, Raphael Bergoeing, Mayo 25 de 2010.

Figura 9: Afluencia total (en millones de viajes)



Fuente: Presentación “Inversiones para mejorar la calidad de vida en la ciudad”, Raphael Bergoeing, Mayo 25 de 2010.



De la figura anterior se aprecia que entre los años 2008 y 2009 se produce una reducción de los viajes totales de un 5,6%, debido a la crisis económica y un mejor Transantiago.

A continuación se presenta la evolución de varios indicadores operacionales relacionados con la actividad y el consumo energético del METRO en el periodo 2005 al 2009.

Tabla 46: Evolución indicadores operacionales 2005 – 2009

Indicadores Operacionales	2005	2006	2007	2008	2009
Pasajeros al día	1.200.038	1.495.951	2.453.270	2.135.786	2.037.051
Longitud red (Km)	77,4	85,1	85,1	85,1	85,1
Número de trenes	133	143	152	152	166
Parque de coches	636	666	751	751	832
Pasajeros Transportados (MM)	267	331	601	642	608
Pasajero Km /kWh	-	-	-	19,7	19,1
Pasajero/kWh	-	-	-	2,3	2,2
Consumo energía tracción (GWh)	178,2	246,9	322,0	285,0	278,2
Consumo energía alumbrado (GWh)	-	-	-	57	60
Consumo energía total (GWh)	178	247	322	342	338

Fuente: Memorias METRO 2005-2009, Reporte de Sustentabilidad 2009.

En el estudio PROGEA (2011) se han realizado proyecciones del consumo del METRO. La metodología para realizar las estimaciones ha sido levemente más compleja como consecuencia de una menor cantidad de información levantada y disponible, en comparación al resto de las categorías.

A partir de proyecciones existentes sobre kWh/pasajero-km (obtenidas del informe “Carga del modelo de proyección de demanda energética global: MAED”, desarrollado por PROGEA en el año 2009 para la Comisión Nacional de Energía), se calcula una estimación de pasajero-km hasta el 2030. Ello nace primero de dos proyecciones principales, tanto del número de pasajeros como del número de kms recorridos por éstos.

Tabla 47: Consumo de electricidad por pasajero – Km (2010 – 2030)

Unidad	2010	2015	2020	2025	2030
[kWh/pkm]	0,050	0,049	0,047	0,046	0,045

Fuente: Elaboración propia

La afluencia se obtuvo del estudio de SECTRA “Análisis modernización de transporte público, IV etapa” desarrollado por Fernández y de Cea Ingenieros Ltda, el cual entrega este dato para el 2017, y luego a través de interpolaciones, extrapolaciones, y un supuesto dado en las tasas de aumento de kms recorridos por pasajeros dada la ampliación y creación de nuevas líneas, se obtiene el dato de pas-km en tramos de 5 años, desde 2010 hasta 2030.



Finalmente, a través de la multiplicación de estos valores con los respectivos consumos de kWh/pkm, sumados a los consumos de energía por tracción y alumbrado proporcionales a la cantidad de kWh consumidos a raíz del transporte de pasajeros, se obtienen las proyecciones que se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 48: Proyección del consumo de METRO en kWh y Tcal hasta 2030

Año	Consumo METRO	
	kWh	Tcal
2007	321.961.000	277
2010	342.187.500	294
2015	435.827.821	375
2020	543.302.197	467
2025	598.196.002	514
2030	685.972.070	590

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede apreciar que el consumo energético (electricidad) se duplica al año 2030. Cabe hacer notar que este consumo no genera emisiones directas de GEI.

3.2.4 Promoción del transporte público y bicicletas

Una de las medidas que se busca para reducir la intensidad energética en el sector transporte es el cambio modal desde autos a medios de transporte masivo (buses, METRO, tranvías, etc.).

Dentro de esta línea se circunscriben proyectos como Transantiago (y su mejoramiento); implementación de ciclovías, de acuerdo a un plan maestro de implementación de ciclovías en Santiago; desarrollo de proyectos de tranvías, como el tranvía de Las Condes que se está estudiando actualmente.

Por otro lado, todo el desarrollo ferroviario del país es un apoyo importante para impulsar el cambio modal, donde el Metrotren y sus futuras ampliaciones, además de otros desarrollos como Merval u otros proyectos, pueden ser muy importantes de considerar.

Es importante tener en cuenta que tanto los planes de transporte urbano, como los planes ambientales de las grandes ciudades del país (en particular Santiago), promueven el cambio modal a modos de transporte masivo o no contaminantes, de manera de lograr mejoras ambientales, energéticas, reducciones de congestión vehicular, menores emisiones de gases de efecto invernadero, etc. Estos deberían ser drivers importantes que guíen el desarrollo del transporte urbano hacia una manera más sostenible en el futuro.



3.3 Entidades inversoras

A continuación se presentan las distintas entidades que han participado en las inversiones en las áreas que cubren las medidas evaluadas en este estudio. Estas pueden ser privadas como hogares o empresas, o entidades de Gobierno como Municipalidades o Ministerios.

Gobierno

La empresa METRO es propiedad de dos accionistas: la Corporación de Fomento de la Producción - CORFO y el Fisco, representado por el Ministerio de Hacienda, siendo su controlador el primero de ellos. El financiamiento de las actividades de METRO se efectúa con capital propio o deuda, sin embargo la empresa ha recibido continuamente contribuciones del Fisco para proyectos de expansión de la red. En el ejercicio 2009 se recibieron aportes por M\$ 100.556.911, en el ejercicio 2008 por M\$ 101.359.315 y en el ejercicio 2007 por M\$ 38.071.893.

Adicionalmente el gobierno a través de SECTRA ha invertido continuamente en estudios de evaluación de planes de expansión de la red.

La inversión en Ecodriving es materia de los últimos años y la fuente de inversión ha sido el Gobierno a través del financiamiento de estudios de diseño de cursos de capacitación y la ejecución de estos mismos. También ha habido algunas iniciativas privadas, ya sea en buses de Transantiago, como en camiones, las que han tenido inciertos resultados.

Con respecto al fomento al cambio de la partición modal sostenible la inversión proviene de muchos sectores en concordancia con las varias medidas que propone esta línea de acción. Si consideramos el fomento a través de acciones que favorezcan el uso de la bicicleta como medio de transporte, destaca la inversión extranjera que desde el año 2002 ha realizado el GEF (Global Environmental Facility), programa del Banco Mundial, junto al PNUD para estudios preparatorios en una primera etapa, y posteriormente para inversión en infraestructura. Adicionalmente diversos municipios han invertido en ciclorutas y la empresa METRO ha aportado invirtiendo en estacionamientos de bicicletas en algunas de sus estaciones.

La participación del Estado ha estado enfocada principalmente a campañas de fomento del uso de este medio de transporte y campañas de seguridad, adicionalmente el Estado ha invertido en estudios de prospectiva de ciclorutas o estacionamientos.

Las campañas de promoción del transporte público, o inversiones en infraestructura vial que favorezcan la circulación del transporte público han sido financiadas por organismos del estado como el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones y el Ministerio de Obras Públicas respectivamente.



Privados

En cuanto a la aplicación de equipamiento aerodinámico en el transporte de carga, la inversión ha sido responsabilidad de los propios empresarios camioneros, lo que corresponde a una inversión privada. Por otra parte, el Estado de Chile ha realizado inversiones para financiar parcialmente el reemplazo de vehículos como el proyecto “Cambia tu Camión”.

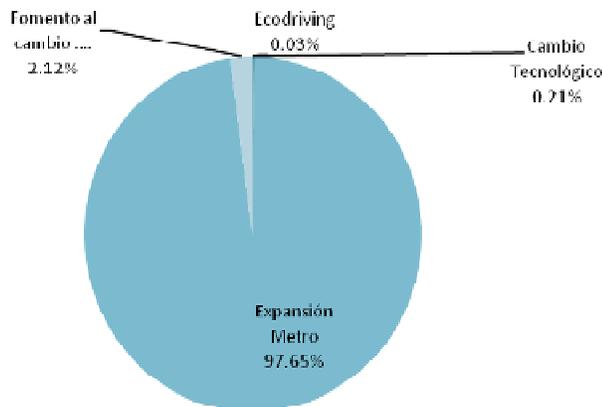
El cambio tecnológico de vehículos por tecnologías de baja o cero emisión ha sido materia de inversión de los hogares que compran dichos vehículos, sin embargo el Estado ha contribuido a fomentar el crecimiento del parque de vehículos “eficientes” a través del subsidio al permiso de circulación por una cantidad de años de acuerdo al valor de dichos vehículos, decretado en el artículo 4° de la ley 20.259. Dicho subsidio se aplica para vehículos registrados hasta el 31 de Marzo del 2010, sin embargo hoy se encuentra en evaluación por parte del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones la aplicación de nuevas medidas que fomenten el ingreso de vehículos de baja o cero emisiones al parque automotriz nacional.

Las empresas de ferrocarriles como EFE, Trenes Metropolitanos o Merval han financiado con capital propio o deuda sus operaciones u obras de expansión. Estas inversiones y costos operacionales corresponden a obras de infraestructura y material rodante.

Existe además una iniciativa de implementación de tranvías, en donde la Municipalidad de las Condes es el ente que se haría cargo de la inversión.

En la figura siguiente se presenta la proporción de inversiones en los subsectores recién descritos, para el año 2007.

Figura 10: Principales Inversiones en el año 2007 para cada subsector



Fuente: Elaboración propia



Se puede apreciar que las obras de expansión del METRO acumulan por lejos la mayor proporción de la inversión dedicada a estos subsectores del transporte.

3.4 Lineamientos de política existentes

A continuación se revisan las siguientes políticas relacionadas con el sector transporte y que tienen que ver directamente con las medidas de mitigación definidas para este estudio:

- Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental
- Planes Maestros de Transporte Urbano
- Políticas de Eficiencia Energética
- Políticas del METRO de Santiago
- Política de Ferrocarriles del Estado
- Mercado del carbono y cambio climático

3.4.1 Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental

Las regulaciones ambientales más importantes que han afectado o afectarán próximamente al mercado automotor están contenidas en la reformulación del Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental de la Región Metropolitana, DS N°66/20093, en las normas para combustibles y en un conjunto de normas de emisión.

El PPDA: Aspectos Generales

El PPDA de 1997 introdujo estrategias y líneas de acción para disminuir las emisiones vehiculares. Principalmente se incorporaron medidas para mejorar la calidad de los combustibles y mejorar las tecnologías de los vehículos, introduciendo normas de emisión y de calidad más exigentes. Además, se estableció un calendario de reducción de concentración el cual se actualizó en la última entrega del PPDA conforme a lo que indica el siguiente Cuadro.

Tabla 49: Metas Globales de Reducción en Concentración PPDA 2009 y plazos de cumplimiento

Contaminante	Porcentaje de reducción respecto al Inventario 2005	
	2010	2015
MP10	-10%	-60%
NOx	-30%	-50%
CO	-50%	-70%
HCT	-50%	-70%

Fuente: Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana 2009, Porcentaje de reducción respecto al inventario del año 2005



En la actualización al año 2010 del PPDA, en el caso del transporte público, se establecen medidas a fin de obtener una reducción de emisiones contaminantes, asociadas a este sector, en un 24% de las emisiones directas de material particulado MP10 y de un 6% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), ambas cifras referidas al inventario de emisiones del año 2005. Para cumplir con dicha reducción de emisiones, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones continuará estableciendo nuevas condiciones para que entren en uso buses de tecnología limpia (a gas, híbridos, eléctricos u otros) y dispositivos de control de emisiones para buses diesel en la Región Metropolitana. Adicionalmente, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones deberá implementar y mantener un sistema de información de los datos disponibles respecto de la efectividad de tecnologías limpias para el transporte público y de los diferentes dispositivos de control de emisiones.

Por otro lado, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones continuará realizando las acciones necesarias para que los buses dotados de motor, que cumplen con las normas de emisión denominadas EURO I y EURO II, acrediten la reducción de los niveles de emisiones, en tanto se completa su retiro, de acuerdo a lo establecido en las bases de licitación de vías de 2003. Además, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en conjunto con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, deberán revisar y actualizar la asignación de metas de reducción individuales para cada servicio licitado, de forma tal de alcanzar las metas globales definidas para MP10 y NO_x.

En el caso del transporte de carga (vehículos pesados), se establecen medidas a fin de obtener una reducción de emisiones contaminantes, asociadas a este sector, en un 50% de las emisiones directas de material particulado MP10 y de un 20% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), ambas cifras referidas al inventario de emisiones del año 2005. Para cumplir con estos niveles de reducción, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones deberá generar las condiciones para establecer exigencias e incentivos para la incorporación de tecnología de abatimiento de emisiones, tales como filtros de partículas en vehículos pesados.

Adicionalmente, la CONAMA en conjunto con el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y otros órganos de la Administración del Estado competentes, deberán establecer un programa de implementación de una Zona de Baja Emisión en la Región Metropolitana, que permita mejorar la mantención y acelerar la incorporación de tecnologías limpias en vehículos pesados de transporte; desarrollar un programa voluntario de chatarrización de camiones que estimule y facilite la reducción de contaminantes locales en la Región Metropolitana, por la vía del retiro y destrucción de los camiones más antiguos, los que en general no cuentan con certificación de emisiones. También desarrollarán los estudios necesarios para proponer un mecanismo que genere los incentivos a la gestión de flotas de vehículos de carga y servicios, en un plazo de doce meses después de publicado el presente Decreto en el Diario Oficial.



En el caso de los vehículos livianos y medianos, se espera una reducción de emisiones contaminantes, asociadas a este sector, en un 60% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y de un 50% de las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (COV), ambas cifras referidas al inventario de emisiones del año 2005.

Tabla 50: Niveles máximos de emisión

CATEGORIA	Peso bruto vehicular (kg) GVWR	Peso neto de marcha* (kg)	Emisiones de escape g/km			
			CO	NO	NMOG	HCHO (mg/km)
Vehículos livianos de pasajeros	Hasta 12 pasajeros		2,11	0,087	0,06	9,32
Vehículos comerciales livianos tipo 1	< 2700	<=1700	2,11	0,087	0,06	9,32
Vehículos comerciales livianos tipo 2	< 2700	>1700	2,11	0,087	0,06	9,32
*Peso en vacío + 136 Kg (LVW)						

Fuente: PPDA, 2009

Tabla 51: Niveles máximos de emisión

CATEGORIA	Peso bruto vehicular (kg) GVWR	Peso neto de marcha* (Kg)	Emisiones de escape g/km		
			CO	HCT	NOX
Vehículos livianos de pasajeros	< 2700	Todas	1,00	0,100	0,80
Vehículos comerciales livianos clase 1	< 2700	<=1305	1,00	0,100	0,80
Vehículos comerciales livianos clase 2	<2700	>1305 y <=1760	1,81	0,130	0,10
Vehículo comerciales livianos clase 3	<2700	>1760	2,27	0,16	0,11
*Peso en vacío + 100 Kg (Masa de referencia)					

Fuente: PPDA, 2009

Medidas complementarias.

La CONAMA, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y el Ministerio de Hacienda tendrán a cargo una serie de medidas complementarias, entre las que se cuentan:

- Establecer los mecanismos de carácter voluntario para el retiro de vehículos sin sello verde (orientados a proyectos con exigencia de compensar emisiones de gases y material particulado, en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)).
- Establecer un programa tendiente a identificar incentivos para los vehículos de cero y ultra baja emisión. Este programa deberá contener las categorías o estándares que deberán cumplir los vehículos para ser considerados de baja o cero emisiones así como los incentivos. Las categorías vehiculares que podrán ser consideradas como vehículos de cero o ultra baja emisión serán aquellas que cumplan con los siguientes



estándares de emisión, sin perjuicio de otros que puedan ser determinados posteriormente por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones:

- a) Vehículos de Cero Emisión: Vehículos que cumplan con la certificación ZEV (Zero Emission Vehicles), de la California Air Resources Board o BIN 1 de TIER 2 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).
 - c) Vehículos de Ultra Baja Emisión: Vehículos que cumplan con la norma SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicles) de California Air Resources Board. Los vehículos PZEV (Partial Zero Emission Vehicles) de California Air Resources Board.
- Los importadores de vehículos nuevos deberán informar acerca del nivel de emisiones, rendimiento y las emisiones de CO₂ de dichos vehículos de acuerdo a lo que disponga al respecto el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

3.4.2 Planes Maestros de Transporte Urbano¹⁰

SECTRA, Secretaría de Planificación de Transporte, desarrolla los planes de transporte urbano para distintas ciudades del país, cuyo fin es mejorar la movilidad de las grandes ciudades y las de tamaño medio. Ello involucra inversiones de cierta magnitud, orientadas al desarrollo de los Sistemas de Transporte Urbano, en concordancia con el desarrollo urbano previsto para las ciudades, como son las inversiones en infraestructura vial, en el mejoramiento del transporte público o en sistemas automáticos de control de tránsito.

En las ciudades más pequeñas los problemas de movilidad están generalmente asociados a la gestión de tránsito, a la operación de los servicios de transporte público, y a las facilidades para los modos no motorizados como la caminata y la bicicleta. En este caso, el mejoramiento de estos elementos queda plasmado en un Plan Maestro de Gestión de Tránsito.

En este contexto SECTRA se ha dedicado, principalmente, a la planificación de los Sistemas de Transporte de las principales ciudades de nuestro país mediante la elaboración y seguimiento de **Planes Maestros de Transporte Urbano**. Estos Planes están conformados por un conjunto de iniciativas que responden a las necesidades de movilidad, actuales y futuras, de los habitantes de la ciudad a partir de una visión integral de su sistema de transporte en concordancia con el desarrollo urbano previsto para ella. En su formulación participan todos los organismos que intervienen en la planificación y ejecución de proyectos urbanos. Producto de ello, hoy en día, **29 ciudades de Chile** poseen sistemas de transporte que avanzan hacia su plena consolidación.

¹⁰ Extraído de www.sectra.cl



Cada proyecto es descrito en función de las siguientes características:

- Identificación de los ejes viales o el área intervenida por el proyecto
- Estado de avance según las etapas de inversión
- Ubicación espacial
- Breve descripción
- Montos de inversión
- Rentabilidad
- Organismo a cargo de su ejecución

A partir del año 2009 se ha iniciado el proceso de actualización de los Planes Maestros de Transporte Urbano para varias ciudades del país, entre las que se distinguen: Arica, Iquique, Antofagasta, Calama, Copiapó, La Serena-Coquimbo, Talca, Chillán, Los Ángeles, Puerto Montt y Punta Arenas. Los estudios de ingeniería de estas obras son principalmente financiados por el Ministerio de Obras Públicas o de Vivienda, según quien tenga la tuición de la vía, mientras que la ejecución de las obras le corresponde principalmente al Ministerio (MOP o MINVU) que tenga tuición de la vía. En el cuadro siguiente se presentan las ciudades que cuentan con plan, indicando las comunas y la población beneficiadas.



Tabla 52: Ciudades con Planes Maestros de Transporte Urbano (Dic 2009).

Región	Ciudad / Conurbación	Comunas Beneficiadas	Población (*)
De Arica y Parinacota	Arica	Arica	181.932
De Tarapacá	Iquique	Iquique	184.838
	Alto Hospicio	Alto Hospicio	85.042
De Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta	360.743
	Calama	Calama	148.078
De Atacama	Copiapó	Copiapó	158.081
De Coquimbo	La Serena	La Serena	205.015
	Coquimbo	Coquimbo	206.094
	Ovalle	Ovalle	110.141
De Valparaíso	Gran Valparaíso	Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana, Con-Cón	899.840
	San Antonio	San Antonio	97.467
	San Felipe	San Felipe	75.412
	Los Andes	Los Andes	72.661
Del Lib. B. O'Higgins	Rancagua	Rancagua, Machalí	277.076
Del Maule	Curicó	Curicó	137.563
	Talca	Talca	238.817
	Linares	Linares	90.048
Del Bío Bío	Gran Concepción	Concepción, Talcahuano, Hualpén, Lota, S. Pedro, Coronel, Chiguayante, Hualqui, Penco, Tomé	981.450
	Chillán	Chillán, Chillán Viejo	204.784
	Los Angeles	Los Angeles	195.813
De La Araucanía	Angol	Angol	51.136
	Temuco-Padre Las Casas	Temuco, Padre Las Casas	370.710
De Los Ríos	Valdivia	Valdivia	158.626
De Los Lagos	Osorno	Osorno	161.858
	Puerto Montt	Puerto Montt	230.885
	Ancud**	Ancud	41.960
	Castro**	Castro	50.764
	Quellón**	Quellón	30.964
De Aysén del Gral C. Ibañez	Coyhaique	Coyhaique	57.349
De Magallanes y Antártica Ch.	Punta Arenas	Punta Arenas	124.624
Metropolitana	Gran Santiago	Toda la provincia de Santiago (32 comunas) y las comunas de Puente Alto y San Bernardo	6.006.377
Total población beneficiada			12.196.148

(*) Cantidad de habitantes según proyección INE al 30 junio 2009

(**) Planes aún no reportados

Fuente: Planes Maestros de Transporte Urbano Ciudades de Chile, SECTRA 2009



Plan de Transporte Urbano de Santiago (PTUS)

El Plan Maestro de Transporte Urbano del Gran Santiago, contempla un conjunto de proyectos de mejoramiento de infraestructura vial y del sistema de transporte público, centrándose en proyectos de corredores de transporte público en los principales ejes de las comunas del Gran Santiago, además de proyectos de ampliación de la red de METRO.

Destaca como proyecto vial importante en el Plan el Anillo Intermedio por su carácter intercomunal, el cual seguirá consolidándose para conformar una vía de conexión estratégica. Por otro lado, destaca la proyección de diversos corredores de transporte público en la ciudad, como son la vía exclusiva de Grecia y la de Santa Rosa actualmente en construcción, y corredores de transporte público como Alameda, San Pablo y J. J. Pérez entre otros, que se encuentran en etapa de estudio. Paralelamente, existen estudios en desarrollo que aportarán nuevas propuestas de líneas y/o extensiones de la red de METRO para que sean incorporadas en las nuevas versiones de este Plan.

Consistentemente con el proceso de planificación continua de las ciudades, SECTRA desarrollará a partir del año 2011 una nueva Encuesta de Movilidad para la ciudad de Santiago la cual tiene fecha de término a fines del año 2012 o comienzos del 2013, Además SECTRA iniciará la primera etapa de actualización del Plan Maestro de Transporte Urbano, que consiste en la calibración del modelo de transporte ESTRAUS. Posteriormente, se iniciará la segunda etapa del Plan, cuyo objetivo central será la definición del Plan Maestro.

El nuevo Plan incorporará en la metodología, la construcción de una visión de desarrollo urbano de largo plazo, plasmada en una Imagen Objetivo para las comunas involucradas, la cual permitirá conducir el proceso de formulación y selección de proyectos hacia aquellos que sean socialmente rentables, pero que a su vez potencien la imagen ciudad definida por sus propias autoridades.

El desarrollo del Plan incluirá como un aspecto relevante y novedoso la participación ciudadana, además de la incorporación de grupos de trabajo de expertos que entreguen una visión integral de los proyectos en estudio.

Actualmente existen 55 proyectos incluidos en el PTUS, entre los que destacan:

Vías Exclusivas / Corredores Segregados

- Vía Exclusiva Independencia
- Dorsal – Pedro Donoso
- Roma – 14 de la Fama – Dorsal
- Av. Senador Jaime Guzmán
- Jujuy – Lo Espinoza
- Las Rejas Norte entre Las Violetas y Portales
- Las Rejas Sur



- Departamental entre Pedro Aguirre Cerda y Autopista Central (Norte-Sur).
- Departamental entre Autopista Central (Norte-Sur) y Américo Vespucio.
- Vía Exclusiva Grecia entre Av. Matta y Las Torres.
- Vía Exclusiva Alameda entre Plaza Italia y Las Rejas
- Vía Exclusiva Pajaritos entre Ruta 68 y Américo Vespucio

Infraestructura para METRO

- Nueva Línea Maipú - Lo Prado
- Extensión de Línea 1 hasta Los Dominicos
- Estación Intermodal del Sol

3.4.3 Políticas de Eficiencia Energética

El Programa País de Eficiencia Energética (actual Agencia Chilena de Eficiencia Energética) ha desarrollado una serie de iniciativas en transporte de carga orientadas a la modernización del parque de camiones, a la asistencia técnica a las empresas de transporte de carga y a la educación de los conductores. También se han definido opciones para el transporte de pasajeros, tanto público como privado. Dentro de los principales programas que se han desarrollado se encuentran los siguientes.

Incentivo al recambio de camiones: "Cambia tu camión". La iniciativa "Cambia tu camión" consistió en entregar un incentivo económico a dueños de camiones de más de 25 años de antigüedad que estuvieran circulando al momento de realizar la postulación, ayudando al cofinanciamiento de un camión 0 kilómetros. Durante el año 2009 se lleva a cabo la primera etapa, en la cual se entregan \$1.840 millones.

Etiquetado de eficiencia energética en vehículos motorizados. Estudio tendiente a producir una herramienta que permita evaluar cuantitativamente el efecto del sistema de etiquetado en la configuración del parque vehicular nacional, así como los consumos de combustible y emisiones asociadas. Adicionalmente, el proyecto busca proveer una herramienta de información a usuarios sobre variables de EE de los modelos de vehículos livianos disponibles en el país.

Asistencia técnica al transporte de carga interurbano. Proyecto dirigido a pequeñas empresas de transporte interurbano de carga terrestre por camiones, que busca hacer más eficiente el consumo de combustible.

Capacitación masiva en conducción eficiente. El programa de capacitación en conducción eficiente consiste en la implementación de cursos de capacitación en conducción eficiente a conductores del transporte de carga interurbano y/o urbano. Este programa se desarrolló en 12 regiones del país y capacitó a 1.000 conductores.



3.4.4 Políticas del METRO de Santiago

Anualmente METRO de Santiago destina importantes recursos a estudios y proyectos de inversión, con el objeto de mantener y mejorar la calidad del servicio, preservar y mantener las instalaciones y recintos, ir adecuando la tecnología a las necesidades de renovación y modernización de los equipos y sistemas, y evaluar las expansiones de la red de acuerdo a las necesidades que presente la ciudad.

A fines del 2009 el Directorio de METRO de Santiago aprobó la Política de Responsabilidad Social Empresarial (RSE), cuya propuesta fue elaborada y validada por representantes de las distintas áreas de la empresa y el Comité Ejecutivo. Junto a esto comenzó a emitir su reporte de sustentabilidad, en él se destacan otros aportes sociales además de la operación de la red, como Club METRO, BiblioMetro, METRO Cultura, METRO Informa y BiciMetro.

METRO tiene como labor ser un aporte considerable a la rentabilidad social del sistema de transporte público de Santiago, respondiendo a sus requerimientos y proponiendo alternativas que permitan mejorar la calidad de vida e integración de los habitantes de Santiago. En este rumbo es que la red de METRO ha crecido considerablemente en los últimos años, y ya ha confirmado 2 nuevas líneas que se espera se integren a la red el año 2015.

En este momento no se consideran nuevas líneas a corto plazo dado que aún no se da comienzo a los trabajos de las líneas 3 y 6, que se iniciarían en Marzo del año 2011, sin embargo las evaluaciones del comportamiento y las necesidades de la red son constantes.

3.4.5 Política de Ferrocarriles del Estado

El Plan Trienal 2008-2010 ha sido desarrollado en conjunto con los ministerios de Hacienda, Economía y de Transporte y el cual fue presentando en el Congreso Nacional. Los proyectos propuestos en el plan consideran en su análisis: las ventajas para la economía chilena de contar con servicios eficientes en el rubro del transporte ferroviario y las externalidades positivas del modo ferroviario.

El actual plan comprende un total de 14 iniciativas de inversión por un monto de MMUS\$ 292, según se presenta en el cuadro siguiente. Se componen de un conjunto de proyectos específicos dirigidos a aumentar la capacidad y confiabilidad de la infraestructura y a mejorar la gestión del tráfico en la red ferroviaria, tanto para los servicios de pasajeros, como para los de transporte de carga. Algunos proyectos representativos del actual Plan Trienal son los siguientes:

- Rehabilitar para carga 600 km de vía entre Concepción y Puerto Montt.
- Mejorar accesos a puertos de las Regiones V y VIII.



- Rehabilitar Ferrocarril Arica – La Paz.
- Modernizar la Señalización, Energía y Comunicaciones ferroviaria.
- Modernizar plataforma de comunicación entre trenes y control de tráfico.
- Renovar sistema de seguimiento de tráfico.
- Incorporar sistema de planificación de tráfico.

Tabla 53: Plan Trienal EFE 2008-2010 (MM US\$)

Inversiones	2008	2009	2010	TOTAL
I. Inversiones Pasajeros, Reposición y Conservación				
1. Estudios Trenes Suburbanos /1	0,3	2,3	1,0	3,6
2. Nuevas Estaciones Metrotren		0,7	0,3	1,0
3. Trenes Turísticos (Va X Región) /2		4,0		4,0
4. Rehabilitación y Mejoramiento de Vías y Ramales	3,9	27,8	15,8	47,5
5. Rehabilitación y Reparación Puentes y Obras de Arte	4,1	11,6	6,0	21,7
6. Mejoramiento Sistema Comunicaciones, Señalización y Electrificación	3,5	9,6	5,4	18,5
7. Optimización Gestión de Infraestructura y Tráfico	1,7	5,7	0,5	7,9
8. Rehabilitación Material Rodante y Estaciones	7,9			7,9
Subtotal Pasajeros, Reposición y Conservación	21,4	61,7	29,0	112,1
II. Inversiones en Carga:				
9. Double Stacking a San Antonio	0,2	15,8	51,8	67,8
10. Proyectos Menores Región de Valparaíso		2,5		2,5
11. Proyectos Menores Región Bío - Bío		5,0		5,0
12. Rehabilitación San Rosendo - Hualqui (estándar B)	1,4	8,0		9,4
13. Rehabilitación San Rosendo - Puerto Montt (estándar B)	5,0	15,8	42,0	62,8
14. Rehabilitación y Remediación FCALP (Arica - La Paz) /3	1,5	18,0	12,5	32,0
Subtotal Inversiones en Carga	8,1	65,1	106,3	179,5
TOTAL INVERSIONES	29,5	126,8	135,3	291,6

Fuente: EFE

3.4.6 Mercado del carbono y cambio climático

La necesidad de reducir las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ha dejado de ser una obligación exclusiva de los países desarrollados. En efecto, en la Conferencia de las Partes de Copenhague (COP15), realizada el año 2009, los países en vías de desarrollo han debido establecer compromisos para desviar o disminuir sus propias reducciones de emisiones; por lo tanto se ratifica que es un tema de interés global que exige compromisos de todos los actores de la sociedad.

En particular el compromiso de Chile fue enviado formalmente en Agosto de 2010 a la Secretaría de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, donde se compromete a una desviación del 20% respecto del BAU de emisiones de GEI al año 2020, considerando una proyección a partir del año 2007. Para cumplir con ello, se requiere la búsqueda e implementación de **Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas** (NAMAs, por su sigla en inglés), que se esperan conformar principalmente en las áreas de Eficiencia Energética, Energía Renovables, Uso de Suelo, Cambio en el Uso de Suelo y Forestación. Esta es una opción para que el proyecto acceda a fondos de financiamiento internacional.



Por otra parte, los proyectos de reducción en Chile pueden participar del Mercado de Desarrollo Limpio y del Mercado Voluntario. En ambos casos se pueden certificar las reducciones y ofertarlas en el mercado, considerando todas las restricciones de tiempos y riesgo de éxito que acompañan un proyecto innovador como el presente. Ambas instancias constituyen una posible fuente de financiamiento.

El sector transporte es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero del país, por lo que tiene un potencial muy importante de reducción y de aplicación de medidas de mitigación. En este sentido, el gobierno y las empresas privadas están impulsando políticas y proyectos para reducir el impacto de este sector.

3.5 Barreras Potenciales

Si bien varias de las iniciativas mitigadoras poseen importantes beneficios y cobeneficios en el sector (incluso beneficios económicos), su implementación no es directa y en general, las iniciativas que se han tratado de implementar, no han sido sencillas de aplicar. Ello se debe a una serie de barreras de carácter político, culturales, entre otras.

Por ejemplo, una de las principales barreras que existe en el sector transporte de carga es el problema de asociatividad. Dada la gran cantidad de empresas con distinto nivel de organización, profesionalismo, capacidad de gestión y nivel cultural, es difícil lograr alineación en el desarrollo de las políticas y de la implementación de las medidas propuestas.

Otra barrera importante para la implementación de las medidas del sector es la escasa infraestructura de transporte público factible de ser utilizada para lograr un servicio más eficiente, seguro y sustentable. Ello desincentiva las inversiones en el sector y el uso, por parte de los usuarios, de la locomoción colectiva y el METRO.

Por otra parte, la mala imagen del transporte público, la que hoy incluso arrastra al METRO, desde la época de las “micro amarillas” hasta la mala experiencia del Transantiago, ha hecho que muchos usuarios lo hayan abandonado para siempre y hayan pasado a engrosar el cada día creciente parque de vehículos particulares. Esta es una de las principales barreras para lograr incentivar el uso del transporte público y reducir el número de vehículos particulares en las calles.

Por último, existen barreras culturales y educacionales que impiden mejorar la eficiencia en el sector. Las malas prácticas de conducción, tanto de conductores particulares como del transporte público, la poca responsabilidad de los peatones, la mala mantención que se les realiza a los vehículos, entre otras razones, hacen que no sea fácil implementar medidas que permitan mejorar el transporte público, tanto en su efectividad (cobertura, tiempos) como en su eficiencia (consumo energético, pasajeros por vehículo, etc.)



3.6 Definición de línea base

En esta sección se describe la línea base de los distintos sectores considerados en el estudio, en lo que respecta a sus proyecciones tecnológicas, de costos, evolución del parque, penetraciones, etc. Ello permitirá definir el escenario de referencia sobre el cual se aplicarán las medidas de mitigación que se proponen en la siguiente sección.

3.6.1 Subsector automóviles livianos y medianos

Para estimar a futuro el parque para este tipo de automóviles se usa la metodología desarrollada en el estudio "Modelo de Proyección de Demanda Energética Global Nacional de Largo Plazo" elaborado por el Programa de Gestión y Economía Ambiental de la Universidad de Chile (2009), solicitado por la Comisión Nacional de Energía. Ella corresponde a una metodología de análisis econométrico que considera las ventas aparentes del sector y las tasas de obsolescencia para el retiro de los vehículos más antiguos del parque. El principal driver que resultó del análisis econométrico es el PIB anual. Además, se realiza una categorización del parque de acuerdo al tipo de norma y de combustible al que corresponden los vehículos, lo que también influye en el retiro de los vehículos más antiguos. En el cuadro siguiente se resume la proyección del parque al año 2030.

Tabla 54: Proyección parque de vehículos de Chile Livianos y Comerciales 2010–2030

Año	Livianos	Comerciales	Total
2010	2.099.341	875.363	2.974.704
2011	2.216.091	936.179	3.152.270
2012	2.338.773	999.834	3.338.607
2013	2.467.685	1.066.721	3.534.406
2014	2.603.139	1.137.214	3.740.353
2015	2.745.464	1.211.680	3.957.144
2016	2.893.603	1.286.453	4.180.056
2017	3.047.765	1.362.252	4.410.017
2018	3.208.172	1.439.702	4.647.875
2019	3.375.054	1.519.353	4.894.407
2020	3.548.652	1.601.686	5.150.338
2021	3.729.217	1.687.133	5.416.350
2022	3.917.012	1.776.087	5.693.099
2023	4.112.313	1.868.908	5.981.221
2024	4.315.406	1.965.938	6.281.344
2025	4.526.590	2.067.506	6.594.096
2026	4.746.178	2.173.930	6.920.108
2027	4.974.497	2.285.527	7.260.024
2028	5.211.887	2.402.615	7.614.502
2029	5.458.701	2.525.516	7.984.217
2030	5.715.312	2.654.558	8.369.870

Fuente: Elaboración propia



Se espera que la cantidad de vehículos livianos se duplique en 14 años, es decir aproximadamente entre 2010 y 2024. Algo similar se espera en el comportamiento de los vehículos comerciales, aunque este hecho se espera suceda un poco antes. De hecho, las proyecciones al 2030 indican una tasa de crecimiento mayor para estos últimos, en donde se pronostica que el parque final triplique al del escenario inicial. De forma general en la proyección, para los vehículos livianos la tasa decrece en el transcurso de los años de un 5,6% a un 4,7%, y de un 6,9% a un 5,1% para los comerciales.

Tal como se ha definido anteriormente, la medida de mitigación corresponde a la incorporación de vehículos eficientes (LEV o ZEV). El desarrollo de nuevas tecnologías vehiculares en Chile está fuertemente ligado a las ofertas existentes a nivel mundial, así como al desarrollo del mercado en la región del cono sur. Debido a los altos costos iniciales de tecnologías vehiculares emergentes, en el corto y mediano plazo no se vislumbra una penetración importante de sistemas distintos a los motores de combustión interna basados en combustibles fósiles, para la flota nacional. Se espera que la aparición masiva de automóviles híbridos o eléctricos ocurra en un plazo cercano al 2030, con números de unidades que logren impactar las cifras nacionales de vehículos en circulación.

En el ámbito de los incentivos, se requieren condiciones apropiadas para promover en forma efectiva el ingreso masivo de estas tecnologías, con objetivos concretos (por ejemplo, exigir un porcentaje de modelos ecológicos a cada distribuidor en una fecha determinada, esperando lograr una tasa de ventas reales a partir de esta oferta). La intervención pública requiere que se cumplan las condiciones anteriores (precio y competencia) en el mercado. Los mecanismos de incentivo debiesen involucrar reducciones de impuesto e incluso la existencia de "bonos" por la compra de estos vehículos, más rebajas sustanciales en los pagos anuales por permisos de circulación, patente y revisión técnica, además de otras medidas como acceso a estacionamientos gratuitos, entre otras. La promulgación de un beneficio tributario, en marzo del 2008, que bonifica el valor total del permiso de circulación durante cuatro años a aquellos que adquieran estos vehículos logró aumentar las ventas del único híbrido disponible en el país, el Honda Civic Hybrid, a 339 unidades. A continuación se presente un cuadro resumen de ventas de vehículos híbridos en el periodo 2006 – 2011.

Tabla 55: Ventas de vehículos híbridos 2006 – 2011

Nº de Marcas	Segmento	Año	Ventas	Participación de Mercado (%)	Venta Total Vehículos
1	Automóvil y Minivans	2006	56	0,03	190.639
1	Automóvil y Minivans	2007	66	0,03	227.743
1	Automóvil y Minivans	2008	217	0,09	239.835
2	Automóvil y Minivans	2009	94	0,05	172.044
3	Automóvil y Minivans	2010	149	0,05	289.280
3	Automóvil y Minivans	2011 (*)	29	0,05	53.299

Fuente: ANAC

(*) Ventas de enero y febrero 2011.



Como se aprecia en el cuadro anterior, las ventas aumentaron intensamente en el periodo de operatividad del incentivo tributario.

Estimación de la proyección de consumo energético y gases de efecto invernadero

En el mismo estudio mencionado anteriormente se estimaron los consumos energéticos y las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte. En el cuadro siguiente se presenta un resumen de la evolución del sector.

Tabla 56: Proyección de consumo energético y gases de efecto invernadero

Año	Livianos y Medianos (Toneladas)		Comerciales (Toneladas)		Emisiones GEI L&V (Miles T CO ₂ e)	Emisiones GEI Comerciales (Miles T CO ₂ e)
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel		
2007	1.297.604	42.925	933.616	325.169	4.160	3.931
2008	1.364.329	67.588	912.579	395.175	4.452	4.055
2009	1.397.193	93.496	868.479	459.154	4.631	4.156
2010	1.435.793	122.331	997.768	636.488	4.841	5.122
2011	1.488.795	155.414	980.963	749.083	5.110	5.429
2012	1.543.384	191.422	962.950	867.194	5.393	5.750
2013	1.599.713	230.411	943.716	991.481	5.691	6.086
2014	1.657.919	272.466	923.792	1.122.145	6.005	6.441
2015	1.718.332	317.480	903.611	1.259.448	6.335	6.816
2016	1.779.939	365.673	880.619	1.399.423	6.679	7.191
2017	1.842.562	417.377	855.458	1.542.741	7.038	7.570
2018	1.906.028	472.928	828.588	1.690.064	7.411	7.956
2019	1.970.232	532.590	783.380	1.806.638	7.800	8.188
2020	2.035.111	596.615	739.263	1.929.536	8.204	8.443

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que en el año 2020 los consumos de diesel crecen muy fuertemente (más de 6 veces) y la gasolina crece bastante menos (un 25% más). De la misma forma, las emisiones de GEI crecen al doble.

Supuestos de penetración o cobertura

- Parque. De acuerdo al estudio PROGEA (2011), se han supuesto proyecciones de ventas de vehículos livianos de acuerdo al cuadro siguiente. Estas proyecciones son basadas en modelos econométricos con la variación del PIB como variable independiente.



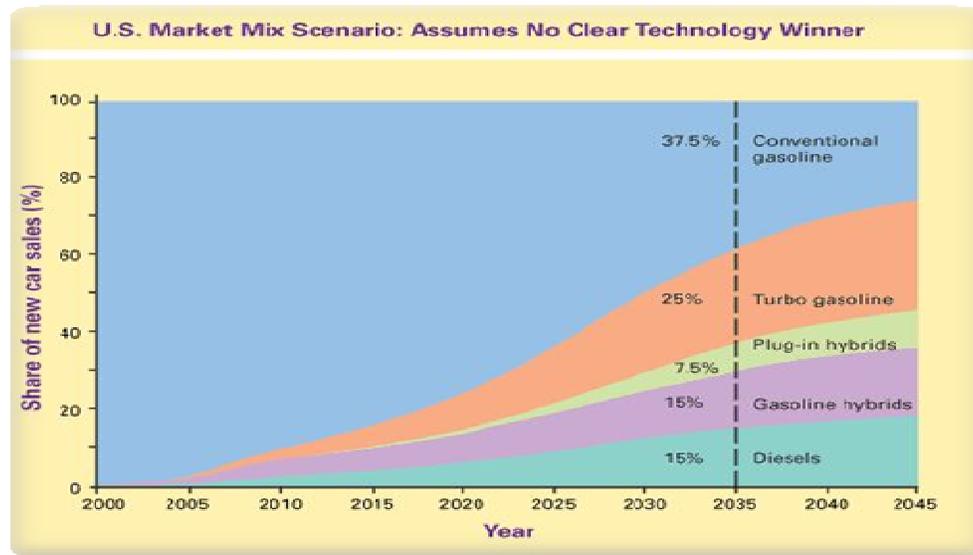
Tabla 57: Proyección de ventas vehículos livianos

Año	Ventas Veh. Livianos
2010	289.280
2015	345.617
2020	424.555
2025	541.852
2030	691.555

Fuente: PROGEA (2011)

- Penetración. La penetración de las distintas tecnologías de vehículos se considera tomando una aproximación al mercado americano retrasado en 5 años, según el estudio MIT (2008). Ello es consecuente con el ingreso de tecnologías convencionales (EURO y EPA) que llegan al país con un retraso similar. La fuente original se aprecia en la siguiente figura y la adaptación a Chile en el cuadro siguiente.
- En el caso de vehículos eléctricos, en LB no se considera venta de estos vehículos en el horizonte 2030.

Figura 11: Participación de mercado de tecnologías de vehículos en EE. UU.



Fuente: Evaluating the Impact of Advanced Vehicle and Fuel Technologies in U.S. Light-Duty Vehicle Fleet, MIT 2008



Tabla 58: Penetración de Vehículos Híbridos y Eléctricos en las ventas nacionales

Año	Híbridos	Plug-In	Eléctricos
2010	0,05%	0,00%	0,00%
2015	1,50%	0,03%	0,00%
2020	5,50%	0,50%	0,00%
2025	8,50%	1,50%	0,00%
2030	10,00%	2,50%	0,00%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de MIT (2008).

- Adicionalmente se incluye el beneficio tributario 2008-2010 sobre el permiso de circulación de vehículos híbridos según la ley 20.259 que especifica la devolución del valor del permiso de circulación por un periodo de hasta 4 años a los vehículos híbridos inscritos entre Marzo 2008 y Marzo 2010.

De esta forma, el escenario base presenta los siguientes resultados de venta de vehículos híbridos y eléctricos hasta el año 2030:

Tabla 59: Penetración de vehículos Híbridos y Eléctricos, LB.

Año	Parque		
	Híbridos	Plug in	Eléctrico
2010	149	-	-
2015	4.073	81	-
2020	14.934	1.358	-
2025	23.080	4.073	-
2030	27.154	6.788	-

Fuente: Elaboración propia

Elementos de costos

Se consideran costos en los siguientes ítems:

- Compra de vehículos más eficientes: Diferencial entre un vehículo híbrido (o eléctrico), y un vehículo convencional. Para un vehículo híbrido se considera la diferencia al año 2011 entre un modelo Honda Civic convencional y uno híbrido, este valor es M\$ 2.500 y se considera linealmente decreciente hasta llegar a cero el año 2030. Para el caso de vehículos híbridos plug-in y eléctricos, se considera que al año 2011 el valor de un vehículo con estas tecnologías es el doble del valor de la versión convencional (considerando como convencional a un vehículo equivalente al Honda Civic anteriormente usado). Se considera que al año 2030 el valor adicional por tecnologías híbridas plug-in y full eléctricas será de un 10%¹¹.

¹¹ Opinión experta Sr. Sebastián Tolvett, comentada y aprobada con los profesionales de ANAC.



- Instrumentos de fomento fiscal. Se calculó simplíficadamente el valor del permiso de circulación de un automóvil durante los primeros 4 años del pago de este. El valor de cada año corresponde al valor de compra del vehículo, por un factor equivalente al que generó los pagos del permiso de circulación los últimos 4 años para el modelo Honda Civic Hibryd (www.sii.cl).

La siguiente tabla muestra el valor del permiso de circulación del Modelo Honda Civic Hibryd 1.3, a un costo del vehículo de \$15.5 millones.

Tabla 60: Valor al año 2011 del permiso circulación, Honda Civic Hibryd 1.3.

Modelo	Permiso año 2011 (\$)	Factor
H. Civic Hibryd 2010	303.735	1,96%
H. Civic Hibryd 2009	244.935	1,58%
H. Civic Hibryd 2008	199.843	1,29%
H. Civic Hibryd 2007	174.943	1,13%

Fuente: Elaboración propia

- Reducción de consumos de combustible: De acuerdo a estudio CONAMA (2010) y opinión experta, la tecnología hibrida consume entre 15 y 19 Km/L, el valor considerado en los cálculos es de 19 Km/L.
- Se considera un consumo de 12 Km/L para vehículos convencionales y un nivel de actividad de 15.000 KM por año (CF FCFM, 2010). Ello considera el rendimiento de un Toyota Yaris que consume entre 10 y 12 km/L en ciudad, el cual es un buen representante del promedio de la flota.
- Se considera un rendimiento de 30Km/L para vehículos híbridos Plug in (NREL, 2007) en conjunto con apreciación de experto.
- Se considera un rendimiento de 4.4 Km/KWh para vehículos eléctricos, llegando a 5 Km/KWh al año 2030¹².
- Adicionalmente se considera que la eficiencia de los vehículos convencionales aumenta en 1,39% cada año, y la eficiencia de vehículos híbridos aumente en 1,69% cada año. (POCH 2009)
- Para calcular el gasto por consumo eléctrico de los vehículos híbridos plug-in, se consideró que el incremento del rendimiento de estos vehículos por sobre los híbridos “convencionales” es producto de la carga eléctrica en modo plug-in, este corresponde al 35%. Luego el 35% del nivel de actividad se realiza utilizando la carga eléctrica plug-in.
- Se considera un rendimiento eléctrico de los vehículos híbridos plug-in de 4.4 Km/KWh, llegando a 5Km/KWh al año 2030¹³. Este incremento es menor al 1.69% propuesto ya que el aumento total de eficiencia de esta tecnología es una

¹² US Environmental Protection Agency (EPA)
<http://www.fueleconomy.gov/feg/phevsbs.shtml#HEVEVPHEV>

¹³ IDEM



combinación del incremento de la eficiencia del motor de combustión y el motor eléctrico.

- Se consideró un costo de la electricidad constante de 100\$/KWh (datos de Chilectra, 2011).
- Se considera que el costo de la gasolina y el diesel se mantiene igual al precio actual (700 \$/litro para gasolina y 530 \$/litro para diesel) al año 2030, al no disponer de una mejor estimación¹⁴.

Luego, considerando los supuestos anteriores, se estiman los siguientes costos y ahorros producto del ingreso de estas tecnologías.

Tabla 61: Costos y ahorros por vehículos Híbridos y Eléctricos

Año	Inversión anual			Ahorro M\$
	Híbridos	Plug in	Eléctrico	
2010	372,500	-	-	- 201,020
2015	8,038,865	858,336	-	- 4,353,737
2020	19,650,559	10,125,397	-	- 22,525,889
2025	15,184,523	17,835,562	-	- 56,779,571
2030	-	8,824,887	-	- 100,417,430

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Subsector Transporte de Carga

La metodología utilizada para estimar a futuro el parque para este tipo de automóviles se ha extraído del informe "Modelo de Proyección de Demanda Energética Global Nacional de Largo Plazo" solicitado por la Comisión Nacional de Energía (2009) y considera supuestos similares a los de los vehículos livianos y medianos. En el cuadro siguiente se presenta la proyección del parque de camiones.

¹⁴ Opinión Sr. Raúl O`Ryan, Economista, Oficial de Medio Ambiente y Energía del PNUD.



Tabla 62: Proyección del parque de Camiones 2010 – 2030

Año	Parque de Camiones
2010	152.567
2011	155.930
2012	159.823
2013	163.844
2014	167.840
2015	171.933
2016	176.614
2017	181.177
2018	185.859
2019	190.661
2020	195.588
2021	201.090
2022	205.923
2023	210.820
2024	215.791
2025	220.844
2026	225.989
2027	231.230
2028	236.574
2029	242.027
2030	247.593

Fuente: Elaboración propia

Dado los datos históricos previamente enunciados, no es de extrañar que la proyección de camiones sea bastante monótona en términos de crecimiento, con una tasa que se mueve sólo entre un 3,0% y un 2,3% del 2010 en adelante. En total se espera que haya un crecimiento general del parque de un 65,7%.

Estimación de la proyección de consumo energético y gases de efecto invernadero

En el mismo estudio mencionado anteriormente se estimaron los consumos energéticos y las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte. En el cuadro siguiente se presenta un resumen de la evolución del sector.



Tabla 63: Proyección de consumo energético y gases de efecto invernadero

Año	Camiones (Ton Diesel)	Emisiones GEI Miles T CO2e
2007	1.611.153	5.136
2008	1.689.917	4.941
2009	1.715.853	5.018
2010	1.692.186	4.958
2011	1.734.238	5.081
2012	1.777.186	5.207
2013	1.821.223	5.336
2014	1.866.534	5.469
2015	1.915.387	5.612
2016	1.963.310	5.752
2017	2.010.796	5.892
2018	2.058.144	6.030
2019	2.105.603	6.169
2020	2.153.386	6.309

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que tanto el consumo de diesel como las emisiones de GEI tienen un crecimiento importante, 37% y 23%, respectivamente.

Supuestos de penetración o cobertura

Se tiene la siguiente clasificación del parque al año 2005, la que se redistribuye de acuerdo al parque 2010. Ello permite determinar el parque de aplicación de la medida de mejoras aerodinámicas y además permite obtener un parque para la aplicación de conducción eficiente y asistencia técnica.

Tabla 64: Caracterización parque camionero y empresas.

Tamaño de Flota [años]	Cant. de empresas	Cant. empresas (%)	Antigüedad promedio [años]	Cant. Camiones Ajuste parque 2010	Proporción	Proporción redistribuida
1	44.223	73,3%	15,3	49.767	33%	
2	9.051	15,0%	13,3	20.371	13%	20%
3	3.122	5,2%	11,8	10.540	7%	10%
4	1.377	2,3%	11	6.199	4%	6%
5	730	1,2%	10,2	4.108	3%	4%
6 a 10	1.159	1,9%	9,7	10.434	7%	10%
11 a 100	630	1,0%	7,6	38.994	26%	38%
Más de 100	54	0,1%	4	12.154	8%	12%
Total	60.346	100%	11,5	152.567	100%	100%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de MTT (2006)



Se asume que los camiones con potencial de instalar mejoras aerodinámicas son aquellos que a lo menos estarán 15 años más en funcionamiento. Suponiendo que la vida útil de un camión es de 28 años, el potencial máximo de camiones son aquellos que tienen una antigüedad igual o menor a 13 años. Por lo que el primer filtro a la penetración (antigüedad) indica un parque de acción de 67%.

Se asume que la medida sólo se aplicará a camiones de uso interurbano, dado que las velocidades alcanzadas permiten un mejor aprovechamiento de las características aerodinámicas, de modo que el parque de aplicación es de 31,8%, de acuerdo a supuesto considerado en el estudio POCH (2009).

Además, se asume que un 15% de los camiones ya incorpora de fábrica estas medidas, (POCH, 2009). Con esta información y considerando que para que exista un 15% de camiones con equipamiento, durante los últimos años debió ingresar un porcentaje mayor a este valor de vehículos con medidas incorporadas, se asume que el año 2011 el 30% de los vehículos nuevos ya poseían medidas aerodinámicas aumentando cada año en 2% dicha cifra.

El parque de aplicación queda ajustado a la cantidad de camiones del parque que pueden incorporar la medida, esto está compuesto por los filtros porcentuales mencionados en los párrafos anteriores, pero antes se descuentan los camiones con equipamiento aerodinámico, esto es: los camiones con equipamiento antes del 2010 más los camiones que han adoptado la medida entre 2010 y el año de evaluación, más las ventas de camiones con equipamiento incorporado entre el 2010 y el año de evaluación

Luego, el siguiente cuadro muestra el parque sobre el cual es posible aplicar la medida de equipamiento aerodinámico en camiones.

Tabla 65: Proyección del Parque de Camiones

Año	Parque total	Parque de aplicación
2010	152.567	27.630
2020	195.588	26.411
2030	247.593	14.815

Fuente: Elaboración propia

Se asume una penetración de 100% sobre las flotas de tamaño superior (sobre 10 camiones), lo que equivale al 50% del parque de aplicación.

Se cuenta con los siguientes niveles de actividad e índices de consumo de combustible:



Tabla 66: Niveles de actividad y rendimiento de buses y camiones.

Camiones		
Nivel de actividad	55.000	Km/año
Rendimiento	2,1	Km/Lt
Buses Transantiago		
Nivel de actividad	65.000	Km/año
Rendimiento	1,71	Km/Lt
Buses interurbanos		
Nivel de actividad	45.000	Km/año
Rendimiento	2,73	Km/L

Fuente: PROGEA (2011), Información empírica entregada por la Agrupación Gremial del Transporte de Chile (AGT).

La proporción de reducción generada por los programas de conducción eficiente y Asistencia Técnica (AT), que permiten cuantificar el ahorro de combustible, son los siguientes:

Tabla 67: % Reducción de consumo de combustible por capacitación o AT

% Reducción		Fuente
CE	4%	POCH (2009)
AT	11%	CIMA (2010)

Fuente: Elaboración propia

- El estudio del PRIEN (2010) indica para el programa de capacitación en conducción eficiente un 17% de penetración (12% voluntario + 5% por efecto de publicidad) al 2020. Asumiendo posteriormente un crecimiento menor de la intensidad que en el periodo 2010-2020 (50% menor), se llega a una penetración acumulada de 25,5% (PRIEN, 2010). La cifra anterior será ajustada para los cálculos de este estudio por cuanto se considera que es un escenario optimista. Por tanto, se asume un crecimiento al año 2030 de 20%. Luego la penetración se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 68: Penetración por capacitación PNAEE 2010-2020 ajustada.

Año	%	Fuente	Ajuste
2020	17%	PNAEE 2010-2020	13,34%
2030	25,5%	PNAEE 2010-2020	20%

Fuente: Elaboración propia

Asistencia técnica

La asistencia técnica se refiere a implementar medidas que permitan disminuir el consumo de combustibles y mejorar la gestión energética en el sector, Estas pueden ser la capacitación en conducción eficiente, implementación de sistemas de gestión de flota, control de emisiones, monitoreo de sistemas, entre otras.



En el caso de Asistencia Técnica en empresas de transporte de carga, se considera que el parque de aplicación factible de la medida son las empresas con 6 ó más camiones. Se excluyen las empresas con más de 100 camiones ya que se considera que éstas ya han incorporado las medidas de gestión de flota correspondientes. Por lo tanto, el parque de aplicación de la medida está constituido por 1.789 empresas que representan un 2.9% del total de las empresas, y un 34% del parque total de camiones.

Luego, la penetración de la medida considera un 50% de las empresas de entre 11 y 100 camiones, y un 20% para las empresas con 6 a 10 camiones. Ello corresponde a un total de 547 empresas.

En buses se asume una penetración de 10% sobre el parque de buses interurbanos en temas de capacitación y AT. Se considera además 2 conductores por cada bus y el parque de acuerdo a las proyecciones PROGEA (2009).

En el caso de Transantiago considerando las iniciativas llevadas a cabo por las empresas Alsacia, Subus y Express (operadoras de Transantiago), se proyecta un 50% de penetración de AT en el escenario base y un 100% en la medida. No se considera capacitación en este sector dado que a partir de las entrevistas concretadas con SUBUS, se pudo concluir que la capacitación en conducción eficiente no tiene un efecto real en las condiciones de conducción de los choferes, tanto por motivos de infraestructura vial, como por efectos de la infraestructura operacional del sistema. Esto se refiere a las prioridades que posee el conductor en circunstancias en que el sistema exige frecuencias específicas, tiempos específicos de destino, sumado a las inminentes presiones que sufren por parte de los pasajeros. El parque considerado en Transantiago fue constante de 6.400 buses (PROGEA, 2011) y 12 empresas según establecían los contratos iniciales del sistema.

El resumen de penetraciones y ahorros para la línea base de conducción eficiente y asistencia técnica se presenta a continuación:



Tabla 69: Resumen de penetraciones y ahorros por medidas de capacitación y asistencia técnica en modos de transporte, Línea Base

Año	Penetración capac. Camiones	Ahorro capac. Camiones M\$	Penetración AT Camiones	Ahorro AT camiones M\$	Penetración AT Transantiago	Ahorro AT Transantiago M\$
2010	-	-	-	-	-	-
2015	11.468	6,367,432	137	7,587,508	2	2,449,778
2020	26.091	14,486,961	273	15,175,015	3	3,674,667
2025	36.815	20,440,959	410	22,762,523	5	6,124,444
2030	49.519	27,494,666	547	30,350,031	6	7,349,333
Año	Penetración capac. Buses	Ahorro capac. Buses M\$	Penetración AT Buses	Ahorro AT Buses M\$		
2010	-	-	-	-		
2015	2.613	456,588	1	1,735,036		
2020	6.075	1,061,494	2	4,033,678		
2025	10.468	1,828,985	2	4,633,428		
2030	15.987	2,793,385	3	7,961,146		
* Ahorros acumulados en Miles de pesos						
**Penetración AT en cantidad de empresas						

Fuente: Elaboración propia

Elementos de costos

A continuación se presentan los distintos costos involucradas en posibles medidas relacionadas con este subsector.

Costos de inversión en medidas aerodinámicas¹⁵:

- Deflectores de Techo: £300, US\$ 480
- Carenados para Techo: £650, US\$ 1040
- Collares de Cabina y Carenado de Techo: £ 700, US\$ 1120
- Deflector para Parachoques: £ 250, US\$ 400
- Carenados Laterales: £ 350, US\$ 560
- Paneles Laterales para Tractores: £ 750, US\$ 1200
- Paneles Laterales para Trailers: £ 750-1700, US\$1200-2720
- Carenado Frontal para Container: £ 350, US\$ 560
- Visores Solares de Cabina: £ 200, US\$ 320
- Espejos Aerodinámicos: £ 100, US\$ 160

Para la implementación se considera la aplicación de packs de inversión de medidas de equipamiento aerodinámico. Se consideran los siguientes pack de inversión:

¹⁵Fuente: Última versión de guía FBP (2010). Se asume una tasa de cambio de 1.6 US\$/£



- A: US\$1.120, 60% de penetración, incluye sólo el equipo más costo-efectivo para cabina: Collares Carenado Techo cabina.
- B: US\$3.280, 30% de penetración, incluye equipamiento completo de cabina: Collares y Carenado Techo cabina, Deflector para parachoques, Carenado lateral y paneles laterales para tractores.
- C: US\$5.520-7.040, 10% de penetración, equipamiento completo cabina y tráiler: Pack B + Carenado frontal para container, Paneles laterales Tráiler, Visores solares para cabina, Espejos aerodinámicos.

La reducción de consumo de combustible para cada pack viene dada de acuerdo al siguiente cuadro.

Tabla 70: Reducción de consumo de diesel por incorporación de packs propuestos

Pack	% Reducción consumo
A	6,50%
B	8,40%
C	11,50%

Fuente: FBP (2007)

El precio del diesel se proyectó en estrecha relación con proyecciones del precio de la gasolina según el estudio CE FCFM (2010). Se consideró que la principal brecha entre los precios de ambos combustibles está dada por el impuesto específico que recae sobre la gasolina. Este gravamen es de 6 UTM para el caso de la gasolina y de 1,5 UTM para el Diesel, lo que genera una diferencia de aproximadamente \$170 por litro solamente por concepto de impuestos. Hecha la consideración que el precio de ambos combustibles está correlacionado con el precio del petróleo, se estima que el precio del diesel seguirá la trayectoria propuesta para el precio de la gasolina, menos el diferencial correspondiente al impuesto específico.

En el caso de las medidas de capacitación y/o asistencia técnica, se tienen los siguientes costos asociados:

- Costo capacitación: \$ 70.420 por conductor (Inacap, 2009).
- Costo equipo monitoreo de conducción: 58 UF por la adquisición del equipo (Deuman, 2009).
- Costo software asistencia técnica: correspondiente a software de planificación de rutas y de gestión de los datos de monitoreo: MM\$ 51,03 (Valor estimado de softwares RoadNet 5000 y Nilo) (Valores empíricos AGT)
- Costo de explotación y mantención de sistemas para asistencia técnica: MM\$ 3 brutos por mes, por empresa (Valores empíricos AGT)



3.6.3 Subsector METRO

Supuestos de penetración o cobertura

El escenario base contempla la repetición cada 5 años de un proyecto equivalente a la construcción anunciada por METRO de las líneas 3 y 6. A contar del año 2015 (año siguiente a la finalización de las obras L3 y L6).

Elementos de costos

Se consideran los siguientes ítems como elementos de costos de esta medida. Ellos corresponden a los costos típicos que se consideran en un proyecto de ampliación o de nueva línea de METRO:

- Desarrollo de estudios previos
- Inversión e infraestructura: Nuevas inversiones en líneas 3 y 6. Para definir la estructura temporal de estas inversiones se obtuvo un perfil anual de la distribución en el periodo de construcción y puesta en marcha, de la inversión en base al comportamiento de los proyectos Línea 4, extensión oriente Línea 1, y extensión Maipú Línea 5. Se utilizó el promedio anual de la proporción invertida en un periodo de 4 años (modificado respecto al de 5 años de la línea base) y se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla.

Tabla 71: Distribución promedio anual de una inversión tipo de METRO.

Distribución	%
% año 1	8,00%
% año 2	27,60%
% año 3	40,60%
% año 4	23,80%

Fuente: Elaboración propia

- Material Rodante. Se consideran las inversiones en material rodante presentadas en la línea base.

Tabla 72: Inversión nuevas líneas de METRO incluido Material Rodante.

Proyecto (Inc. Material Rodante)	Inversión MUS\$
Línea 3 de METRO, Vespucio Norte-Tobalaba	1.400.000
Línea 6 de METRO, Cerrillos-Las Condes	957.000

Fuente: Anuncios públicos METRO y reuniones SECTRA y MTT

- Operación General y Mantenimiento. Se evaluó el indicador de Operación y Mantenimiento por estación entre los años 2006-2010, considerando una equivalencia de un km por estación, y con los valores de las memorias 2005-2010. Se observó el efecto de la implementación de Transantiago en los primeros años



generando aumentos anuales en O&M por estación superiores al 30%, sin embargo estos crecimiento disminuyeron considerablemente en los periodos 2008 y 2009, y se transformaron en una disminución del gasto el año 2009. Este comportamiento refleja el impacto del Transantiago en las operaciones, luego este impacto es reducido y finalmente converge a un estándar de gastos de operación y mantenimiento. En base a esto se utilizó el valor de O&M del año 2010 como índice.

Tabla 73: O&M por estación, METRO, \$ del 2007.

O&M por estación M\$
1.725.301

Fuente: Memorias METRO 2006-2010

3.6.4 Promoción del transporte público y bicicletas

Supuestos de penetración o cobertura

1. Diseño y construcción de red de ciclovías con altos estándares nacionales. Se consideran 690 Km construidos en Santiago al año 2012 y posteriormente un crecimiento constante anual igual al crecimiento promedio entre 2005 y 2010 hasta llegar a 1.100 Km el año 2030 (PMCS, 2009 y opinión experta).

Tabla 74: Km de ciclovías construidas en Santiago.

Año	Km. Construidos
2010	397
2015	758
2020	872
2025	986
2030	1.100

Fuente: Elaboración propia

2. Diseño de estacionamientos de bicicletas.
 - En el caso de estacionamientos en estaciones de METRO, se mantiene la situación actual, sin nuevas inversiones planeadas en mediano plazo (nueve estacionamientos con un total de 280 cupos) de acuerdo a entrevista con la gerencia de sustentabilidad de METRO (Sr. Juan Carlos Figueroa).
 - En el caso de estacionamientos de superficie se incorporan los cicleros de jaula medianos y grandes propuestos en el estudio de TB consultores (2009), estos son 7 y 8 respectivamente y acumulan un total de 456 cupos.



Tabla 75: Estacionamientos de bicicletas construidos en Santiago.

Año	Estac. METRO	Estac. superficie
2010	9	-
2015	9	8
2020	9	10
2025	9	13
2030	9	15

Fuente: Elaboración propia

- Promoción del uso del transporte público.
 Considera implementar campañas publicitarias y de difusión asociadas a hitos en el desarrollo de la intermodalidad (incrementos en líneas de METRO, ciclovías, estacionamientos, etc.). Los hitos están definidos como resultados de los escenarios base y alternativo, a excepción de campaña para el fomento del uso de bicicletas el cual se define a continuación. Además considera la implementación de una campaña de fomento de uso de la bicicleta cada 5 años a contar del 2017.
- Construcción de trenes suburbanos
 Extrapolación cada 10 años de la inversión para la expansión de nuevas rutas pronosticadas al año 2016

Tabla 76: Gastos e inversiones por expansión de METRO.

Año	O&M anual M\$	Inv. Acumulada MR M\$	Inv. Acumulada Infraestructura M\$
2010	5.647.852	-	0
2020	10.040.626	13.696.222	173.365.500
2030	14.433.400	25.109.740	346.731.000

Fuente: Elaboración Propia.

Elementos de costos

Se consideran costos en los siguientes ítems:

- Red de ciclovías: Costo promedio por kilometro a construir M\$ 79.383, de acuerdo a la estimación del costo promedio por km de proyectos de ciclovías de La Serena, Ñuñoa, Providencia y Santiago, de acuerdo a APIA (2009) y GEF (2005).
- Estacionamientos de Bicicletas: Costo MM\$1.5 por cupo para estacionamientos METRO. Otras localizaciones según costos estudio TB Consultores.



Tabla 77: Costo por tipo de ciclero.

Costo Ciclero corta estadia M\$ por unidad	Costo Ciclero Jaula chica M\$(Capacidad 24)	Costo Ciclero Jaula Grande M\$(Capacidad 36)
50	8.300	12.000

3. Promoción transporte público

Se consideró una escala de gasto por tamaño de campaña de promoción y publicitarias. Los valores se obtuvieron de entrevistas con la Sra. Tamara Corales (ex PPEE) y Sra. Celia Iturra de Transantiago.

Tabla 78: Costo por tipo de campaña de promoción.

Campaña	Costo MM\$	Valor medio M\$
Chica	50-100	75.000
Mediana	300-500	400.000
Grande	700-	700.000

Fuente: Elaboración Propia

Estos costos están asociados a hitos que generan una campaña de promoción, los hitos considerados y sus dimensiones se detallan en el siguiente cuadro y son consecuencia del escenario de Línea Base.

Tabla 79: Costo por tipo de campaña de promoción y aplicaciones en LB.

Hito	Dimensión	N° de campañas	Costo unitario
Expansión METRO	Mediana	4	400.000
Campaña incentivo bicicleta	Chica	3	75.000
Expansión mayor ciclovías	Grande	1	700.000
Expansión Metrotren	Mediana	2	400.000
Estacionamientos METRO	Chica	0	75.000

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, en el cuadro siguiente se presenta la proyección de costos en este ítem.

Tabla 80: Gasto por campañas de promoción, LB.

Año	Gatos de promoción acumulado M\$
2010	0
2020	1.975.000
2030	3.325.000

Fuente: Elaboración Propia

4. Trenes Suburbanos

Metrotren es un servicio de tren suburbano operado por Trenes Metropolitanos S.A. (TMSA), filial de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE). Abarca una distancia de 133,8 km, entre Santiago y la ciudad de San Fernando, uniendo 13 comunas situadas al



sur de la capital nacional, ubicadas en las regiones Metropolitana de Santiago y de O'Higgins.

De acuerdo a la información presentada en la Memoria 2009 de Metrotren y considerando una extensión de 133.8 kilómetros de vías, se pueden obtener los siguientes valores:

Tabla 81: Costos e inversiones Metrotren

O&M por KM 2009 M\$	Costo tren UT- 440, UF	Trazado Padre Hurtado 19KM. MUS\$	Trazado Lampa 15KM. MUS\$
42.211	106.407	178.000	153.800

Fuente: Memoria Metrotren 2009

3.7 Medidas de mitigación propuestas para el sector transporte

Se han definido 5 medidas de mitigación en subsectores del transporte, los que apuntan a mejorar la eficiencia energética de los vehículos y flotas, al cambio modal del transporte privado hacia el transporte público y al cambio tecnológico hacia vehículos livianos y medianos más eficientes.

A continuación se describe cada una de las medidas, presentando sus supuestos y penetraciones por sobre la línea base y sus principales elementos de costos, además de las fuentes de información utilizadas. Al comienzo de cada medida se describirá la situación en línea base para hacer más sencilla la comparación entre ambos escenarios.

3.7.1 Medida 1. Cambio modal producto de la construcción de nuevos kilómetros de METRO

Línea Base

La línea base considera una cierta cantidad de kilómetros de METRO para las líneas 3 y 6, más una proyección de las mismas. La medida consistirá en agregar un adicional de kilómetros construidos por sobre esta LB.

3.7.1.1 Descripción medida

Esta medida corresponde a la construcción anual de un porcentaje adicional de kilómetros de METRO por sobre el escenario de referencia. La construcción de nuevos tramos de METRO produciría un traspaso de viajes realizados en vehículos livianos particulares hacia la red de METRO. Esta medida es aplicable sólo en Santiago.

Existe un estudio desarrollado por POCH para CONAMA llamado “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile en el sector energía” en donde se evalúa esta opción de mitigación y en el cual existe información disponible para la aplicación de esta medida.



3.7.1.2 Supuestos de penetración o cobertura

La medida considera el adelantamiento del periodo de inversión de proyectos similares a las líneas 3 y 6. De esta forma, a partir del término de la construcción de las líneas 3 y 6, cada 4 años (a diferencia de los 5 años de la línea base) se entregaría una obra similar a la de las líneas mencionadas.

3.7.1.3 Elementos de costos

Se consideran los mismos costos de la línea base.

3.7.1.4 Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

No se dispone de un modelo o estimaciones oficiales acerca de cuantas emisiones directas o indirectas de GEI podría reducir la implementación de un proyecto de METRO. Sin embargo, SECTRA posee algunos valores preliminares y que sirven de referencia para dicha estimación. El supuesto que se asume según estos valores de referencia es que un proyecto como la implementación de las líneas 3 y 6 al año 2015 reduce 51.598 toneladas de CO₂e en ese año. De acuerdo a ello, a continuación se construye el horizonte de emisiones de GEI relacionado a esta medida.



Tabla 82: Reducción de Emisiones de GEI para Situación Base y con Medida

Año	Reducción Base (T CO₂e)	Reducción Medida (T CO₂e)	Reducción Medida (T CO₂e)
2010	-	-	0
2011	-	-	0
2012	-	-	0
2013	-	-	0
2014	-	51.598	51598
2015	51.598	51.598	0
2016	51.598	51.598	0
2017	51.598	51.598	0
2018	51.598	103.196	51598
2019	51.598	103.196	51598
2020	103.196	103.196	0
2021	103.196	103.196	0
2022	103.196	154.794	51598
2023	103.196	154.794	51598
2024	103.196	154.794	51598
2025	154.794	154.794	0
2026	154.794	206.392	51598
2027	154.794	206.392	51598
2028	154.794	206.392	51598
2029	154.794	206.392	51598
2030	206.392	257.990	51598
Total	1.754.332	2.321.910	567.578

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro anterior se puede apreciar que existe una reducción producto de la implementación de la medida, equivalente a más de 500.000 toneladas de CO₂e en el período de evaluación.

3.7.1.5 Fuentes de información

- Memorias METRO de Santiago 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010.
- Reporte de sustentabilidad 2009, METRO de Santiago.
- Estudios de Análisis y desarrollo de la red de METRO, 2009, Fernández & De Cea Ingenieros Ltda.
- Inversiones para mejorar la calidad de vida en la ciudad, Presentación Rafael Bergoeing, Mayo 2010



3.7.2 Medida 2. Mejoras aerodinámicas en camiones

Línea Base

La línea base considera un parque de camiones creciente (aumento relacionado con el PIB nacional) con un gasto creciente en consumo de combustible. La medida considera la implementación de mejoras aerodinámicas en los camiones antiguos y los nuevos que ingresan al parque nacional.

3.7.2.1 Descripción medida

Implementación de tecnologías aerodinámicas en el parque actual de camiones y tractocamiones, específicamente mejoras aerodinámicas para el equipamiento de tractores y remolques.

Según los porcentajes de reducción de combustible y costos asociados, esta medida considera la instalación de las siguientes mejoras aerodinámicas: deflectores de techo, carenados para techo, collares de cabina y carenado de techo conjuntamente, carenado frontal para container y visores solares de cabina.

Existe un estudio desarrollado por POCH para CONAMA y CNE llamado “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile en el sector energía” en donde se evalúa esta opción de mitigación, por lo que existe información disponible para la aplicación de esta medida en el escenario de referencia.

3.7.2.2 Supuestos de penetración o cobertura

- Penetración: 20% adicional por sobre penetración de LB. Esta cifra fue validado con la contraparte de acuerdo a los antecedentes disponibles, la información histórica y la factibilidad de implementación, por tanto corresponde a un consenso para efectos de este estudio, y no corresponde a cifras o datos determinados a partir de fuentes oficiales o estudios de la contraparte. Precisar estas cifras es materia de análisis que están fuera del alcance de este estudio.
- La siguiente tabla muestra las penetraciones acumulada y anuales de la medida:

Tabla 83: Penetración anual y acumulada de equipos aerodinámicos.

Año	Penetración acumulada	Penetración al año
2010	0	-
2015	12.836	4.266
2020	44.686	7.519
2025	86.152	8.460
2030	125.491	7.258

Fuente: Elaboración propia



En la siguiente figura se puede observar la comparación entre las penetraciones anuales de la línea base y la medida:

Figura 12 : Comparación de las penetraciones anuales, ambos escenarios.



Fuente: Elaboración propia

3.7.2.3 Elementos de costos

Se consideran los mismos costos que la línea base:

Junto con esta información, se considera un nivel de actividad de 55.000 Km/año (de acuerdo a PROGEA (2011) y SECTRA (2010)), y un rendimiento de 2,1Km/Lt en promedio (información empírica de empresarios de AGT), es posible calcular los ahorros anuales en combustible por la incorporación de equipo aerodinámico en las flotas. Los ahorros por consumo de combustibles son los siguientes:

Tabla 84: Ahorro anual de combustible por medida.

Año	Ahorro anual (2009)M\$
2010	-
2015	13,488,147
2020	46,955,685
2025	90,526,982
2030	131,863,936

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.4 Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

De acuerdo a los ahorros de combustible conseguidos a partir de la implementación de la medida es posible estimar la reducción de GEI que ella implica. Para ello se utiliza el factor



de emisión del diesel que equivale a 2,601 T CO₂/m³. A continuación se presenta el resultado de la reducción de emisiones en el período de evaluación.

Año	Reducción Emisiones GEI T CO₂e
2010	-
2011	723
2012	2.176
2013	4.341
2014	7.169
2015	10.591
2016	14.522
2017	18.847
2018	23.442
2019	28.172
2020	32.897
2021	37.491
2022	41.800
2023	45.702
2024	49.091
2025	51.877
2026	53.995
2027	55.400
2028	56.071
2029	56.009
2030	55.236
Total	645.552

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se puede apreciar que existe una reducción producto de la implementación de la medida, equivalente a casi 650.000 toneladas de CO₂e en el período de evaluación.

3.7.3 Medida 3. Conducción eficiente (Ecodriving) y asistencia técnica en camiones y buses

Línea Base

Al igual que en la medida anterior, la línea base considera un parque de camiones creciente, con un gasto creciente en consumo de combustible. La medida considera la implementación



de medidas de conducción eficiente para choferes y mejoras en la gestión de flota de las empresas, a través de la Asistencia Técnica.

3.7.3.1 Descripción medida

La medida consiste en capacitar a los operadores de buses comerciales y flotas de camiones en mejores prácticas de conducción (EcoDriving), disminuyendo el consumo de combustible utilizado y por lo tanto disminuyendo las emisiones de CO₂ de los vehículos. Además se implementan medidas de Asistencia Técnica para mejorar la gestión de las flotas de las empresas de transporte.

Esta medida requiere fomentar la generación de información de consumo vehicular (monitoreo), la profesionalización y competitividad en el sector de transporte de carga y pasajeros y promover el uso de nuevas tecnologías vehiculares eficientes.

Esta medida incluye la incorporación de asistencia técnica (gestión de flota) en empresas de transporte de carga y en empresas de buses.

Existe un estudio desarrollado por POCH para CONAMA llamado “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile en el sector energía” en donde se evalúa esta opción de mitigación. Además, distintos estudios nacionales han desarrollado medición de emisiones GEI bajo conductas de conducción eficiente, por lo que existe información disponible para la aplicación de esta medida.

3.7.3.2 Supuestos de penetración o cobertura

- La medida consiste en aplicar el 20% de incremento por sobre la LB siempre y cuando no se haya especificado algo distinto previamente. Esta cifra fue validado con la contraparte de acuerdo a los antecedentes disponibles, la información histórica y la factibilidad de implementación, por tanto corresponde a un consenso para efectos de este estudio, y no corresponde a cifras o datos determinados a partir de fuentes oficiales o estudios de la contraparte. Precisar estas cifras es materia de análisis que están fuera del alcance de este estudio.

3.7.3.3 Elementos de costos

Se consideran los mismos costos de la línea base:

El resumen de penetraciones y ahorros para la línea base de conducción eficiente y asistencia técnica se presenta a continuación:



Tabla 85: Resumen de penetraciones y ahorros por medidas de capacitación y asistencia técnica en modos de transporte, Medida.

Año	Penetración capac. Camiones	Ahorro capac. camiones M\$	Penetración AT Camiones	Ahorro AT camiones M\$	Penetración AT Transantiago	Ahorro AT Transantiago M\$
2010	-	-	-	-	-	-
2015	11.468	7,640,919	137	9,105,009	2	3,674,667
2020	26.091	17,384,353	273	18,210,018	3	7,349,333
2025	36.815	24,529,151	410	27,315,027	5	11,024,000
2030	49.519	32,993,599	547	36,420,037	6	14,698,667
Año	Penetración capac. Buses	Ahorro capac. Buses M\$	Penetración AT Buses	Ahorro AT Buses M\$		
2010	-	-	-	-		
2015	2.613	913,177	1	3,470,071		
2020	6.075	2,122,988	2	6,050,517		
2025	10.468	3,657,969	2	11,583,569		
2030	15.987	5,586,769	3	15,922,292		
* Ahorros acumulados en Miles de pesos						
**Penetración AT en cantidad de empresas						

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.4 Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

De acuerdo a los ahorros de combustible conseguidos a partir de la implementación de la medida es posible estimar la reducción de GEI que ella implica. Para ello se utiliza el factor de emisión del diesel que equivale a 2,601 T CO₂/m³. A continuación se presenta el resultado de la reducción de emisiones en el período de evaluación.



Tabla 86: Reducción de Emisiones de GEI para cada acción

Año	Reducción emisiones Capacitación Camiones TCO₂e	Reducción emisiones AT Camiones TCO₂e	Reducción emisiones AT Transantiago TCO₂e	Reducción emisiones Capacitación Buses TCO₂e	Reducción emisiones AT Buses TCO₂e	Total Reducción TCO₂e
2010		-	-	-	-	-
2011	1.134	1.489	6.011	390	-	9.024
2012	2.324	2.979	-	807	7.667	13.777
2013	3.573	4.468	6.011	1.254	7.941	23.247
2014	4.881	5.958	6.011	1.731	-	18.581
2015	6.250	7.447	6.011	2.241	8.515	30.464
2016	7.704	8.937	12.022	2.778	8.796	40.236
2017	9.220	10.426	12.022	3.342	9.071	44.081
2018	10.809	11.916	18.034	3.935	9.345	54.038
2019	12.475	13.405	12.022	4.557	19.239	61.698
2020	14.219	14.894	18.034	5.209	9.898	62.254
2021	15.349	16.384	24.045	5.894	10.180	71.851
2022	16.465	17.873	18.034	6.611	20.936	79.919
2023	17.622	19.363	24.045	7.363	21.523	89.916
2024	18.821	20.852	24.045	8.151	22.124	93.993
2025	20.063	22.342	24.045	8.976	34.108	109.533
2026	21.351	23.831	30.056	9.839	35.053	120.130
2027	22.685	25.321	30.056	10.743	24.013	112.818
2028	24.068	26.810	36.067	11.688	24.674	123.307
2029	25.501	28.299	30.056	12.676	38.028	134.560
2030	26.986	29.789	36.067	13.709	39.070	145.621
Total	281.499	312.783	372.694	121.892	350.180	1.439.049

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se puede apreciar que existe una reducción producto de la implementación de la medida, equivalente a casi 1,5 millones de toneladas de CO₂e en el período de evaluación, con un aporte similar de cada uno de los modos y acciones desarrolladas, excepto capacitación en conducción eficiente en buses interurbanos, en que se logra una reducción menor al resto.



3.7.4 Medida 4. Cambio tecnológico en vehículos livianos y medianos

Línea Base

La línea base considera una penetración creciente de vehículos híbridos y Plug-in en las ventas de vehículos livianos, sin evaluar la incorporación de autos completamente eléctricos.

La medida consiste en mayores penetraciones y la inclusión de vehículos eléctricos.

3.7.4.1 Descripción medida

Esta medida implica la sustitución de los vehículos ineficientes del parque de vehículos motorizados por vehículos más eficientes sin disminuir la capacidad de transporte.

La sustitución del uso de vehículos menos eficientes por los de mayor eficiencia existentes se traduce en un aumento de la eficiencia global del parque. Los vehículos menos eficientes deberían ser utilizados para cubrir demandas de transporte ocasionales.

3.7.4.2 Supuestos de penetración o cobertura

- Parque: Se asume que el parque aumenta de la misma forma que en la LB.
- Penetración: Respecto a la penetración, se considera una aproximación al mercado americano sin desfase en los años de entrada de las nuevas tecnologías, según como se presenta en McKinsey (2009) y MIT (2008).

Tabla 87: Penetración de Vehículos Híbridos y Eléctricos en las ventas nacionales

Penetración	Medida		
	Híbridos	Plug-In	Eléctrico
Año			
2010	0,05%	0,00%	0,00%
2015	5,00%	0,03%	0,00%
2020	8,50%	1,50%	0,03%
2025	10,00%	2,50%	0,52%
2030	12,50%	5,00%	1,00%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de McKinsey (2009) y MIT (2008).

Adicionalmente, se incluye el uso de un instrumento de fomento a la compra por unidad adquirida durante los primeros 3 años de la comercialización de nuevas tecnologías que ingresen al país (Híbrido plug-in y Vehículos eléctricos a batería). Es decir, el primer año de comercialización de la tecnología plug-in, comienza un subsidio aplicado a las ventas de estos vehículos durante 3 años. Esta misma situación se repite cuando comienza la comercialización de vehículos eléctricos.

Las condiciones consideradas son las mismas que consideró el subsidio a los vehículos híbridos en Chile, durante el periodo 2007-2010.



De acuerdo a lo anterior, en el cuadro siguiente se presenta la proyección de ventas de nuevos vehículos eficientes.

Tabla 88: Penetración de vehículos Híbridos y Eléctricos, Medida.

Año	Parque		
	Híbridos	Plug in	Eléctrico
2010	149	-	-
2015	13.577	81	-
2020	23.080	4.073	81
2025	27.154	6.788	1.398
2030	33.942	13.577	2.715

Fuente: Elaboración propia

3.7.4.3 Elementos de costos

Se consideran los mismos costos de la línea base:

Tabla 89: Costos y ahorros por vehículos Híbridos y Eléctricos

Año	Costo anual M\$			Ahorro M\$
	Híbridos	Plug in	Eléctrico	
2010	372,500	-	-	- 201,020
2015	26,796,217	858,336	-	- 13,775,618
2020	30,369,046	30,376,192	607,524	- 48,448,810
2025	17,864,145	29,725,937	6,123,543	- 96,951,298
2030	-	17,649,775	3,529,955	- 159,937,728

Fuente: Elaboración propia

3.7.4.4 Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

De acuerdo a los ahorros de combustible conseguidos a partir de la implementación de la medida es posible estimar la reducción de GEI que ella implica. Para ello se utiliza el factor de emisión de la gasolina que equivale a 2,16 T CO₂/m³. En el caso de los vehículos eléctricos este depende del factor de emisión de la generación del sistema en que se recargan las baterías, el cual es variable en el tiempo. Se supone que la mayor parte de los vehículos operarán en el SIC, por lo que a continuación se presenta el factor de emisión estimado en PROGEA (2011) para este período. Esta evolución se basa en el Plan de Obras vigente de la CNE. Posterior al año 2020 se ha supuesto que los requerimientos eléctricos se abastecen con centrales a carbón, lo que “ensucia” la matriz eléctrica del país. También se realiza una estimación más optimista del FE, que considera que se mantiene el valor estimado para el año 2020.



Tabla 90: Factor de Emisión Eléctrico Sistema Interconectado Central 2010 – 2030

Año	FE SIC (tCO2/MWh)	Año	FE SIC (tCO2/MWh)
2010	0,45		
2011	0,53	2021	0,47
2012	0,56	2022	0,52
2013	0,54	2023	0,56
2014	0,56	2024	0,60
2015	0,62	2025	0,62
2016	0,61	2026	0,72
2017	0,65	2027	0,78
2018	0,60	2028	0,82
2019	0,63	2029	0,87
2020	0,49	2030	0,92

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta el resultado de la reducción de emisiones en el período de evaluación.

Tabla 91: Reducción de Emisiones de GEI vehículos híbridos, plug-in y eléctricos 2010 – 2030 (FE pesimista)

	Reducción Emisiones Híbridos	Reducción Emisiones Híbridos PI	Reducción Emisiones Eléctricos	Aumento Emisiones Eléctricas Híbr. PI	Aumento Emisiones Eléctricos	Reducción Neta Híbr. PI y Eléctricos	Reducción Total Emisiones
2010	-	-	-	-	-	-	-
2011	1.874	-	-	-	-	-	1.874
2012	5.573	-	-	-	-	-	5.573
2013	11.049	-	-	-	-	-	11.049
2014	18.252	-	-	-	-	-	18.252
2015	27.135	-	-	-	-	-	27.135
2016	35.601	819	-	384	-	435	36.037
2017	43.659	2.429	-	1.216	-	1.213	44.872
2018	51.316	4.800	-	2.218	-	2.583	53.899
2019	58.581	7.906	-	3.899	-	4.007	62.588
2020	65.461	11.718	192	4.464	128	7.318	72.779
2021	71.474	15.439	989	5.726	642	10.059	81.533
2022	76.642	19.069	2.367	7.872	1.714	11.851	88.493
2023	80.986	22.612	4.301	10.128	3.386	13.399	94.385
2024	84.527	26.067	6.768	12.477	5.704	14.654	99.181
2025	87.285	29.436	9.745	14.640	8.549	15.992	103.278



	Reducción Emisiones Híbridos	Reducción Emisiones Híbridos PI	Reducción Emisiones Eléctricos	Aumento Emisiones Eléctricas Hibr. PI	Aumento Emisiones Eléctricos	Reducción Neta Hibr. PI y Eléctricos	Reducción Total Emisiones
2026	90.449	33.812	13.209	19.690	13.592	13.739	104.188
2027	94.008	39.157	17.139	24.611	19.070	12.614	106.622
2028	97.947	45.434	21.513	30.504	25.615	10.827	108.775
2029	102.256	52.608	26.311	37.461	33.286	8.172	110.428
2030	106.923	60.643	31.513	45.711	42.278	4.166	111.089
Total	1.211.000	371.948	134.046	221.001	153.964	131.029	1.342.029

Fuente: Elaboración propia



Tabla 92: Reducción de Emisiones de GEI vehículos híbridos, plug-in y eléctricos 2010 – 2030 (FE optimista)

	Reducción Emisiones Híbridos	Reducción Emisiones Híbridos PI	Reducción Emisiones Eléctricos	Aumento Emisiones Eléctricas Hibr. PI	Aumento Emisiones Eléctricos	Reducción Neta Hibr. PI y Eléctricos	Reducción Total Emisiones
2010	-	-	-	-	-	-	-
2011	1.874	-	-	-	-	-	1.874
2012	5.573	-	-	-	-	-	5.573
2013	11.049	-	-	-	-	-	11.049
2014	18.252	-	-	-	-	-	18.252
2015	27.135	-	-	-	-	-	27.135
2016	35.601	819	-	384	-	435	36.037
2017	43.659	2.429	-	1.216	-	1.213	44.872
2018	51.316	4.800	-	2.218	-	2.583	53.899
2019	58.581	7.906	-	3.899	-	4.007	62.588
2020	65.461	11.718	192	4.464	128	7.318	72.779
2021	71.474	15.439	989	5.482	615	10.331	81.805
2022	76.642	19.069	2.367	6.807	1.482	13.147	89.789
2023	80.986	22.612	4.301	8.114	2.712	16.086	97.072
2024	84.527	26.067	6.768	9.403	4.299	19.133	103.660
2025	87.285	29.436	9.745	10.674	6.233	22.275	109.560
2026	90.449	33.812	13.209	12.324	8.507	26.190	116.639
2027	94.008	39.157	17.139	14.345	11.115	30.836	124.843
2028	97.947	45.434	21.513	16.729	14.048	36.170	134.117
2029	102.256	52.608	26.311	19.468	17.299	42.151	144.408
2030	106.923	60.643	31.513	22.554	20.860	48.742	155.664
Total	1.211.000	371.948	134.046	138.080	87.297	280.616	1.491.616

Fuente: Elaboración propia

De los cuadros anteriores se aprecia que es posible conseguir reducciones de GEI entre 1,3 y 1,5 millones de toneladas entre el caso optimista y el pesimista. Cabe hacer notar que al año 2030 en el caso optimista se consigue una reducción de 45.000 toneladas de CO₂ mediante el uso de autos eléctricos, pero en el caso pesimista en que se carboniza la matriz eléctrica se consigue un aumento de las emisiones de 20.000 toneladas de CO₂.



3.7.5 Medida 5 Fomento al cambio de la partición modal sostenible

Línea Base

La línea base considera el cambio modal del transporte privado, hacia los modos del transporte público y modos no motorizados. La medida es un escenario que amplifica este efecto.

3.7.5.1 Descripción medida

Esta medida tiene como objetivo fomentar el cambio modal del transporte privado, hacia los modos del transporte público y modos no motorizados para avanzar hacia un sistema de transporte sostenible, mediante la elaboración de medidas que contribuyan a la eficiencia del sistema y permitan reducciones de las emisiones de CO₂.

Este programa considera la realización de las siguientes medidas:

1. Diseño y construcción de red de ciclovías con altos estándares nacionales.
2. Diseño de estacionamientos de bicicletas en estaciones multimodales.
3. Diseño y construcción de estacionamientos subterráneos en el sistema de METRO y en las estaciones intermodales.
4. Campañas de promoción al cambio modal.
5. Construcción de tranvías.
6. Construcción de trenes suburbanos

3.7.5.2 Supuestos de penetración o cobertura

- Diseño y construcción de red de ciclovías con altos estándares nacionales. Se considera un 10% de crecimiento adicional al base. Esta cifra fue validado con la contraparte de acuerdo a los antecedentes disponibles, la información histórica y la factibilidad de implementación, por tanto corresponde a un consenso para efectos de este estudio, y no corresponde a cifras o datos determinados a partir de fuentes oficiales o estudios de la contraparte. Precisar estas cifras es materia de análisis que están fuera del alcance de este estudio.

Tabla 93: Km de ciclovías construidas en Santiago.

Año	Km. Construidos
2010	397
2015	765
2020	890
2025	1.015
2030	1.140

Fuente: Elaboración propia

1. Diseño de estacionamientos de bicicletas.
 - En el caso de estacionamientos de superficie se incorporan los cicleros de jaula medianos y grandes propuestos en el estudio AEN (2009), de acuerdo a la



inversión explicitada en el mismo. Se construirán 88 jaulas, si se dividen equitativamente entre jaulas medianas y grandes, el total de cupos disponibles es de 2640.

- En el caso de estacionamientos en estaciones de METRO, dada las pocas expectativas de la gerencia de sustentabilidad de la empresa (entrevista con el Sr. Juan Carlos Figueroa), se supondrá un aumento moderado proporcional al aumento de las estaciones de METRO. En consecuencia, cada nueva incorporación del par de líneas adicionales en METRO incluirá la construcción de 4 nuevas estaciones de Bicimetro.

Tabla 94: Estacionamientos a ser construidos en Santiago.

Año	Estac. METRO	Estac. superficie
2010	9	-
2015	13	44
2020	17	58
2025	21	74
2030	25	88

Fuente: Elaboración propia

2. Campañas de promoción al cambio modal.

Considera implementar campañas publicitarias y de difusión asociadas a hitos en el desarrollo de la intermodalidad (incrementos en líneas de METRO, ciclovías, estacionamientos, etc.). Los hitos están definidos como resultados de los escenarios base y alternativo, a excepción de campaña para el fomento del uso de bicicletas el cual se define a continuación. Además considera la implementación de una campaña de fomento de uso de la bicicleta cada 3 años a contar del 2015.

Tabla 95: Gasto por campañas de promoción, Medida.

Año	Gatos de promoción acumulado M\$
2010	0
2020	2.050.000
2030	3.950.000

Fuente: Elaboración propia

3. Construcción de tranvía

Se considera la ejecución del proyecto de Tranvía Las Condes que está siendo impulsado por la Municipalidad sobre la base de una propuesta de la empresa ALSTOM¹⁶. Este proyecto contempla la creación de un sistema de tranvía para la comuna de Las Condes. El trazado comenzaría en el Parque Araucano y terminaría en Plaza San Enrique totalizando unos 10 Km de longitud. Se proyecta la

¹⁶ ALSTOM es una compañía que se dedica a la infraestructura para la generación y transmisión de energía eléctrica y transporte ferroviario (<http://www.alstom.cl/>).



implementación de un trazado piloto para el año 2012, y el trazado completo para el año 2014.

4. Construcción de trenes suburbanos
Se considera el adelantamiento del periodo de inversión de 10 a 7 años con respecto a lo definido en la línea base.

Tabla 96: Gastos e inversiones por expansión de METRO.

Año	O&M anual M\$	Inv. Acumulada MR M\$	Inv. Acumulada Infraestructura M\$
2010	5.647.852	-	0
2020	10.040.626	13.696.222	173.365.500
2030	18.826.173	34.240.554	520.096.500

Fuente: Elaboración propia

3.7.5.3 Elementos de costos

Se consideran los costos unitarios de los siguientes ítems:

1. Red de ciclovías (\$/Km construido): Igual a Línea Base
2. Estacionamientos de Bicicletas (\$/Estacionamiento): Igual a Línea Base
3. Campañas de promoción al cambio modal (\$/Campaña): Igual a Línea Base
4. Tranvía: 7.2 MMUF correspondiente a la inversión en infraestructura (ALSTOM).
El estudio no especifica si incluye material rodante ni los costos de operación. De acuerdo a cifras obtenidas en promedio en el sistema de tranvías de Melbourne, Australia, el costo de O&M es de MUS\$840 por Km-año, VAGO (2005), y el largo del proyecto de Las Condes es de 10 Km.
5. Trenes Suburbanos: Igual a Línea Base

3.7.5.4 Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

No se dispone de información de base o herramientas validadas para estimar reducciones de emisiones de GEI asociadas al tipo de acciones consideradas en esta medida.

3.8 Resultados

Dado que el sector transporte es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero, la implementación de medidas de mitigación como las que se proponen en este estudio es clave para la sustentabilidad del sistema y para cumplir con los compromisos respecto a cambio climático que está adquiriendo el país.



Preliminarmente, se ha estimado una reducción de 301 mil toneladas de CO₂ en el año 2025 debida a la implementación de las 4 medidas que han sido factibles de ser evaluadas (303 mil en el caso optimista de matriz eléctrica). Ello se desagrega a continuación y se grafica en la siguiente figura que presenta la curva de abatimiento de estas medidas.

Medida	Valor US\$/TCO ₂	Potencial año 2025 (T CO ₂ e)
Metro	4016	51.598
Vehículos Eléctricos	221	3.127
Capacitación buses	-257	8.976
Capacitación camiones	-310	20.063
Vehículos Híbridos	-361	87.285
Equipamiento Aerodinámico	-361	51.877
AT camiones	-399	22.342
AT Transantiago	-399	24.045
AT Buses Interurbanos	-399	34.108
Total		303.421

Fuente: Elaboración propia

Nota: FE Matriz eléctrica 0,48 TCO₂/MWh

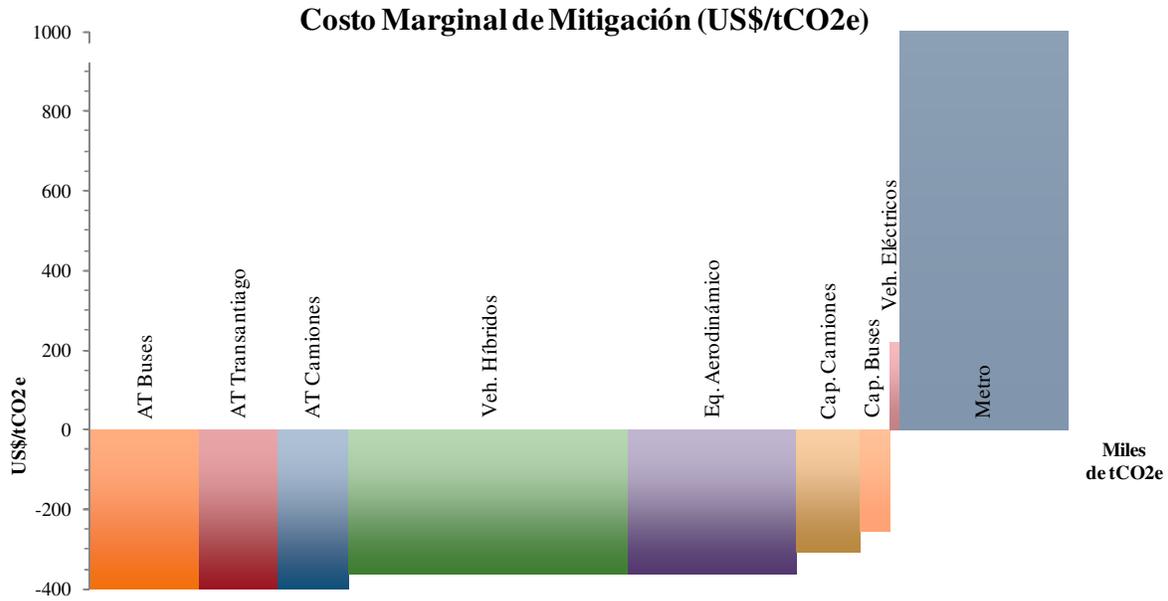
Medida	Valor US\$/TCO ₂	Potencial año 2025 (T CO ₂ e)
Metro	4016	51.598
Vehículos Eléctricos	577	1.196
Capacitación buses	-257	8.976
Capacitación camiones	-310	20.063
Vehículos Híbridos	-361	87.285
Equipamiento Aerodinámico	-361	51.877
AT camiones	-399	22.342
AT Transantiago	-399	24.045
AT Buses Interurbanos	-399	34.108
Total		301.490

Fuente: Elaboración propia

Nota: FE Matriz eléctrica 0,62 TCO₂/MWh



Figura 13 : Comparación de las penetraciones anuales, ambos escenarios.



Fuente: Elaboración propia

Nota: FE Matriz eléctrica 0,48 TCO₂/MWh

Por otro lado, a continuación se presentan los principales resultados de los flujos financieros y sus implicancias respecto a inversiones prioritarias, políticas públicas relacionadas y barreras a la implementación e incertidumbres y limitaciones metodológicas.

3.8.1 Presentación de FI & FF Adicionales

En los cuadros siguientes se presenta el resultado resumido de los flujos de inversión, flujos de financiamiento y Operación & Mantenimiento adicionales acumulados y adicionales anuales, para el período 2007-2030.



Tabla 97: FI, FF y OyM adicionales acumulados, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI, FF y OyM adicionales acumulados (2007-2030) (M US\$ 2007)																			
		Cambio Tecnológico			Ecodriving			Expansión Metro			Fomento al cambio de la partición Modal			Mejoras Aerodinámicas			Total				
		ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM		
Gobierno	Nacional	8.335	-	-	-	-	-	-	-	1.964.434	799.087	1.174	614.669	172.498	-	-	9.509	2.579.103	971.585		
Privados	Nacional	-	-	-	20.782	49.395	-	903.577	-	-	-	-	-	-	23.446	-	442.996	20.782	72.840	-	1.346.573
Hogares	Nacional	-	726.197	-	1.656.926	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	726.197	-	1.656.926
Total general		8.335	726.197	-	1.656.926	20.782	49.395	-	903.577	1.964.434	799.087	1.174	614.669	172.498	23.446	-	442.996	30.291	3.378.140	-	2.031.914

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Tabla 98: FI, FF y OyM adicionales anuales, 2007-2030

Año	FI, FF y OyM adicionales anuales (M US\$ 2007)																	
	Cambio Tecnológico			Ecodriving			Expansión Metro			Fomento al cambio de la partición Modal			Mejoras Aerodinámicas			Total		
	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	8.260	-1.190	607	1.975	-3.273	0	0	0	58.701	1.708	307	-292	607	69.243	-3.048		
2012	0	15.651	-3.683	649	1.967	-5.124	0	0	0	251	1.708	617	-927	649	18.485	-8.026		
2013	0	22.172	-7.589	694	2.140	-9.287	0	0	0	115.625	1.708	919	-1.943	694	140.855	-17.111		
2014	0	27.823	-13.013	740	2.048	-7.236	0	72.644	0	115.609	1.708	1.201	-3.365	740	146.681	50.738		
2015	65	32.605	-20.054	789	2.315	-13.098	179.906	0	141	647	8.445	1.453	-5.200	995	216.926	-29.907		
2016	744	38.928	-27.866	832	2.418	-18.392	436.511	0	0	384	8.445	1.668	-7.445	1.576	479.909	-45.258		
2017	1.886	44.212	-36.465	874	2.414	-20.948	264.948	0	-141	399	8.445	1.836	-10.070	2.619	313.809	-59.039		
2018	1.529	48.457	-45.864	918	2.597	-27.064	-417.700	72.644	141	384	8.445	1.950	-13.033	2.588	-364.312	-4.871		
2019	1.244	51.664	-56.073	963	2.606	-32.289	-381.901	72.644	751	647	8.445	2.008	-16.273	2.958	-324.976	-23.546		
2020	798	54.889	-67.221	1.010	2.708	-33.589	624.234	0	-751	384	8.445	2.006	-19.715	1.056	684.221	-112.081		
2021	283	51.488	-78.465	1.028	2.346	-40.522	728.581	0	141	399	8.445	1.950	-23.280	1.452	784.764	-133.821		
2022	634	47.896	-89.776	1.074	2.289	-46.893	-112.941	72.644	-141	384	8.445	1.829	-26.861	1.567	-60.544	-82.441		
2023	516	44.112	-101.130	1.125	2.453	-54.890	-776.208	72.644	1.502	321.858	16.081	1.656	-30.359	3.143	-406.128	-97.654		
2024	403	40.137	-112.501	1.178	2.444	-59.264	62.427	72.644	141	368	16.081	1.438	-33.673	1.722	106.815	-116.713		
2025	233	35.971	-123.861	1.233	2.615	-71.921	916.303	0	-751	399	16.081	1.183	-36.708	716	956.471	-216.410		
2026	0	38.184	-137.505	1.291	2.700	-81.646	350.692	72.644	-751	-320.812	8.445	899	-39.377	539	71.662	-177.438		
2027	0	37.842	-153.508	1.350	2.611	-78.394	-471.449	72.644	751	662	8.445	596	-41.601	2.101	-429.738	-192.413		
2028	0	34.943	-171.941	1.411	2.880	-88.566	-331.880	72.644	0	368	8.445	285	-43.320	1.411	-293.405	-222.737		
2029	0	29.487	-192.869	1.475	2.886	-99.805	354.496	72.644	0	399	8.445	-26	-44.485	1.475	387.243	-256.070		
2030	0	21.476	-216.352	1.541	2.984	-111.374	538.414	72.644	141	317.612	16.081	-328	-45.068	1.682	880.158	-284.068		
Total General	8.335	726.197	-1.656.926	20.782	49.395	-903.577	1.964.434	799.087	1.174	614.669	172.498	23.446	-442.996	30.291	3.378.140	-2.031.914		

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



3.8.2 Descripción de resultados

Como se observa en los cuadros anteriores, los FI adicionales acumulados en el período 2007 – 2030 corresponden a US\$3.378 millones, que equivalen a un incremento del 26% respecto a la línea base en el mismo período. El gobierno aporta con un 76% del incremento, los hogares con un 22% y los privados con el restante 2%.

En el caso de la expansión del METRO, este concentra las inversiones (FI adicionales acumulados 2007 – 2030) más importantes del grupo de medidas evaluadas (del orden de US\$2.000 millones). Ellas son invertidas por el Gobierno, con fondos nacionales y corresponde a un 18% de aumento respecto al FI acumulado en la línea base en el mismo periodo.

La segunda medida que genera mayor aumento de inversiones adicionales acumuladas en el periodo es el Cambio Tecnológico. Ello corresponde a un monto del orden de los US\$ 726 millones y equivale a un aumento del 100% respecto a la línea base.

En el caso de los FF adicionales acumulados en el período 2007 – 2030, estos corresponden a US\$30 millones, que equivalen a un incremento del 100% respecto a la línea base en el mismo período. El gobierno aporta con un 31% del incremento y los privados con el restante 69%.

El 69% de los FF son aportados por la medida de Ecodriving y Asistencia Técnica, debido a los costos de estudios, cursos y capacitaciones. Ello es financiado en un 100% por privados.

En el caso de los O&M adicionales acumulados en el período 2007 – 2030, estos corresponden a US\$-2.032 millones. Como se explicó anteriormente, el ahorro se debe a las reducciones de consumo de combustibles logrados en el Ecodriving y Asistencia Técnica (30% de los ahorros), Mejoras Aerodinámicas (20% de los ahorros) y Cambio Tecnológico (55% de los ahorros). En este caso, los hogares reciben la mayor parte de los ahorros (55%) y los privados el resto (45%).

En el caso de la Expansión del METRO y el Fomento al Cambio de la Partición Modal, estos poseen O&M acumulados positivos, por un monto de US\$ 972 millones, donde el primero concentra el 82% de la participación y el segundo el 18% restante. En ambos casos los recursos son aportados por el gobierno.

Respecto a los flujos adicionales anuales, ellos comienzan a generarse a partir del año 2011 y en el caso de la Expansión del METRO a partir del año 2014. En el caso de las Mejoras Aerodinámicas, Ecodriving y Asistencia Técnica y Cambio Tecnológico se registra un aumento anual de los ahorros (O&M) debido a la acumulación del parque que implementa las medidas. Estos ahorros aumentan en promedio, más de 70 veces entre los años 2011 y 2030.



En el caso de la Expansión del METRO, la medida que más aporta en los FI, los principales incrementos anuales se producen en los FI adicionales, debido a las importantes inversiones requeridas en la medida.

Por último, en el caso de los FF adicionales anuales, ellos son bastante menores en comparación con los FI y O&M, siendo los más importantes los de la medida de Ecodriving y Asistencia Técnica.

También es factible obtener algunos indicadores financieros interesantes a partir de los resultados de la evaluación de los flujos. En este caso se estimará el Valor Presente Neto (VPN) descontando los flujos a la Tasa Social de Descuento (6%) y un análisis de sensibilidad de este indicador, sensibilizado a las tasas del 3% y 9%. Estos resultados se presentan en el siguiente cuadro, para la situación, el escenario con medidas y el diferencial entre ambas situaciones.

Tabla 99: Análisis de Sensibilidad VPN Situación Base, con Medidas y Delta

Tasa de Descuento	VPN Situación Base M US\$ 2007	VPN Escenario con Medidas M US\$ 2007	Delta VPN M US\$ 2007
6%	- 308.569.695	- 309.331.242	- 761.547
9%	- 209.313.969	- 209.896.987	- 583.018
3%	- 472.890.887	- 473.903.019	- 1.012.132

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en aquellas medidas en que se identifica una inversión importante en al menos el primer año y retornos en los años siguientes, se ha estimado la Tasa Interna de Retorno (TIR). En este caso ello es factible de estimarse en las medidas 2 y 4. Ello se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 100: Tasa Interna de Retorno para Medidas Específicas

Indicador	Cambio Tecnológico	Mejoras Aerodinámicas
TIR	25%	2347%

Fuente: Elaboración propia

A pesar de los importantes ahorros que se generan con la implementación de las medidas de cambio tecnológico y de eficiencia energética, las que serían muy rentables si se lograra su implementación en las condiciones definidas en los supuestos de evaluación, el adelantamiento del METRO y las restantes inversiones en que se incurre provoca que se generen VPNs negativos.



3.8.3 Inversiones prioritarias

En el caso de las inversiones y costos incrementales que se requieren para implementar las distintas medidas de mitigación, si bien son inversiones relativamente importantes respecto de las que se podrían requerir en otros sectores, existe el aliciente que la mayor parte de ellas se pagan rápidamente con los ahorros de combustibles (en el caso de eficiencia energética y cambio tecnológico) o poseen algún beneficio social (en el caso del METRO, tranvía o trenes). De la misma forma, las medidas orientadas hacia el cambio modal poseen tanto beneficios sociales, como ahorros en consumo de combustible.

De esta forma, las prioridades de inversión se deberían orientar a aquellas medidas que poseen una alta efectividad en términos de reducción de consumo de combustible, tanto por la recuperación de las inversiones, como por las reducciones en emisiones de gases de efecto invernadero. Ello va en la línea del compromiso nacional frente a las Naciones Unidas y a la necesidad, en el mismo sentido, de generar Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs). En este caso, las medidas a implementar en camiones (eficiencia energética) y el cambio tecnológico en vehículos livianos, debieran tener una prioridad desde esta óptica. Adicionalmente, estas medidas permiten generar cobeneficios ambientales y de mejoras de los servicios relacionados (transporte de carga u otros).

La mayor parte de las inversiones requeridas en este tipo de medidas corresponden a financiamiento privado, como el recambio tecnológico o las mejoras en eficiencia energética. Ellas poseen importantes ahorros económicos a futuro, por lo que esta inversión se debiera recuperar rápidamente. También existe una importante componente de inversiones públicas por la implementación de METRO, trenes suburbanos y otras medidas para el fomento del cambio modal.

A continuación se presenta un ranking de medidas de acuerdo al costo de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta es una métrica que se dispone para cuatro de las 5 medidas y que en algunos casos se ha separado por submedida. No se disponen de otros parámetros para realizar esta clasificación.



Tabla 101: Ranking de Medidas y Submedidas Sector Transporte

Medida	Ranking	Valor US\$/TCO2	Potencial año 2025 (T CO2e)
Metro	8	4016	51.598
Equipamiento Aerodinámico	2	-361	51.877
Vehículos Híbridos	3	-361	87.285
Vehículos Plug-in	7	654	14.796
Vehículos Eléctricos (1)	6	577	1.196
Capacitación camiones	4	-310	20.063
Capacitación buses	5	-257	8.976
AT camiones	1	-399	22.342
AT Transantiago	1	-399	24.045
AT Buses Interurbanos	1	-399	34.108
Fomento partición modal	--	ND	ND

Fuente: Elaboración propia

(1) Factor de Emisión Matriz eléctrica 0,62 tCO2/MWh

Del cuadro se desprende que las medidas de eficiencia energética y cambio tecnológico son prioritarias dado su desempeño energético (y la correspondiente reducción de emisiones) vs el costo en que se incurre para su implementación.

En la Tabla 97 Tabla 98 y tabla 108 se puede observar el diferencial de flujo de inversiones y su fuente de financiamiento para cada una de las medidas, donde se pueden apreciar el énfasis de la inversión privada o pública que requiere cada una.

3.8.4 Lineamientos de política

Las medidas de políticas que podrían ser utilizadas para inducir a las entidades inversoras a implementar las iniciativas evaluadas y cambiar sus patrones de inversión, van orientadas a la promoción y demostración de la información, además de la entrega de información de buenas prácticas en materia de eficiencia energética. Por otro lado, la educación de los choferes de buses y camiones, a través de programas de capacitación del gobierno, es clave para lograr la efectividad de las mismas.

También es esperable la implementación o reposición de instrumentos de incentivo a la compra de vehículos más eficientes (eléctricos e híbridos plug-in). Diversos actores del sector vehículos livianos consideran que un incentivo tributario similar al que tuvieron los vehículos híbridos, sería clave para incentivar la compra de las nuevas tecnologías de baja y cero emisión.



Otro de los ejes claves que debiera fomentar la autoridad es el uso de las bicicletas a un nivel más masivo en el país. Ello logra beneficios directos al reducir el uso de transporte público y privado, además de otros cobeneficios, como reducción de ruido, mejoras ambientales y mejoras en la salud de las personas por la mayor actividad física. Para ello es clave el diseño y construcción de red de ciclovías con altos estándares nacionales, el diseño de estacionamientos de bicicletas en estaciones multimodales y el diseño y construcción de estacionamientos subterráneos en el sistema de METRO y en las estaciones intermodales.

Otra área importante de desarrollo para el transporte interurbano en el país debiera ser el fomento y mejoramiento de la red de trenes. Dadas las características geográficas de Chile, esta debiera ser una importante prioridad que podría ayudar a mejorar la actual red y a la interconectividad del país.

Un tema con una prioridad menor y que debiera responder a la iniciativa privada y de las municipalidades es la construcción de tranvías en algunas comunas de Santiago. Ello genera reducciones de combustibles por parte de los usuarios que dejan de usar otro transporte público o privado y posee cobeneficios adicionales como las mejoras ambientales o de los niveles de ruido.

3.8.5 Incertidumbres y limitaciones metodológicas

Las principales incertidumbres y limitaciones que se han encontrado en la definición de la línea base y de las medidas de mitigación para los sectores involucrados, son al menos las siguientes:

- Incertidumbre en los costos de implementación de las tecnologías en los horizontes propuestos.

La referencia actual sobre precios de vehículos, equipamiento o dispositivos incluidos en las medidas se puede obtener de manera relativamente simple, buscando precios de referencia de mercado que son fáciles de obtener. Proyectar el precio de los mismos a futuro es complejo, sobre todo en los horizontes que plantea el estudio pues inciden diversos factores sobre los cuales no se puede determinar la resultante:

- La masificación de la producción de los productos considerados, dado que su demanda aumenta por convertirse en el estándar del mercado, y por tanto disminuye el costo
- Mejoras sucesivas en la calidad de los productos por lo que el precio de los nuevos modelos (equipos, vehículos) tiene un valor de introducción más alto pero luego se van asimilando a los valores de la tecnología que reemplazan
- Innovaciones tecnológicas, que evidentemente no se pueden predeterminar pero sin duda las habrá y generarán cambios de precios y de estándares de mercado



- Incertidumbre en las penetraciones de las tecnologías que están en desarrollo o en proceso de maduración (autos eléctricos, híbridos, etc.).
La misma incertidumbre del costo de las tecnologías impacta en los niveles de penetración puesto que claramente si hay oferta de mejores productos (más seguros, menos contaminantes, con mayores ahorros de energía) a menores precios, tendrán una penetración de mercado mayor.
- Atomización y escaso poder de convocatoria de sectores productivos como el transporte de carga, en donde se requiere de coordinaciones importantes para implementar medidas de mitigación.
Muchas de las medidas que se pueden implementar en el caso del transporte de carga tienen la limitación dada por el tamaño de empresa puesto que las empresas de menor tamaño, con flotas más antiguas, y menos profesionalizadas tendrán una baja o nula disposición a implementar medidas. Por su parte, las empresas de mayor tamaño, que cuentan con una gestión más desarrollada y que se proyectan en el mediano y largo plazo, tendrán disposición de invertir pues evaluarán la recuperación de la inversión proyectada en el tiempo.
- Requerimientos de desarrollos metodológicos en medición y verificación de manera de poder monitorear las mejoras que se logren en los distintos subsectores.
Hay una dificultad intrínseca en los procesos de medición cual es el alto costo para su implementación masiva. Esto pues requieren de dispositivos y tecnologías que aún tienen un alto precio unitario por tanto no están al alcance de que las empresas las implementen masivamente en sus flotas.
- La falta de información y poca concentración de la misma en alguna institución en particular es una barrera importante para la ejecución de proyectos de este estilo.
Las segmentaciones que por naturaleza propia tiene el sector Transporte hacen que tanto la planificación como la gestión del sector esté desconcentrada: empresas públicas y privadas, transporte de carga y de pasajeros, transporte urbano e interurbano, modos de transporte, etc., son categorías que hacen necesario un importante esfuerzo de integración de información.
- Poca coordinación entre los distintos agentes encargados de la promoción y fomento de las medidas que incentivan el uso del transporte público y otras medidas que fomentan el cambio modal.
Relacionado con lo anterior, hacer una gestión integrada del transporte involucra a múltiples actores con incentivos, intereses y horizontes de evaluación diversos.

3.9 Referencias

- AEN (2009). “Análisis de esquemas de negocio para estacionamientos de bicicletas en la ciudad de Santiago”, AEN 2009.
- ALSTOM (2010). Proyecto Tranvía Las Condes, ALSTOM COMSA 2010.



- APIA (2009). “Construcción Red De Ciclovías, La Serena”, APIA consultores, 2009.
- CADE (2004), “Análisis comparativo de escenarios con x’trapolis y UT440 servicio ferroviario Hualqui-Talcahuano y San Pedro-Concepción, VIII región”, CADE-IDEPE, Consultores en Ingeniería, Agosto 2004.
- CE FCFM (2010). “Diagnóstico de necesidades de infraestructura energética de la Ciudad de Santiago (y Chile) para soportar/integrar vehículos eléctricos en escala comercial”. Centro de Energía – FCFM, Universidad de Chile. 2010.
- CIMA (2010). “Diseño, Implementación y Evaluación para el Proyecto de Asistencia Técnica en Eficiencia Energética del Transporte de Carga Interurbano por Camiones”, CIMA 2010.
- Costos de accesorios (ANAC y Empresas de Transporte)
- Deuman (2009). “Diseño y Ejecución de un Modelo de Capacitación en Conducción Eficiente en el Transporte de Carga”, Deuman 2009.
- F&C (2009). Estudios de Análisis y desarrollo de la red de METRO, 2009, Fernández & De Cea Ingenieros Ltda.
- FBP (2007). “Aerodynamics for Efficient Road Freight Operations”, FreightBestPractice 2007
- GEASUR (2010). “Recopilación de antecedentes para la incorporación de sistema de diagnóstico a bordo (onboarddiagnostics (OBD)) y evaluación de incentivos para la incorporación de vehículos de cero y ultra baja emisión al parque de vehículos”, Geasur, 2010, para CONAMA.
- GEF (2005). “Calidad del Aire y Transporte Sustentable para la Ciudad de Santiago, Componente Fomento al Uso de la Bicicleta, GEF 2005.
- INACAP (2009). “Programa de capacitación conducción eficiente dirigido a conductores del transporte de carga interurbano y/o urbano”, INACAP 2009.
- Información estadística de ANAC
- Inversiones para mejorar la calidad de vida en la ciudad, Presentación Rafael Bergoeing, Mayo 2010
- McKinsey (2009). “Roads toward a low-carbon future: reducing CO2 emissions from passenger vehicles in the global road transport system”.McKinsey&Company 2009.
- Memorias METRO de Santiago 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010.
- Memorias Metrotren años 2008,2009.
- MIT (2008). “Evaluating the Impact of Advanced Vehicle and Fuel Technologies in U.S. Light-Duty Vehicle Fleet”, MIT 2008
- MOP (2008). “Análisis de la localización eficiente de estacionamientos de bicicletas” Tamara Berríos Consultores 2008, para MOP.
- MTT (2006). “Análisis de la Eficiencia Energética en el Transporte Interurbano de Carga”. Realizado por CIMA Ingeniería EIRL para la Subsecretaría de Transportes, 2006.
- NREL (2007). “Cost-Benefit Analysis of Plug-In Hybrid Electric Vehicle Technology” Makel & Simpson, NREL 2007.



- PMCS (2009). Plan Maestro de ciclovías para Santiago 2012. 2009.
- POCH (2009). “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile en el sector energía”, POCH 2009.
- POCH (c2009) “Estrategia y potenciales de transferencia tecnológica para el cambio climático”, POCH (CONAMA, 2009)
- PRIEN (2010). “Estudio de bases para la elaboración de un Plan Nacional de Eficiencia Energética 2010-2020”, PRIEN 2010.
- PROGEA (2009). “Carga del modelo de proyección de demanda energética global: MAED”, desarrollado por el Programa de Gestión y Economía Ambiental (PROGEA) en el año 2009 para la Comisión Nacional de Energía
- PROGEA (2011). “Implementación de la herramienta de simulación LEAP para la proyección de escenarios de consumo de energía en el largo plazo y la evaluación de escenarios de mitigación de CO₂”, 2010. Ministerio de Energía. Programa de Gestión y Economía Ambiental (PROGEA).
- Reporte de sustentabilidad 2009, METRO de Santiago.
- Reuniones METRO (Sr. Juan Carlos Figueroa).
- SS (2010). “Análisis y desarrollo de una Metodología de estimación de consumos energéticos y emisiones para el transporte” (Sistemas Sustentables para SECTRA, 2010)
- Tesorería General de la República
- VAGO (2005). Auditor-General's Report, Victorian Auditor-General's Office 2005.



3.10 Anexo tablas

Tabla 102: FI y FF históricos anuales

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI y FF históricos anuales Sector Transporte (M US\$ 2007)								
		2005			2006			2007		
		FF	FI	Total FF y FI	FF	FI	Total FF y FI	FF	FI	Total FF y FI
Gobierno	Nacional	-	669.777	669.777	111	299.041	299.152	306	330.443	330.750
Privados	Nacional					243	243		574	574
Total general			669.777	669.777	111	299.285	299.395	306	331.017	331.323

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales.

Tabla 103: FI y FF para el Año Base (2007)

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI y FF para el Año Base (2007) (M US\$ 2007)							
		Cambio Tecnológico		Ecodriving		Expansión Metro		Fomento al cambio de la partición Modal	
		FF	FI	FF	FI	FF	FI	FF	FI
Gobierno	Nacional	115		96			323.531	96	6.913
Total general		115	574	96			323.531	96	6.913

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Tabla 104: FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Base, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Base (M US\$ 2007)																	
		Cambio Tecnológico			Ecodriving			Expansión Metro			Fomento al cambio de la partición Modal			Mejoras Aerodinámicas			Total		
		FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	Nacional	868			891				10.968.218	10.933.999	6.292	786.639	368.702				8.052	11.754.856	11.302.701
Privados	Nacional				25.631	174.576	413.571.518								251.240	167.007.224	25.631	425.816	580.578.742
Hogares	Nacional		723.110	150.434.325														723.110	150.434.325
Total general		868	723.110	150.434.325	26.523	174.576	413.571.518		10.968.218	10.933.999	6.292	786.639	368.702		251.240	167.007.224	33.683	12.903.782	742.315.768

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 105: FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Línea de Base 2007-2030

Año	FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Línea de Base (M US\$ 2007)																	
	Cambio Tecnológico			Ecodriving			Expansión Metro			Fomento al cambio de la partición Modal			Mejoras Aerodinámicas			Total		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
2007	57	287		48				161.765	323.206	48	3.456				153	165.509	323.206	
2008	187	943		96				415.488	334.447		3.735				283	420.165	334.447	
2009	142	408		579				846.394	340.593		3.735	9.818			721	850.537	350.411	
2010	194	648	3.135.002					214.713	333.503		22.283	9.818			194	237.643	3.478.322	
2011	162	4.012	3.421.291	980	7.451	10.417.738		179.906	356.617	0	22.344	9.818	1.539	4.293.551	1.142	215.252	18.499.015	
2012	80	7.043	3.724.872	863	7.801	11.254.328		624.234	356.617	1.315	30.273	9.818	3.124	4.633.403	2.258	672.475	19.979.037	
2013	45	9.713	4.046.527	918	7.987	12.131.554		916.303	356.617	0	3.479	9.818	4.729	4.986.635	964	942.212	21.531.152	
2014		12.024	4.387.082	975	8.346	13.034.793		538.414	356.617	0	3.456	9.818	6.324	5.348.689	975	568.564	23.136.999	
2015		15.466	4.747.310	1.035	8.633	13.976.737			429.262	751	3.472	9.818	7.885	5.723.330	1.786	35.455	24.886.456	
2016		25.805	5.124.245	1.093	8.919	14.989.540		187.723	429.262	751	320.685	17.453	9.406	6.127.942	1.844	552.537	26.688.442	
2017		34.603	5.518.294	1.146	9.202	16.025.412		651.356	429.262	141	3.479	17.453	10.839	6.539.310	1.287	709.479	28.529.731	
2018		41.862	5.929.888	1.203	9.531	17.102.150		956.114	429.262	0	3.456	17.453	12.170	6.965.801	1.203	1.023.134	30.444.554	
2019		47.580	6.359.484	1.262	9.960	18.218.149		561.807	429.262	0	3.472	17.453	13.380	7.407.943	1.262	636.200	32.432.290	
2020		51.759	6.807.562	1.323	10.315	19.376.355			501.906	751	3.456	17.453	14.453	7.866.480	2.075	79.982	34.569.756	
2021		56.702	7.274.704	1.231	7.811	20.626.777		187.723	501.906	0	3.479	17.453	15.404	8.361.034	1.231	271.119	36.781.874	
2022		59.738	7.761.454	1.275	7.887	21.854.801		651.356	501.906	141	3.456	17.453	16.144	8.839.805	1.416	738.581	38.975.418	
2023		60.866	8.268.383	1.333	8.003	23.128.779		956.114	501.906	0	3.456	17.453	16.713	9.333.205	1.333	1.045.153	41.249.726	
2024		60.086	8.796.093	1.394	8.217	24.446.869		561.807	501.906	0	3.472	17.453	17.110	9.842.178	1.394	650.691	43.604.499	
2025		57.398	9.345.217	1.457	8.527	25.806.676			574.550	751	3.479	17.453	17.336	10.367.690	2.208	86.740	46.111.586	
2026		52.057	9.917.135	1.522	8.668	27.218.405		187.723	574.550	751	324.653	25.089	17.398	10.910.733	2.273	590.498	48.645.912	
2027		45.181	10.512.577	1.590	8.995	28.670.761		651.356	574.550	141	3.456	25.089	17.305	11.472.314	1.730	726.292	51.255.292	
2028		36.769	11.132.303	1.660	9.153	30.183.090		956.114	574.550	0	3.472	25.089	17.067	12.053.455	1.660	1.022.576	53.968.487	
2029		26.822	11.777.102	1.732	9.497	31.743.959		561.807	574.550	0	3.479	25.089	16.699	12.655.185	1.732	618.304	56.775.886	
2030		15.340	12.447.800	1.808	9.673	33.364.646			647.194	751	3.456	25.089	16.214	13.278.542	2.559	44.683	59.763.272	
Total General	868	723.110	150.434.325	26.523	174.576	413.571.518		10.968.218	10.933.999	6.292	786.639	368.702	251.240	167.007.224	33.683	12.903.782	742.315.768	

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Tabla 106: FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Mitigación, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Mitigación (M US\$ 2007)																	
		Cambio Tecnológico			Ecodriving			Expansión Metro			Fomento al cambio de la partición Modal			Mejoras Aerodinámicas			Total		
		FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	Nacional	9.204			891			12.932.651	11.733.086	7.466	1.401.308	541.200				17.561	14.333.959	12.274.286	
Privados	Nacional				46.414	223.970	412.667.941							274.686	166.564.228	46.414	498.656	579.232.169	
Hogares	Nacional		1.449.307	148.777.399													1.449.307	148.777.399	
Total general		9.204	1.449.307	148.777.399	47.305	223.970	412.667.941	0	12.932.651	11.733.086	7.466	1.401.308	541.200	0	274.686	166.564.228	63.975	16.281.923	740.283.854

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 107: FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Mitigación, 2007-2030

Año	FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Mitigación (M US\$ 2007)																		
	Cambio Tecnológico			Ecodriving			Expansión Metro			Fomento al cambio de la partición Modal			Mejoras Aerodinámicas			Total			
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	
2007	57	287		48			161.765	323.206	48	3.456			153	165.509	323.206				
2008	187	943		96			415.488	334.447		3.735			283	420.165	334.447				
2009	142	408		579			846.394	340.593		3.735	9.818		721	850.537	350.411				
2010	194	648	3.135.002				214.713	333.503		22.283	9.818		194	237.643	3.478.322				
2011	162	12.272	3.420.101	1.587	9.426	10.414.465	179.906	356.617	0	81.045	11.525	1.846	1.749	284.495	18.495.968				
2012	80	22.693	3.721.189	1.513	9.768	11.249.204	624.234	356.617	1.315	30.524	11.525	3.741	2.908	690.960	19.971.011				
2013	45	31.885	4.038.938	1.612	10.127	12.122.268	916.303	356.617	0	119.104	11.525	5.648	1.657	1.083.067	21.514.041				
2014	0	39.847	4.374.069	1.715	10.393	13.027.557	538.414	429.262	0	119.066	11.525	7.525	1.715	715.245	23.187.738				
2015	65	48.071	4.727.256	1.824	10.948	13.963.640	179.906	429.262	892	4.119	18.263	9.337	2.781	252.381	24.856.549				
2016	744	64.732	5.096.378	1.925	11.337	14.971.148	624.234	429.262	751	321.068	25.899	11.074	3.420	1.032.446	26.643.184				
2017	1.886	78.815	5.481.829	2.020	11.616	16.004.464	916.303	429.262	0	3.878	25.899	12.675	3.906	1.023.288	28.470.692				
2018	1.529	90.319	5.884.025	2.121	12.128	17.075.086	538.414	501.906	141	3.840	25.899	14.121	3.791	658.822	30.439.683				
2019	1.244	99.245	6.303.410	2.225	12.567	18.185.859	179.906	501.906	751	4.119	25.899	15.388	4.220	311.224	32.408.744				
2020	798	106.648	6.740.341	2.333	13.023	19.342.765	624.234	501.906	0	3.840	25.899	16.459	3.131	764.204	34.457.675				
2021	283	108.190	7.196.239	2.259	10.157	20.586.255	916.303	501.906	141	3.878	25.899	17.354	2.682	1.055.883	36.648.052				
2022	634	107.634	7.671.677	2.349	10.175	21.807.908	538.414	574.550	0	3.840	25.899	17.973	2.983	678.037	38.892.977				
2023	516	104.978	8.167.252	2.459	10.457	23.073.890	179.906	574.550	1.502	325.315	33.534	18.370	4.477	639.026	41.152.072				
2024	403	100.223	8.683.593	2.572	10.661	24.387.605	624.234	574.550	141	3.840	33.534	18.548	3.116	757.506	43.487.786				
2025	233	93.369	9.221.355	2.690	11.142	25.734.754	916.303	574.550	0	3.878	33.534	18.519	2.923	1.043.211	45.895.176				
2026		90.241	9.779.630	2.812	11.368	27.136.758	538.414	647.194	0	3.840	33.534	18.297	2.812	662.161	48.468.474				
2027		83.022	10.359.069	2.939	11.606	28.592.368	179.906	647.194	892	4.119	33.534	17.901	3.831	296.554	51.062.879				
2028		71.712	10.960.362	3.071	12.033	30.094.524	624.234	647.194	0	3.840	33.534	17.352	3.071	729.171	53.745.749				
2029		56.310	11.584.233	3.207	12.383	31.644.154	916.303	647.194	0	3.878	33.534	16.673	3.207	1.005.547	56.519.816				
2030		36.816	12.231.449	3.349	12.657	33.253.272	538.414	719.839	892	321.068	41.170	15.886	4.241	924.842	59.479.203				
Total	9.204	1.449.307	148.777.399	47.305	223.970	412.667.941	12.932.651	11.733.086	7.466	1.401.308	541.200	274.686	166.564.228	63.975	16.281.923	740.283.854			

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Tabla 108: FI, FF y OyM adicionales acumulados, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FI, FF y OyM adicionales acumulados (2007-2030) (M US\$ 2007)																			
		Cambio Tecnológico			Ecodriving			Expansión Metro			Fomento al cambio de la partición Modal			Mejoras Aerodinámicas			Total				
		ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM		
Gobierno	Nacional	8.335	-	-	-	-	-	-	1.964.434	799.087	1.174	614.669	172.498	-	-	9.509	2.579.103	971.585			
Privados	Nacional	-	-	-	20.782	49.395	-	903.577	-	-	-	-	-	23.446	-	442.996	20.782	72.840	-	1.346.573	
Hogares	Nacional	-	726.197	-	1.656.926	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	726.197	-	1.656.926	
Total general		8.335	726.197	-	1.656.926	20.782	49.395	-	903.577	1.964.434	799.087	1.174	614.669	172.498	23.446	-	442.996	30.291	3.378.140	-	2.031.914

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 109: FI, FF y OyM adicionales anuales, 2007-2030

Año	FI, FF y OyM adicionales anuales (M US\$ 2007)																	
	Cambio Tecnológico			Ecodriving			Expansión Metro			Fomento al cambio de la partición Modal			Mejoras Aerodinámicas			Total		
	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM
2007	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2011	0	8.260	-1.190	607	1.975	-3.273		0	0	0	58.701	1.708		307	-292	607	69.243	-3.048
2012	0	15.651	-3.683	649	1.967	-5.124		0	0	0	251	1.708		617	-927	649	18.485	-8.026
2013	0	22.172	-7.589	694	2.140	-9.287		0	0	0	115.625	1.708		919	-1.943	694	140.855	-17.111
2014	0	27.823	-13.013	740	2.048	-7.236		0	72.644	0	115.609	1.708		1.201	-3.365	740	146.681	50.738
2015	65	32.605	-20.054	789	2.315	-13.098		179.906	0	141	647	8.445		1.453	-5.200	995	216.926	-29.907
2016	744	38.928	-27.866	832	2.418	-18.392		436.511	0	0	384	8.445		1.668	-7.445	1.576	479.909	-45.258
2017	1.886	44.212	-36.465	874	2.414	-20.948		264.948	0	-141	399	8.445		1.836	-10.070	2.619	313.809	-59.039
2018	1.529	48.457	-45.864	918	2.597	-27.064		-417.700	72.644	141	384	8.445		1.950	-13.033	2.588	-364.312	-4.871
2019	1.244	51.664	-56.073	963	2.606	-32.289		-381.901	72.644	751	647	8.445		2.008	-16.273	2.958	-324.976	-23.546
2020	798	54.889	-67.221	1.010	2.708	-33.589		624.234	0	-751	384	8.445		2.006	-19.715	1.056	684.221	-112.081
2021	283	51.488	-78.465	1.028	2.346	-40.522		728.581	0	141	399	8.445		1.950	-23.280	1.452	784.764	-133.821
2022	634	47.896	-89.776	1.074	2.289	-46.893		-112.941	72.644	-141	384	8.445		1.829	-26.861	1.567	-60.544	-82.441
2023	516	44.112	-101.130	1.125	2.453	-54.890		-776.208	72.644	1.502	321.858	16.081		1.656	-30.359	3.143	-406.128	-97.654
2024	403	40.137	-112.501	1.178	2.444	-59.264		62.427	72.644	141	368	16.081		1.438	-33.673	1.722	106.815	-116.713
2025	233	35.971	-123.861	1.233	2.615	-71.921		916.303	0	-751	399	16.081		1.183	-36.708	716	956.471	-216.410
2026	0	38.184	-137.505	1.291	2.700	-81.646		350.692	72.644	-751	-320.812	8.445		899	-39.377	539	71.662	-177.438
2027	0	37.842	-153.508	1.350	2.611	-78.394		-471.449	72.644	751	662	8.445		596	-41.601	2.101	-429.738	-192.413
2028	0	34.943	-171.941	1.411	2.880	-88.566		-331.880	72.644	0	368	8.445		285	-43.320	1.411	-293.405	-222.737
2029	0	29.487	-192.869	1.475	2.886	-99.805		354.496	72.644	0	399	8.445		-26	-44.485	1.475	387.243	-256.070
2030	0	21.476	-216.352	1.541	2.984	-111.374		538.414	72.644	141	317.612	16.081		-328	-45.068	1.682	880.158	-284.068
Total General	8.335	726.197	-1.656.926	20.782	49.395	-903.577		1.964.434	799.087	1.174	614.669	172.498		23.446	-442.996	30.291	3.378.140	-2.031.914

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



4 Sector Infraestructura, subsector Hídrico

4.1 Alcance

El recurso hídrico es clave para el desarrollo del país, en atención a lo fundamental que resulta ser para el desarrollo de las actividades humanas y productivas. La demanda del recurso se intensifica en los diversos sectores productivos a nivel nacional; la población aumenta, demandando más servicios básicos; mientras que la incertidumbre en la disponibilidad del mismo recurso también va en aumento.

Los usos del agua se pueden agrupar en cinco grandes áreas, como se identificó en el informe sectorial: Agrícola, Agua Potable, Minería, Industrial y Energía. El manejo e inversiones de recursos hídricos para cada uso se reparte entre el sector privado y el público. El privado proporciona inversión para la infraestructura y la distribución de servicios concesionados o para el desarrollo privado, como son el caso de las empresas sanitarias, las hidroeléctricas, o la misma infraestructura para tratamiento de residuos industriales líquidos en el sector industrial, entre otros. Infraestructura que se concentra en tres de los cinco usos del agua en Chile: Minería, Industrial y Energía.

Por su parte el sector público invierte en infraestructura de grandes obras de riego; obras para evacuar aguas lluvias en áreas urbanas; obras fluviales y de mantención de cauces que permitan la protección de la población frente a la crecida de ríos; y, sistemas de agua potable en las comunidades rurales, que no se encuentran en el ámbito de responsabilidad de las empresas sanitarias.

Para todos los usos mencionados, existe un riesgo relacionado a los impactos que pudiera ocasionar el cambio climático sobre los recursos. Ello afectará la disponibilidad del recurso hídrico así como el comportamiento del régimen hidrológico de los ríos, afectando a su vez la eficiencia de la infraestructura hídrica en los distintos sectores.

Para realizar la evaluación de flujos de inversión y de financiamiento se debe acotar el alcance de las obras a considerar. Los criterios que se han considerado para definir el alcance son los que se desprenden de la metodología de evaluación del PNUD, a saber:

- Existencia de un problema producto del Cambio Climático (CC);
- Existencia de información para construir Línea Base; y,
- Existencia de información que permita identificar impacto del CC en el subsector, para posteriormente poder identificar posibles medidas de adaptación.

La información respecto de los impactos y problemas producto del cambio climático existe a gran escala en Chile, no obstante cuando se quiere ir a una escala más acotada de diseño de obras, se requiere información más detallada que no existe a nivel nacional. En efecto existen pocas cuencas con estudios de impacto del CC, entre ellas se encuentran el Maule y la Laja.



No obstante, es fundamental recordar el propósito del presente estudio que es estimar las inversiones incrementales que se requieren para las medidas de adaptación del subsector. En este sentido, el desafío metodológico aquí se deriva del interés en proponer inversiones adicionales que tengan una cobertura de carácter más amplio en la infraestructura hídrica del país que las que se pueden establecer a partir del análisis de zonas geográficas u obras específicas y que representan un caso particular.

Al igual que en los otros casos de incremento de inversión, el mejorar la precisión de las estimaciones de inversión, afecta la posibilidad de “extrapolar” los resultados a un marco de referencia más amplio que es el que en principio se quiere hacer con este estudio. Por ello se ha definido que el alcance geográfico será a nivel nacional.

Respecto de la metodología para definir las medidas de adaptación al CC, se parte del supuesto de que, para cada subtipo de infraestructura, hay una relación entre los costos de inversión, los parámetros de diseño y la zona geográfica donde se implementa. Por ello los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Identificación de obras representativas a nivel nacional por cada subtipo;
- Recopilación de los parámetros de diseño para cada caso, considerando principalmente aquellas variables relacionadas con la condición climática y los caudales pasantes;
- Recopilación de los costos asociados a las obras seleccionadas;
- Análisis de la información:
 - Exploración del impacto de la condición climática futura en los parámetros de diseño de las distintas obras;
 - Para obras diseñadas para eventos extremos se analiza las precipitaciones diarias máximas;
 - Para obras de operación anual, se considera las precipitaciones mensuales y agregadas a nivel anual.
- Propuesta de medidas y definición de una aproximación que permita estimar el incremento en la inversión.

Los pasos antes mencionados, permitieron analizar algunos casos de infraestructura específicos, en los cuales se logró contar con toda la información. No obstante se debe resaltar que hubo una dificultad importante para lograr una representatividad a nivel nacional. Por lo cual la extrapolación relativa al incremento en la inversión no se logra sustentar con supuestos robustos para evaluar las medidas de adaptación, como se explica más adelante.

Respecto al criterio de existencia de la información que permita construir la línea base de la infraestructura en el sector hídrico, se contó con la ventaja de que las inversiones públicas se concentran principalmente en una sola institución, el Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de su Dirección de Obras Hidráulicas (DOH). No obstante, desde el sector privado se observó una diversidad de actores involucrados como son las empresas



sanitarias, las industrias, la minería, etc., cuya información generalmente es menos asequible o tiene un carácter reservado pues representan un elemento de competitividad, por lo que no se consideró en este análisis. Por esta razón, el alcance del estudio contempla sólo las obras de inversión del sector público, que se enuncian a continuación:

- Grandes y Medianas Obras de Riego
- Obras de Agua Potable Rural (APR) en localidades Concentradas y Semiconcentradas
- Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias
- Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces; y,
- Captura de Información: Red Hidrométrica

Cabe resaltar que para la mayoría de las medidas de adaptación en el subsector hídrico, hay una variable común que es clave para el diseño de las obras, cual es contar con información de monitoreo, y validación de la misma, que se refiere a parámetros fluviométricos y meteorológicos. Para ello es relevante contar con una red hidrométrica a nivel nacional que permita enfrentar los desafíos sectoriales. Por ello se ha considerado en la lista anterior, para incorporar la evaluación.

Por otro lado, para este tipo de infraestructura, la presente consultoría consideró desde un principio medidas de adaptación según las categorías agregadas de los distintos tipos de inversión en infraestructura y que corresponden a:

- Aprovechamiento del recurso, que incluyen aquellas obras que permiten provisionar recursos hídricos con distintos fines. Entre estas obras están los embalses y los sistemas de agua potable rural; y,
- El manejo de riesgos frente a eventos extremos, que incluye aguas lluvia y defensas fluviales.

Considerando estas categorías, se identifica desde un principio las posibles medidas de adaptación, a saber:

- Construcción de nuevos embalses;
- Reparar y aumentar capacidades de los embalses;
- Reducir las pérdidas de conducción y mejorar las tecnologías de aplicación de riego;
- Desarrollar infraestructura para el control de inundaciones;
- Asegurar el abastecimiento de la población rural;
- Aumentar la cobertura, calidad y disponibilidad de información de la Red Hidrométrica.



Estas medidas coinciden con los desafíos identificados por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas¹⁷. El análisis de las medidas definitivas consideradas en la evaluación se describe más adelante.

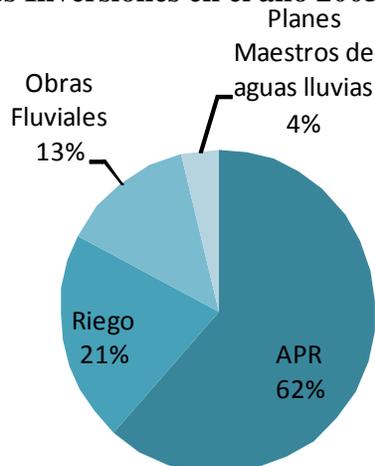
4.2 Subsectores evaluados

Como se definió en sección precedente, los subsectores considerados en el análisis, son:

- Grandes y Medianas Obras de Riego
- Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas
- Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias
- Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces
- Red Hidrométrica.

Las principales inversiones en el periodo histórico – 2005 a 2007 – se concentran en las obras de agua potable rural y las grandes y medianas obras de riego. En efecto el año 2005, las inversiones en Agua Potable Rural corresponde al 66,7% de las inversiones totales, mientras que riego solo representó el 21,4%, por su parte las obras fluviales representaron el 8,7%, los planes maestros de aguas lluvias el 2,9% de las inversiones totales al año 2005 y, finalmente, la red hidrométrica representó el 0,1% de las inversiones. En la siguiente figura se puede observar las responsabilidades relativas en el gasto de inversión del subsector.

Figura 14: Principales Inversiones en el año 2005 para cada Subsectores



Fuente: Elaboración propia.

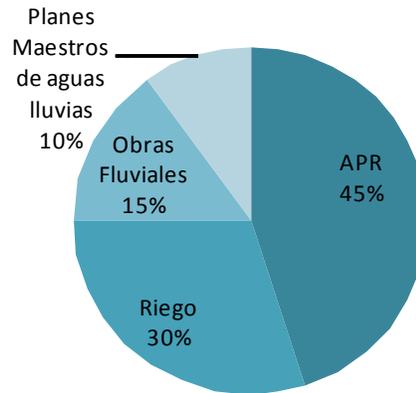
Esta tendencia se repite hasta el año 2007, bajando en menor medida la participación relativa en las inversiones. Donde APR baja a un 65,7% y las obras de riego a un 17,3%. No obstante, a partir del año 2008 esta tendencia cambia, dando paso a mayores inversiones

¹⁷ Infraestructura Hidráulica del Chile 2020, Enero 2010.



en grandes y medianas obras de riego, cuyo peso relativo en las inversiones realizadas es de un 30%, mientras que APR baja a 45%, aguas lluvias representa el 10% y obras fluviales un 15%. La siguiente figura representa la distribución de la inversión para el año 2008.

Figura 15: Principales Inversiones en el año 2008 para cada Subsectores



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Debido a que las inversiones de la Red Hidrometeorológica son poco significativas, en comparación con las otras inversiones, no se consideró en el gráfico.

La proyección de línea base de la infraestructura hídrica, a excepción de las red hidrométrica, se realiza sobre la base de la información facilitada por la Dirección de Obras Hidráulica y por el informe de “Infraestructura hídrica del Chile 2020” (MOP, Enero 2010). Por su parte, la proyección de la Red Hidrométrica fue realizada en base a la información histórica y actual que fue facilitada por la División de Estudios del MOP, ya que no existe un plan de mejoramiento a largo plazo en este subtipo de inversión. En el capítulo de línea base se expone en extenso su estimación y proyección.

Con esta información, se identifican nuevas tendencias en las inversiones del subsector hídrico, donde al año 2020 se proyecta que el 43% de las inversiones totales corresponderán a grandes y medianas obras de riego, mientras que el 35% a obras de APR, el 14% a Aguas Lluvias y el 8% restante a Obras Fluviales.

A continuación se presenta una breve descripción de las categorías de obra y los subtipos de infraestructura que considera.

En la clasificación de las grandes y medianas obras de riego se han considerado los siguientes tipos de infraestructura:

- Estudios Obras de Riego
- Construcción de Obras de Riego
- Explotación Obras de Riego
- Programa de Fortalecimiento



- Inspección técnica de proyectos postulados a la Ley de Fomento al Riego
- Conservación Obras de Riego

En este subconjunto de obras, las inversiones de línea base se concentran en construcción de obras de riego y conservación de obras de riego entre los años 2005 y 2007. La proyección posterior al año 2007 indica que la tendencia se mantiene con la salvedad que los estudios en obras de riego empiezan a requerir inversiones de financiamiento mayores, no obstante son poco significativas comparadas con los requerimientos de inversión en la construcción de obras propiamente tal.

En la clasificación de obras de agua potable rural en localidades concentradas y semi concentradas se han considerado los siguientes tipos de infraestructura:

- Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural
- Ampliaciones de Sistemas de Agua Potable Rural
- Estudios de Diseño de Obras de Instalación Nuevas
- Asesoría en materias comunitarias, técnicas, administrativas y contable a los servicios de agua potable rural existentes
- Ampliaciones, Mejoramiento, Conservación y Estudios Hidrológicos para Sistemas de APR
- Inversión no sectorial en sistemas rurales
- Apoyar y Promover la Autosustentabilidad de los Servicios Existentes

En el subconjunto de obras de agua potable rural, las mayores inversiones en los años 2005 a 2007 se concentraron fuertemente en “inversión no sectorial en sistemas rurales”, cuya inversión representa aproximadamente el 70% del total del sector en los tres años de línea base. No obstante, los otros dos ítems que demandan recursos importantes en este período son “Construcción de sistemas de agua potable rural” y “Mejoramiento y conservación de sistemas de APR”. La línea base proyectada al 2030 indica que las inversiones requeridas se concentrarán en un 40% en inversión no sectorial en sistemas rurales, mientras que los recursos requeridos en ampliaciones de infraestructura de APR llega a 12%, similar al peso relativo de recursos requeridos para construcción de sistemas de agua potable rural y Mejoramiento y conservación de sistemas de APR.

En la clasificación de Planes Maestros de aguas lluvias y obras de evacuación y drenaje de aguas lluvias se han considerado los siguientes tipos de infraestructura:

- Colectores primarios de aguas lluvias
- Canales de Regadío
- Planes Maestro de Aguas Lluvias
- Conservación y Mantenimiento de la red primaria
- Planes Maestros de Aguas Lluvias
- Estudios de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias



- Ejecución de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

En el subconjunto de planes maestros de aguas lluvias y obras de evacuación y drenaje de aguas lluvias, las mayores inversiones entre los años 2005 y 2007 se concentran entre colectores primarios de aguas lluvias (42% del total de la inversión al año 2005 llegando a un 74% al año 2007), conservación y mantenimiento de la red primaria (27% del total de la inversión al año 2005 llegando a un 20% al año 2007), y ejecución de obras de evacuación y drenaje de aguas lluvias (29% del total de la inversión al año 2005 llegando a un 3% al año 2007). En la proyección se modifica la tendencia, a partir del año 2015 aproximadamente, los requerimientos de mayores inversiones estarán concentrados en los mismos tres ítems, pero con 81% de inversiones en colectores primarios, 9% en conservación y mantención, y un 10% en ejecución de obras de evaluación y drenaje de aguas lluvias.

Finalmente, en la clasificación de Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces se han considerado los siguientes tipos de infraestructura:

- Planes Maestros de Obras de Manejo de Cauces
- Defensas Fluviales
- Encauzamiento de Riberas
- Estudios de Manejo Cauces
- Ejecución de Obras de Manejo de Cauces
- Conservación de Riberas
- Programa de Prevención de Aluviones
- Estudios de Control Aluvional
- Obras de Control Aluvional
- Estudios de Definición de Deslindes

Para este subsector, se observa que la concentración de las máximas inversiones entre los años 2005 y 2007, son en obras de conservación de riberas (34% del total de las inversiones al año 2005 y 26% al año 2007), defensas fluviales (4% al año 2005 y 48% al año 2007), ejecución de obras de manejo de cauce (37% al año 2005 y 19% al año 2007), y obras de control aluvional (23% al año 2005 y 7% al año 2007). Como se observa, las tendencias de inversión en estos tipos de obras han variado entre el 2005 y el 2007, pero siguen reflejando las mayores inversiones de la categoría. La proyección al año 2030 cambia la tendencia en inversiones, donde la concentración es de 40% de inversión requerida en conservación de riberas, 14% en defensas fluviales, 28% en ejecución de obras de manejo de cauce, y 12% en obras de control aluvional.

Finalmente, en la clasificación Red Hidrométrica Nacional se han considerado los siguientes tipos de infraestructura:



- Estaciones Fluviométricas; y
- Estaciones Hidrometeorológicas

Para este caso, las mayores inversiones entre los años 2005 y 2007 se concentran en las estaciones fluviométricas, con un 61% del total de la inversión al año 2005 y llegando a un 69% al año 2007. En la proyección la tendencia se mantiene igual, al año 2030 las inversiones se concentran en las estaciones fluviométricas, llegando a un 80% del total de la inversión al año 2030.

El detalle de las inversiones en flujos de inversión y financiamiento en el sector infraestructura hídrica se presenta en la sección de línea base, a través de la información histórica de inversiones en el sector, las que se resumen en las tablas de flujos requeridas para aplicar la metodología PNUD. Los supuestos que se han considerado para la proyección de la línea base también se explican en dicha sección.

4.3 Entidades inversoras

La metodología de flujos de inversión y financiamiento, define las entidades inversoras como todas aquellas que aportan los fondos para la ejecución de los programas y planes que se diseñen para abordar la problemática del CC. Estas entidades se categorizan en Gobierno, Privados, y Hogares.

El subsector hídrico de la Infraestructura analizado en el presente capítulo contempla las obras hidráulicas descritas en la sección anterior. Este tipo de obras tiene una única entidad inversora, que es el Gobierno a través de las instituciones del Estado.

Dentro de estas instituciones se encuentra la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y la Dirección General de Aguas (DGA). La DOH es un servicio del Ministerio de Obras Públicas y está a cargo de proveer de servicios de Infraestructura Hidráulica y de Agua Potable Rural. Su objetivo es principalmente proveer infraestructura de regadío, infraestructura de red primaria y disposición final para la evacuación y drenaje de aguas lluvias, infraestructura para proteger las riberas de cauces naturales contra crecidas y aluviones, entre otras.

Por su parte, la DGA está encargada de promover la gestión y administración del recurso hídrico y proporcionar y difundir la información generada por su red hidrométrica y la contenida en el Catastro Público de Aguas.

En el caso de la categoría Hogares, ésta queda descartada dado el tipo de infraestructura que se considera, que corresponde a grandes obras.

La categoría Privados (empresas), como se ha indicado, no se contemplan en la presente consultoría, principalmente por el limitado acceso a la información. No obstante, a modo de explorar las actividades que se encuentran realizando éstas para afrontar el cambio



climático, se investigó el caso de las empresas sanitarias del país. En particular se revisó el sistema de tarificación que estas actividades tienen, donde se obtuvo información concreta que indica que no existen incentivos claros para que las empresas sanitarias aborden el tema del cambio climático a largo plazo. Esto se debe principalmente al sistema de tarificación, el que se ejecuta por períodos de 5 años, sobre la base de los gastos de inversión y de operación que se proyectan en el período. Además el sistema cuenta con un margen de utilidades asegurado, que se estima a través de un porcentaje sobre su margen operacional. Por ambas razones, los incentivos se basan en un horizonte de inversión de corto plazo, en el que buscan las inversiones que les permita otorgar seguridad del servicio, en ese período.

4.4 Lineamientos de política

Previo al levantamiento y estimación de la línea base de inversiones en el subsector, es importante revisar la institucionalidad chilena relacionada al diseño e implementación de la infraestructura de recursos hídricos considerados en el alcance del presente estudio. Esta institucionalidad está repartida en un conjunto limitado de organizaciones, como son la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas, y la Comisión Nacional de Riego (CNR).

La DOH, como institución encargada de la ejecución y mantención de infraestructura de riego, gestión de aguas lluvias y sistemas de agua potable rural; la CNR como entidad encargada de fomentar las obras privadas de construcción y reparación de obras de riego y drenaje, así como encargada de promover el desarrollo agrícola de los productores de las áreas beneficiadas; y, la DGA encargada de promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación eficiente, como también de proporcionar y difundir la información generada por su red hidrométrica y la contenida en el Catastro Público de Aguas con el objeto de contribuir a la competitividad del país y mejorar la calidad de vida de las personas.

A continuación se revisan las políticas relacionadas con el sector infraestructura, con un énfasis marcado hacia aquellas políticas de inversión en las obras de infraestructura que considera el alcance definido anteriormente, que tienen que ver directamente con las medidas de adaptación que se han identificado preliminares en los subsectores considerados para este estudio. Entonces se considera:

- Política asociada a Grandes y Medianas Obras de Riego;
- Política asociada a Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas;
- Política asociada a Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias;
- Política asociada a Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces; y,
- Red Hidrométrica.



A continuación se describen los lineamientos de política¹⁸.

4.4.1 Lineamientos de Política asociada a Grandes y Medianas Obras de Riego

La Dirección de Obras Hidráulicas, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, impulsa el desarrollo de grandes y medianas obras de riego, las que se implementan al amparo del DFL 1.123. Este decreto regula el financiamiento de las obras con recursos del Estado, considerando un reembolso de la parte no subsidiada. Por su parte, por Resolución DOH N° 2547, de Junio de 2000, se crea la Subdirección de Riego en la Dirección de Obras Hidráulicas, con carácter funcional y con el objeto de apoyar a la DOH en la “dirección, supervisión, coordinación y control de las actividades relacionadas con el estudio, construcción y explotación de las obras de riego que se realicen con fondos fiscales y/o aportes de terceros; en la inspección de obras concesionadas y en la transferencia del dominio de las obras a privados”.

La política de la DOH para este tipo de obras se enmarca en uno de sus objetivos, cual es proveer de infraestructura de riego que permita disponer del recurso hídrico, para incorporar nuevas áreas al riego y/o aumentar la seguridad de riego, de las superficies actualmente regadas, incrementando así, el potencial productivo del sector. Bajo este objetivo, la DOH ha enterado 35 obras de regulación construidas por el Estado.

Antes de los años 30, las inversiones en obras de riego provenían principalmente de entidades privadas. Con el paso del tiempo, el Estado comienza a actuar más activamente, llegando a financiar actualmente casi la totalidad de estas iniciativas, bajo un esquema de reembolso del grupo de beneficiarios no subsidiados,. No obstante, este reembolso es difícil de gestionar dada la realidad del sector.

Entre 1990 y 2000 el Gobierno desarrolló importantes obras de embalses que significaron un aumento de 440 millones de m³ en la capacidad de almacenamiento, otorgando seguridad de riego a cerca de 68 mil hectáreas. En este período también se invirtió en el desarrollo de estudios de los embalses el Bato, Convento Viejo II Etapa y Ancoa, las que actualmente se encuentran en distintas fases de ejecución y que en un futuro cercano permitirán aumentar la capacidad de almacenamiento en aproximadamente 350 millones de m³. Así también en este período se hicieron inversiones importantes en la reparación de embalses, en concordancia con el objetivo de la DOH de mantener y/o aumentar la seguridad de riego.

La política para el período 2010-2030 parece estar marcada por el fuerte desarrollo esperado de la actividad agrícola en el país. La justificación de esto radica principalmente

¹⁸ La principal fuente para estos lineamientos corresponde a la información del reporte “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, de Enero de 2010 y “Actualización del Plan Director de Infraestructura MOP”, de Diciembre de 2009.



en que la actividad se verá favorecida por las oportunidades a nivel mundial, a saber: (1) Desplazamiento del cultivo para alimentos por el cultivo para el desarrollo de biocombustibles, en países de América, Europa y Asia; así como, (2) una recuperación en la demanda de productos agropecuarios una vez superada la recesión mundial. Por ello, el Ministerio de Agricultura proyecta una transformación del país en potencia agroalimentaria, con el consecuente aumento en requerimientos en el recurso hídrico y en infraestructura de obras de riego.

Bajo este escenario, los lineamientos de política para la infraestructura de grandes y medianas obras de riego, para los próximos años está claramente acotada a programas de inversión en infraestructura de riego hasta el año 2020. Con el desafío de transformar a Chile en potencia agroalimentaria, el programa de inversiones proyecta invertir hacia el año 2020 del orden de US\$ 2.200 millones para concluir embalses en ejecución e iniciar ejecución de nuevos embalses. Esta información se puede revisar en detalle en el informe sectorial “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, del MOP 2010.

El programa de inversión en canales va de la mano con el desafío de ser potencia agroalimentaria. No solo basta con aumentar la capacidad de almacenamiento, sino que también es importante usarlos en forma eficiente. La política de inversión en infraestructura también ha considerado la modernización de los canales existentes, así como la construcción de nuevos canales requeridos para las nuevas obras de riego. La inversión total proyectada al año 2020 asciende a MM US\$ 270.

La proyección de los lineamientos de inversión considera una inversión total proyectada al año 2020 de MM\$ 530.300.

4.4.2 Lineamientos de Política asociada a Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas

A partir del año 1994, uno de los roles de la Dirección de Planeamiento del MOP fue la supervisión y administración del programa de APR a nivel nacional, programa que se encontraba en desarrollo desde 1964. Por Memorando N° 0810 de Septiembre de 2000, el Director General de Obras Públicas, traspasa el Departamento de Programas Sanitarios a la Dirección de Obras Hidráulicas. Con ello, el Programa de APR pasa paulatinamente a depender de Obras Hidráulicas. A partir del año 2003, la Ley de Presupuestos incorporó los fondos necesarios para ejecutar el Programa de Agua Potable Rural en el Presupuesto de Inversión de la Dirección de Obras Hidráulicas.

Con lo anterior, a la fecha, la Dirección de Obras Hidráulicas, del Ministerio de Obras Públicas, es la encargada de proveer de infraestructura para el abastecimiento de agua potable a las localidades rurales concentradas y semi concentradas, con el fin de contribuir al incremento de la calidad de vida, mediante el mejoramiento de las condiciones sanitarias de este sector.



En los 45 años que lleva activo el programa de APR, se han implementado más de 1.500 sistemas de APRs que abastecen al 100% de la población concentrada. Los desafíos ahora se concentrándose en avanzar en el abastecimiento de la población semiconcentrada y dispersa, haciéndose cargo de los problemas de saneamiento y tratamiento de aguas servidas.

La política de inversión en el sector se hace cargo de estos desafíos, así como las actividades requeridas para mantener la continuidad de suministro, considerando inversiones para el mejoramiento, ampliaciones, y conservación de los sistemas de APR actuales. Así mismo se considera un Plan de fuentes hídricas y de pre factibilidad, que considera la inversión en sondajes y estudios de disponibilidad de recursos. Finalmente los lineamientos de inversión en el subsector considera programas específicos como el Plan Chiloé y Plan Arauco, donde hay un mandato presidencial específico para ejecutar programas sociales de mejoramiento integral de la calidad de vida de los lugareños, con énfasis en algunas obras de infraestructura, como son los APR para abastecer de agua potable a las poblaciones involucradas.

La proyección de los lineamientos de inversión considera una inversión total proyectada al año 2020 de MM\$ 530.300.

4.4.3 Lineamientos de Política asociada a Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias

Conforme a la Ley N° 19.525, de 1997 que “regula los sistemas de evacuación y aguas lluvias”, se establece que es el Estado quien “velará para que en las ciudades y centros poblados existan sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvia”. Para ello, entre otras cosas, transforma a la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas en la Dirección de Obras Hidráulicas, y define los nuevos roles. El MOP queda con la competencia relacionada con la red primaria de los sistemas de evacuación y drenaje de las aguas lluvia, mientras que el ministerio de Vivienda queda con la competencia de la red secundaria de los mismos. Es así como la planificación, estudios, proyección, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria queda bajo la competencia de la DOH del MOP.

Además la ley establece que cada centro urbano, sobre 50.000 habitantes, deberá contar con un Plan Maestro, incorporando la red primaria y por defecto, la red secundaria. Por Resolución DOH N° 2546, de Junio de 2000, se crea la Subdirección de Aguas Lluvias, con el objeto de asesorar a la DOH en la “confección de los planes maestros, proyecto y construcción de obras de conducción y drenaje de aguas lluvias; su explotación y mantenimiento y la coordinación de estas materias entre el Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio de la Vivienda”.



Por su parte, la Resolución DOH N° 5631 de Noviembre de 2001, radica en esta Subdirección la dependencia del Departamento de Obras Fluviales, y se cambia la denominación de la Subdirección de Aguas Lluvias por Subdirección de Cauces y Drenaje Urbano, que depende funcionalmente del Departamento de Obras Fluviales..

Los lineamientos en política de inversión en manejo de aguas lluvias ha sido ir desarrollando los Planes Maestros en las ciudades más importantes del país. A principios del año 2010 se contaba con 30 Planes Maestros elaborados, cubriendo una población de más de 10 millones de habitantes, cuya inversión total es de US\$ 3.500 millones y del cual se ha ejecutado un 53%.

Las propuesta de inversiones a futuro busca cumplir con los roles del MOP. Para ello se han priorizado: la ejecución de redes primarias en ciudades sobre 20.000 habitantes; la ejecución de redes primarias en ciudades sobre 50.000 habitantes; conservación de redes primarias de aguas lluvias, elaboración de marcos estratégicos para la nueva Ley de Aguas Lluvias (en discusión); la construcción y conservación de redes primarias con nueva ley de Aguas Lluvias, así como estudios normativos de aguas lluvias. Las inversiones propuestas hacia el 2020 acumulan un requerimiento de inversión total de MM\$30.500.

4.4.4 Lineamientos de Política asociada a Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces

Como se mencionaba anteriormente, en la Resolución DOH N° 5631 de Noviembre de 2001 se establece que la Subdirección de Cauces y Drenaje Urbano tendrá una dependencia funcional del Departamento de Obras Fluviales de la DOH. Eventos aluvionales como el evento en la ciudad de Antofagasta en 1991, y el que ocurrió en Santiago en la quebrada de Macul, en 1993, hicieron que el Ministro de la época, encargara a la Dirección de Obras Hidráulicas (Dirección de Riego de la época) la “planificación, estudio, construcción y mantenimiento de las obras de control aluvional que requiriese la protección de las ciudades, estas funciones se agregaron a las del Departamento de Obras Fluviales”.

Los lineamientos de política de inversión en manejo de cauces y control aluvional del Departamento de Obras Fluviales de la DOH ha considerado el desarrollo de estudios integrales para manejo de cauces en algunas regiones del país. A partir de ellas se identifican las acciones con medidas estructurales (obras fluviales, limpieza de cauces, encauzamientos, etc.) o no estructurales (delimitación de zonas de riesgo, lineamientos para extracción sustentable de áridos, etc.). A enero de 2010 se habían desarrollado 14 Planes Maestros de Manejo de Cauces en Chile, y se encontraban cinco en elaboración. Además se ha estado invirtiendo en diversos estudios de protección en tramos de los principales cauces de Chile.

Los lineamientos históricos en obras fluviales resaltan obras en conservación de riberas y defensas fluviales. En el año 2007 se hizo un catastro de las necesidades globales de obras



fluviales y conservación de riberas, el que ha sido de gran utilidad para orientar las inversiones en los años siguientes. El programa propuesto de obras y conservación de la DOH para los próximos años busca cubrir el déficit identificado en este catastro.

La propuesta de inversiones a futuro de la DOH considera lineamientos claros relacionado con inversiones en: Planes maestros; construcción de obras fluviales; conservación de riberas; control aluvional; y, conservación de obras de control aluvional. Las inversiones requeridas para estas obras al año 2020 suman un total de MM\$180.000.

4.4.5 Lineamientos de Política asociada a captura de información base: Red Hidrométrica¹⁹

De acuerdo a lo establecido por el Código de Aguas de 1981, la DGA es el órgano rector del Estado en materias de aguas terrestres y tiene a su cargo, entre otras, la función de investigar y medir el recurso hídrico, para lo cual deberá mantener el Servicio Hidrométrico Nacional (SHN).

El SHN lo compone la Red Hidrométrica Nacional (RHN) y los sistemas que permiten el almacenamiento y manejo de la información, tales como el Banco Nacional de Aguas (BNA), el Sistema de Gestión para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SIGIRH), y el Centro de Información de Recurso Hídricos (CIRH).

La información hidrométrica se recolecta a través de la Red Hidrométrica Nacional (RHN), compuesta por redes específicas que miden distintos parámetros de interés. Estas corresponden a las siguientes:

- Red Fluviométrica.
- Red Hidrometeorológica.
- Red Sedimentométrica.
- Red de Medición de Nieves y Glaciares.
- Red de Control de Aguas Subterráneas (pozos).

Esta red recoge información de distintos parámetros, y se registran en una base de datos a través del sistema computacional Banco Nacional de Aguas (BNA). Este sistema analiza, procesa y almacena la información obtenida desde la RHN. La información es dispuesta para su uso a través del CIRH, quien se encarga de acopiarla, preservarla y difundirla.

Cabe resaltar que la Dirección Meteorológica de Chile, de acuerdo al D.S N° 234 de 1971, está encargada de administrar la Red Meteorológica Nacional para satisfacer las necesidades de información, previsión, servicios y productos meteorológicos elaborados a los sectores económicos y sociales, tanto públicos como privados del país. Además, está

¹⁹ Dirección General de Aguas, www.dga.cl



encargada de administrar el Banco Nacional de Datos Meteorológicos, según lo estipulado en la Ley 17.931 de 1973.

En el año 2007, la DGA y la Dirección Meteorológica de Chile establecieron un convenio de colaboración con el fin de desarrollar y acrecentar sus actividades a través de la investigación científica, intercambios de información y la ejecución de proyectos determinados. El convenio establece la posibilidad de realizar en forma conjunta actividades destinadas a intercambiar información de sus redes de estaciones a objeto que estas se complementen y permitan potenciar ambas organizaciones, intercambiar datos de sus redes de estaciones DCP(Plataformas Colectoras de Datos interrogadas desde satélites) de acuerdo con su disponibilidad y estudiar la posibilidad de respaldar mutuamente las redes satelitales de ambas instituciones, con el objeto de contar con mayor información operativa para el desarrollo de sus modelos de pronósticos.

Debido a la disponibilidad de información, el presente estudio sólo considera en su análisis la Red Fluviométrica e Hidrometeorológica.

4.5 Definición de Línea Base

A continuación se presenta la línea base de cada subsector considerado en Infraestructura Hídrica.

4.5.1 Grandes y Medianas Obras de Riego

Descripción

La construcción de la línea base para la infraestructura asociada a grandes y medianas obras de riego se hizo a partir de la información otorgada por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH). Para el periodo 2007-2010 se utilizó la información contenida en los Balances de Gestión Integral de la DOH, los cuales son emitidos año a año. En ellos se describe los resultados de la gestión y las inversiones totales realizadas en Riego, las cuales se desagregan por cada subtipo de inversión;

- Estudios Obras de Riego
- Construcción de Obras de Riego
- Explotación Obras de Riego
- Programa de Fortalecimiento
- Inspección técnica de proyectos postulados a la Ley de Fomento al Riego
- Conservación Obras de Riego

Los balances describen cada iniciativa de inversión realizada, su costo total estimado y la ejecución en el año analizado, las que se clasifican dentro de un subtipo de inversión,



proceso que posteriormente fue validado por un experto de la DOH.

Para el periodo 2011-2030, la construcción de la línea base se realizó en base al documento “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, DOH. Este documento contiene una visión sobre los requerimientos en obras hidráulicas del Chile 2020 que impulsa el Estado. El Plan 2010-2020 especificado en el documento considera sólo el subtipo de inversión “Construcción de Obras de Riego”. Presenta el Programa de Inversiones en Embalses para el periodo 2010-2020, y adicionalmente contiene los proyectos que se han identificado preliminarmente, con el fin de completar sus estudios de preinversión y viabilizar su construcción durante los años siguientes. También presenta el Programa de canales 2010-2020. En base a estos Planes se pudo construir la línea base para el ítem de construcción de obras de riego.

El ítem sobre explotación de obras de riego no es abarcado en el Plan 2010-2020, por lo que fue necesario proyectarlo. Asimismo, el ítem estudios de obras de riego también fue proyectado debido a que las nuevas obras construidas deben contar con los estudios necesarios antes y después de su construcción. Los supuestos asociados a esta proyección se describen más adelante.

Finalmente, para el periodo 2021-2030 se realizó una proyección en base a la tendencia observada en el periodo anterior. Los supuestos asociados a esta proyección se describen más adelante.

Supuestos

A continuación se describen los supuestos utilizados para el cálculo de la línea base.

Supuestos para los flujos de inversión

En el caso de los embalses proyectados para el periodo 2010-2016 en el Plan 2010-2020, el monto total invertido en cada embalse se dividió en partes iguales dentro del periodo de construcción que contempla cada embalse.

Para los embalses proyectados para el periodo 2015-2020 en el Plan 2010-2020, dado que no se especifica la duración de la construcción de cada embalse, se dividió el monto total de la inversión de cada embalse en seis años (2015-2020).

El Plan 2010-2020 establece que los canales en ejecución se terminarán dentro del periodo 2010-2020. Dado que no se conoce el año exacto de término de cada canal, la inversión por ejecutar para cada canal se dividió en partes iguales para el periodo 2010-2020.

El monto de inversión en Construcción de Obras de Riego se proyectó como un monto constante a partir del año 2020, ya que el Plan 2020 establece ese monto constante a partir del año 2017.



Se proyecta el revestimiento de 1.000 km de canales para el periodo 2010-2020, según el Plan 2020. Dado que no se especifica los kilómetros de revestimiento anual, se dividió el monto total proyectado en partes iguales para el periodo 2010-2020.

Supuestos para los flujos operación y mantención

Para la proyección de los flujos de operación y mantención del ítem conservación obras de riego para el periodo 2010-2030, se calculó la fracción promedio histórica entre construcción y conservación de obras de riego. De este modo, se obtuvo que el 16,22% de la inversión anual en construcción de obras de riego corresponde a la conservación de obras de riego.

La proyección del ítem explotación de obras de riego para el periodo 2010-2030 se basó en el porcentaje que representa este ítem con respecto a la construcción de obras de riego. Los expertos consideran que la explotación de obras de riego representa un 0,5% de la inversión anual en construcción de obras de riego.

Supuestos para los flujos de financiamiento

Para la proyección del ítem estudios de obras de riego para el periodo 2010-2030, se calculó la fracción promedio histórica entre los estudios y la construcción de obras de riego. Se obtuvo que el 7% de las inversiones en construcción de obras de riego corresponde a estudios de obras de riego.

Para la proyección del periodo 2010-2030 para el ítem de inspección técnica de proyectos postulados a la Ley de Fomento al Riego, se calculó el promedio histórico de inversión (sin considerar el año 2009 ya que no se registran datos para ese año) y luego se proyectó ese monto para el periodo 2010-2030.



Elementos de Costos

Tabla 110: Inversiones en Grandes y Medianas Obras de Riego, periodo 2010-2030 (US M\$ 2007)

Año	Conservación Obras de Riego	Construcción de Obras de Riego	Estudios Obras de Riego
2010	15.847	105.322	5.793
2011	24.042	159.787	8.788
2012	38.427	255.392	14.047
2013	35.737	237.511	13.063
2014	27.542	183.045	10.067
2015	50.689	336.882	18.529
2016	44.108	273.146	15.023
2017	26.713	177.541	9.765
2018	26.713	177.541	9.765
2019	26.713	177.541	9.765
2020	28.669	177.541	9.765
2021	28.669	177.541	9.765
2022	28.669	177.541	9.765
2023	28.669	177.541	9.765
2024	28.669	177.541	9.765
2025	28.669	177.541	9.765
2026	28.669	177.541	9.765
2027	28.669	177.541	9.765
2028	28.669	177.541	9.765
2029	28.669	177.541	9.765
2030	28.669	177.541	9.765

Fuente: Elaboración propia

Fuentes de información

Las principales fuentes de información utilizadas se describen a continuación

- Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras Hidráulicas, año 2007, 2008, 2009 y 2010.
- Infraestructura Hidráulica del Chile 2020, Dirección de Obras Hidráulicas.

4.5.2 Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas

Descripción

La construcción de la línea base asociada a agua potable rural se hizo a partir de la información otorgada por la DOH. La construcción de la línea base para el periodo 2007-2010 se hizo en base a los Balances de Gestión Integral de la DOH, los cuales son emitidos año a año. En ellos se describe los resultados de la gestión y las inversiones totales



realizadas en agua potable rural, las cuales se desagregan por cada subtipo de inversión;

- Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural;
- Ampliaciones de Sistemas de Agua Potable Rural;
- Estudios de Diseño de Obras de Instalación Nuevas
- Asesoría en materias comunitarias, técnicas, administrativas y contable a los servicios de agua potable rural existentes
- Ampliaciones, Mejoramiento, Conservación y Estudios Hidrológicos para Sistemas de APR;
- Inversión no sectorial en sistemas rurales; y,
- Apoyar y Promover la Autosustentabilidad de los Servicios Existentes

Los balances describen cada iniciativa de inversión realizada, su costo total estimado y la ejecución en el año analizado. Cada una de estas iniciativas se clasificó dentro de un subtipo de inversión. La clasificación fue validada posteriormente por un experto de la DOH.

Para el periodo 2011-2030, la construcción de la línea base se realizó en base al documento “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, DOH. Este documento contiene una visión sobre los requerimientos en obras hidráulicas del Chile 2020 que impulsa el Estado. El documento presenta el Plan 2010-2020 en Agua Potable Rural para localidades Semiconcentradas, Mejoramiento de Sistemas de Agua Potable Rural existentes, Ampliación de Sistemas de Agua Potable Rural existentes y un Plan de Conservación. Debido a que el Plan 2010-2020 no abarca los estudios de diseños de nuevas obras, se realizó una proyección del ítem en base a la información histórica y supuestos asumidos.

Finalmente, para el periodo 2021-2030 se realizó una proyección en base a la tendencia observada en el periodo anterior. Los supuestos asociados a esta proyección se describen más adelante.

Supuestos

A continuación se describen los supuestos utilizados para el cálculo de la línea base.

Supuestos para los flujos de inversión

El Plan 2020 proyecta el monto total de inversión en el ítem de construcción de servicios de Agua Potable Rural para el periodo 2010-2020. Dado que no especifica el monto anual, se divide el total de la inversión en partes iguales para cada periodo considerado. El monto obtenido se proyectó también para el periodo 2020-2030.

El Plan 2020 proyecta el monto total de inversión en ampliación de sistemas de Agua Potable Rural para el periodo 2010-2020. Dado que no se especifica el monto anual, se



divide el total de la inversión en partes iguales para cada periodo considerado. Este monto se proyecta también para el periodo 2021-2030.

El documento proyecta el monto total de inversión en mejoramiento y conservación de sistemas de Agua Potable Rural para el periodo 2010-2020. Dado que no especifica el monto anual, se divide el total de la inversión en partes iguales para cada periodo considerado. El mismo monto se proyecta para el periodo 2021-2030.

El documento proyecta el monto total de inversión no sectorial en sistemas rurales para el periodo 2010-2020. Dado que no especifica el monto anual, se divide el total de la inversión en partes iguales para cada periodo considerado. El mismo monto se proyecta para el periodo 2021-2030.

El Plan 2020 proyecta el monto total de inversión sectorial saneamiento y tratamiento para el periodo 2010-2020. Dado que no se especifica el monto anual, se divide el total de la inversión en partes iguales para cada periodo considerado. El mismo monto se proyecta para el periodo 2021-2030.

El periodo 2010-2020 cubre el 55% de las necesidades de localidades semiconcentradas. Se asume que el 45 % restante se cubre durante el periodo 2021-2030.

Supuestos para los flujos operación y mantención

El Plan 2020 proyecta el monto total de inversión en mejoramiento y conservación de sistemas de Agua Potable Rural para el periodo 2010-2020. Dado que no especifica el monto anual, se divide el total de la inversión en partes iguales para cada periodo considerado. El mismo monto se proyecta para el periodo 2021-2030.

Se proyecta el monto de operación y mantención para el periodo 2021-2030 basándose en la relación mostrada en los años 2010-2020 entre el operación y mantención y el flujo de inversión.

Supuestos para los flujos de financiamiento

Para la proyección 2010-2030 del ítem de estudios de diseño de obras de instalación nuevas, ampliaciones, mejoramiento y estudios hidrológicos, se calculó la fracción promedio entre estudios de obras y la suma de ampliaciones y construcción de sistemas de Agua Potable Rural. De esta forma se obtuvo que el 7% de la inversión anual en ampliaciones y construcción de sistemas de Agua Potable Rural corresponde a estudios de diseño de obras.

Para la proyección del ítem sobre apoyar y promover la autosustentabilidad de los servicios existentes, se calculó el monto promedio histórico de inversión y se proyecta para el periodo 2010-2030.



Elementos de Costos

A continuación se presenta un resumen de los costos obtenidos

Tabla 111: Inversiones en Agua Potable Rural, periodo 2010-2030 (US M\$ 2007)

Año	Estudios de Diseño de Obras de Instalación Nuevas, Ampliaciones, Mejoramiento y Estudios Hidrológicos	Mejoramiento y Conservación Sistema de Agua Potable Rural
2010	15.186	24.984
2011	15.186	24.984
2012	15.186	24.984
2013	15.186	24.984
2014	15.186	24.984
2015	15.186	24.984
2016	15.186	24.984
2017	15.186	24.984
2018	15.186	24.984
2019	15.186	24.984
2020	15.186	27.517
2021	15.186	44.262
2022	15.186	44.262
2023	15.186	44.262
2024	15.186	44.262
2025	15.186	44.262
2026	15.186	44.262
2027	15.186	44.262
2028	15.186	44.262
2029	15.186	44.262
2030	15.186	44.262

Fuente: Elaboración propia

Fuentes de información

Las principales fuentes de información utilizadas se describen a continuación

- Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras Hidráulicas, año 2007, 2008, 2009 y 2010.
- Infraestructura Hidráulica del Chile 2020, Dirección de Obras Hidráulicas.

4.5.3 Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias

Descripción

La construcción de la línea base para la infraestructura asociada a agua potable rural (APR) se hizo a partir de la información otorgada por la DOH. La construcción de la línea base para el periodo 2007-2010 se hizo en base a los Balances de Gestión Integral de la DOH, los cuales son emitidos año a año. En ellos se describe los resultados de la gestión y las



inversiones totales realizadas en APR, las cuales se desagregan por cada subtipo de inversión.

- Colectores primarios de aguas lluvias
- Canales de Regadío
- Planes Maestro de Aguas Lluvias
- Conservación y Mantenimiento de la red primaria
- Planes Maestros de Aguas Lluvias
- Estudios de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias
- Ejecución de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

Los balances describen cada iniciativa de inversión realizada, su costo total estimado y la ejecución en el año analizado. Cada una de estas iniciativas se clasificó dentro de un subtipo de inversión. La clasificación fue validada posteriormente por un experto de la DOH.

Para el periodo 2011-2030, la construcción de la línea base se realizó en base al documento “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, DOH. Este documento contiene una visión sobre los requerimientos en obras hidráulicas del Chile 2020 que impulsa el Estado.

El Plan 2010-2020 considera los subtipo de inversión tales como planes maestro, el diseño y ejecución de obras, estudios normativos de aguas lluvias y conservación de la red primaria.

Finalmente, para el periodo 2021-2030 se realizó una proyección en base a la tendencia observada en el periodo anterior. Los supuestos asociados a esta proyección se describen más adelante.

Supuestos

A continuación se describen los supuestos utilizados para el cálculo de la línea base

Supuestos para los flujos de inversión

El Plan 2020 proyecta para el periodo 2010-2020 los ítems de “Diseño y Ejecución de obras en ciudades sobre 20.000 habitantes” y “Diseño y Ejecución de obras en ciudades sobre 50.000 habitantes. Se considera estos ítems como uno sólo y se describe como “Ejecución de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias”. Sin embargo, la proyección realizada en el documento incluye en el ítem la "Construcción de colectores primarios de aguas lluvias", pero la información histórica los considera por separado. Para poder proyectar entonces, se calculó la relación entre ambos y según esa relación se dividió el monto de la proyección. Posteriormente se realizó un análisis de tendencia para obtener la proyección de ambos ítem para el periodo 2021-2030

La proyección 2021-2030 del ítem sobre Ejecución de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias se efectuó mediante un análisis de tendencia. El análisis consideró los datos



proyectados en el Plan para el periodo 2010- 2020.

Supuestos para los flujos operación y mantención

Para el ítem sobre Conservación y Mantenimiento de la red primaria se realizó un análisis de tendencia para obtener las proyecciones del periodo 2021-2030. Para este análisis se consideraron los datos registrados en el Plan a partir del año 2010.

Supuestos para los flujos de financiamiento

Para la proyección del periodo 2010-2030 del ítem "Estudios de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias" se calculó el promedio histórico de inversión y se proyectó para el periodo 2010-2030.

Elementos de Costos

Tabla 112: Costos de Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias (US M\$ 2007)

Año	Colectores primarios de aguas Lluvias	Conservación y Mantenimiento de la red primaria	Estudios de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias,
2010	22.644	3.703	38
2011	35.494	4.172	38
2012	33.180	4.346	38
2013	26.852	4.520	38
2014	26.235	4.693	38
2015	38.581	4.867	38
2016	38.581	5.215	38
2017	44.754	5.215	38
2018	44.754	5.562	38
2019	48.766	5.562	38
2020	56.833	6.032	38
2021	51.951	6.089	38
2022	54.408	6.289	38
2023	56.864	6.490	38
2024	59.321	6.690	38
2025	61.777	6.891	38
2026	64.234	7.091	38
2027	66.690	7.291	38
2028	69.147	7.492	38
2029	71.603	7.692	38
2030	74.060	7.893	38

Fuente: Elaboración propia

Fuentes de información

Las principales fuentes de información utilizadas se describen a continuación:

- Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras Hidráulicas, año 2007, 2008, 2009 y 2010.
- Infraestructura Hidráulica del Chile 2020, Dirección de Obras Hidráulicas.



4.5.4 Planes Maestro de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces

Descripción

La construcción de la línea base para la infraestructura asociada a obras fluviales y obras de manejo de cauces se hizo a partir de la información otorgada por la DOH. La construcción de la línea base para el periodo 2007-2010 se hizo en base a los Balances de Gestión Integral de la DOH, los cuales son emitidos año a año. En ellos se describe los resultados de la gestión y las inversiones totales realizadas en Obras fluviales y de manejo de cauces, las cuales se desagregan por cada subtipo de inversión;

- Planes Maestros de Obras de Manejo de Cauces
- Defensas Fluviales
- Encauzamiento de Riberas
- Estudios de Manejo Cauces
- Ejecución de Obras de Manejo de Cauces
- Conservación de Riberas
- Programa de Prevención de Aluviones
- Estudios de Control Aluvional
- Obras de Control Aluvional
- Estudios de Definición de Deslindes

Los balances describen cada iniciativa de inversión realizada, su costo total estimado y la ejecución en el año analizado. Cada una de estas iniciativas se clasificó dentro de un subtipo de inversión. La clasificación fue validada posteriormente por un experto de la DOH.

Para el periodo 2011-2030, la construcción de la línea base se realizó en base al documento “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, de la DOH. Este documento contiene una visión sobre los requerimientos en obras hidráulicas del Chile 2020 que impulsa el Estado. El Plan 2010-2020 presenta las inversiones en obras fluviales y de control aluvional. Dentro de los subtipos que considera el Plan 2010-2020 se encuentran los planes maestros, construcción de obras fluviales, conservación de riberas, construcción obras de control aluvional y conservación de obras de control aluvional. Aquellos ítems que no fueron proyectados por el Plan, tales como estudios de manejo de cauces, fueron proyectados en base a la información histórica que se posee.

Finalmente, para el periodo 2021-2030 se realizó una proyección en base a la tendencia observada en el periodo anterior. Los supuestos asociados a esta proyección se describen a continuación.



Supuestos

A continuación se describen los supuestos utilizados para el cálculo de la línea base.

Supuestos para los flujos de inversión

El Plan 2020 proyecta para el periodo 2010-2020 el ítem "Construcción de Obras fluviales". Sin embargo, la información histórica recolectada desagrega este ítem en "Defensas fluviales" y "Ejecución de Obras de manejo de cauces". Para realizar la proyección de las obras anteriores se calculó el promedio anual de inversiones de ambas y luego según esa proporción se dividió el monto proyectado por el documento de "Construcción de Obras Fluviales".

La proyección 2021-2030 de Obras de Manejo de Cauces y Defensas Fluviales se efectuó mediante un análisis de tendencia. El análisis consideró los datos desde 2010 al 2020.

Para la proyección del ítem "Obras de control aluvional" se calculó el promedio de inversión 2010-2020, y ese monto se proyectó para el periodo 2021-2030. No se realizó un análisis de tendencia ya que no existe un nivel de correlación suficiente en los datos para aplicar esa herramienta.

Supuestos para los flujos operación y mantención

La proyección 2021-2030 del ítem Conservación de Obras Aluvionales se efectuó mediante un análisis de tendencia. El análisis consideró los datos desde 2010 al 2020.

La proyección 2021-2030 del ítem Conservación de Riberas se efectuó mediante un análisis de tendencia. El análisis consideró los datos desde 2010 al 2020.

Supuestos para los flujos de financiamiento

Para proyectar el ítem "Estudios de Control Aluvional" se calculó el promedio de los datos históricos y se proyectó hasta el 2030. Sin embargo, se registran sólo dos datos históricos por lo que el nivel de confianza de los datos proyectados es poco significativo.

Para proyectar el ítem "Estudios de Manejo Cauces" se calculó el promedio de los datos históricos y se proyectó hasta el 2030. Sin embargo, sólo hay dos años para los cuales existen datos, por lo que el nivel de confianza de la proyección es poco significativo.

Para la proyección del ítem "Planes Maestros de Obras de Manejo de Cauces" se calculó el promedio de inversión 2010-2020, y ese monto se proyectó para el periodo 2021-2030. No se realizó un análisis de tendencia ya que no existe un nivel de correlación suficiente en los datos para aplicar esa herramienta.



Elementos de Costos

Tabla 113: Inversiones en Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauce, periodo 2010-2030 (US M\$ 2007)

Año	Defensas Fluviales	Ejecución de Obras de Manejo de Cauces	Estudios de Manejo Cauces	Planes Maestros de Obras de Manejo de Cauces
2010	2.170	4.213	112	994
2011	1.773	3.442	112	1.217
2012	2.364	4.589	112	1.217
2013	2.660	5.163	112	1.217
2014	2.955	5.736	112	1.391
2015	2.955	5.736	112	1.391
2016	3.546	6.884	112	1.391
2017	3.546	6.884	112	869
2018	4.137	8.031	112	869
2019	5.319	10.325	112	869
2020	5.217	10.128	112	744
2021	5.248	10.188	112	1.106
2022	5.572	10.817	112	1.106
2023	5.896	11.446	112	1.106
2024	6.220	12.075	112	1.106
2025	6.544	12.704	112	1.106
2026	6.868	13.333	112	1.106
2027	7.192	13.962	112	1.106
2028	7.516	14.591	112	1.106
2029	7.840	15.220	112	1.106
2030	8.164	15.848	112	1.106

Fuente: Elaboración propia

Fuentes de información

Las principales fuentes de información utilizadas se describen a continuación

- Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras Hidráulicas, año 2007, 2008, 2009 y 2010.
- Infraestructura Hidráulica del Chile 2020, Dirección de Obras Hidráulicas.

4.5.5 Red Hidrométrica Nacional

Descripción

La construcción de la línea base para la infraestructura asociada la Red Hidrométrica Nacional (RHN) se hizo a partir del registro de estaciones fluviométricas e hidrometeorológicas otorgado por la Dirección General de Aguas (DGA). El registro detalla la ubicación, tanto de estaciones fluviométricas como hidrometeorológicas, por región y su año de construcción. Adicionalmente, la DGA permitió el acceso a la información de costos de instalación y operación de las estaciones. Finalmente, a través del Plan de Mejoramiento de la Red Hidrométrica, el cual es definido en el estudio “Análisis y Valoración de la Red Fluviométrica y Asignación de Derechos de Aprovechamiento”, se



pudo complementar la información que se tenía principalmente en cuanto a costos de cambio de tecnología, y de esta forma construir la línea base.

La proyección para el periodo 2007 -2030 de la RHN se realizó tomando en cuenta el crecimiento observado durante el periodo que se tenía registro, es decir, 2006 y 2010. Los supuestos asociados a esta proyección se describen más adelante.

Supuestos

A continuación se describen los supuestos utilizados para el cálculo de la línea base.

Supuestos para los flujos de inversión y operación y mantenimiento.

La proyección para el periodo 2007-2030 se hizo a partir de la información histórica y actual de la cantidad de estaciones existentes. La tendencia de crecimiento que existía durante el periodo histórico (2005) y actual (2010) se proyectó para el periodo 2010-2030. Los costos de cada tipo de inversión se obtuvieron del estudio realizado por la DGA sobre el mejoramiento de la Red “Análisis y Valoración de la Red Fluviométrica y Asignación de Derechos de Aprovechamiento”



Elementos de Costos

Tabla 114: Costo Estaciones Fluviométricas

Región	Estaciones	Costo Instalación (M\$)	Costos de Operación (M\$)							
			Personal Directo	Movilización	Mantenimiento	Reparaciones	Repuestos	Gastos Generales	Costo Anual Total	Costo por Estación (M\$/año)
I	19	469.522	37.604	11.900	7.491	5.722	6.031	14.712	83.460	4.393
II	21	551.061	30.029	11.186	5.063	5.913	6.232	12.502	70.925	3.377
III	26	673.237	29.280	8.139	7.283	4.959	5.226	11.746	66.633	2.563
IV	39	1.013.166	68.588	14.461	15.296	8.583	9.046	24.818	140.792	3.610
V	19	426.245	29.262	6.193	6.790	3.624	3.819	10.633	60.322	3.175
VI	15	336.930	19.651	5.382	6.966	2.861	3.015	8.105	45.981	3.065
VII	56	1.274.775	55.032	20.200	6.325	10.681	11.257	22.148	125.644	2.244
VIII	46	1.039.414	47.995	15.240	25.542	8.774	9.247	22.855	129.651	2.819
IX	35	721.866	48.854	13.262	14.938	6.676	7.036	19.424	110.189	3.148
X	43	864.167	55.997	15.629	13.268	8.201	8.644	21.772	123.511	2.872
XI	32	676.047	27.645	9.760	11.370	6.294	6.634	13.204	74.907	2.341
XII	33	671.790	54.234	11.316	6.600	6.676	7.036	18.374	104.236	3.159
RM	19	407.275	23.097	5.609	8.620	3.624	3.819	9.581	54.350	2.861
Total	403	9.125.493	527.268	148.277	135.552	82.587	87.041	209.875	1.182.378	2.954

Fuente: Dirección General de Aguas, 2006



Tabla 115: Costo Estaciones Hidrometeorológicas

Región	ESTACIONES	INSTALACION Infraestructura y Equipamiento	COSTOS ANUAL								
			Personal Directo			Movilización	Mantención		Repuestos (**)	Gastos Generales	TOTAL
			Viáticos	Observadores	Sueldos Directos		Conservación	Operación			
I	45	\$ 159.077.789	\$ 1.206.504	\$ 1.780.320	\$ 3.616.896	\$ 2.944.494	\$ 1.437.000	\$ 1.050.000	\$ 1.901.790	\$ 5.655.784	\$ 19.592.788
II	40	\$ 160.794.479	\$ 1.051.932	\$ 3.043.200	\$ 6.576.120	\$ 2.576.432	\$ 2.300.000	\$ 1.800.000	\$ 1.690.480	\$ 5.027.363	\$ 24.065.528
III	26	\$ 114.781.155	\$ 547.044	\$ 2.669.040	\$ 7.891.116	\$ 1.840.309	\$ 1.654.000	\$ 400.000	\$ 1.098.812	\$ 3.267.786	\$ 19.368.107
IV	58	\$ 198.808.954	\$ 3.549.804	\$ 4.085.844	\$ 19.607.364	\$ 3.680.618	\$ 2.162.000	\$ 1.800.000	\$ 2.282.148	\$ 6.786.940	\$ 43.954.718
V	52	\$ 135.734.581	\$ 1.754.928	\$ 3.063.540	\$ 8.027.628	\$ 3.312.556	\$ 1.470.000	\$ 1.200.000	\$ 2.113.100	\$ 6.284.204	\$ 27.225.956
VI	28	\$ 95.090.500	\$ 1.625.748	\$ 1.506.240	\$ 9.062.100	\$ 1.840.309	\$ 700.000	\$ 800.000	\$ 1.141.074	\$ 3.393.470	\$ 20.068.941
VII	55	\$ 181.206.964	\$ 658.080	\$ 3.566.760	\$ 3.206.052	\$ 3.680.618	\$ 2.050.000	\$ 1.450.000	\$ 2.282.148	\$ 6.786.940	\$ 23.680.598
VIII	53	\$ 129.709.479	\$ 1.316.160	\$ 5.831.160	\$ 7.908.084	\$ 3.312.556	\$ 2.350.000	\$ 1.250.000	\$ 2.113.100	\$ 6.284.204	\$ 30.365.264
IX	51	\$ 175.898.661	\$ 573.768	\$ 3.592.560	\$ 6.784.800	\$ 3.312.556	\$ 2.880.000	\$ 1.500.000	\$ 2.155.362	\$ 6.409.888	\$ 27.208.934
X	42	\$ 157.743.809	\$ 2.913.300	\$ 3.612.120	\$ 28.534.104	\$ 2.944.494	\$ 2.820.000	\$ 1.800.000	\$ 1.775.004	\$ 5.278.731	\$ 49.677.754
XI	34	\$ 187.150.472	\$ 2.029.140	\$ 4.893.240	\$ 10.651.500	\$ 2.208.371	\$ 2.100.000	\$ 1.800.000	\$ 1.436.908	\$ 4.273.259	\$ 29.392.418
XII	41	\$ 198.920.565	\$ 2.173.140	\$ 2.814.360	\$ 33.421.152	\$ 2.576.432	\$ 3.500.000	\$ 1.800.000	\$ 1.690.480	\$ 5.027.363	\$ 53.002.928
R.M	44	\$ 156.282.593	\$ 3.564.636	S/I	\$ 11.127.168	\$ 2.576.432	\$ 1.350.000	\$ 800.000	\$ 1.648.218	\$ 4.901.679	\$ 25.968.134
TOTAL	569	\$ 2.051.200.000	\$ 22.964.184	\$ 40.458.384	\$ 156.414.084	\$ 36.806.177	\$ 26.773.000	\$ 17.450.000	\$ 23.328.627	\$ 69.377.614	\$ 393.572.070

Fuente: Dirección General de Aguas, 2006



Tabla 116: Plan de Mejoramiento de la Red Hidrométrica Nacional, 2006

Mejoramiento de la Red Fluviométrica	Cantidad	Costo Instalación (M\$2006)	Costo OyM (M\$2006)	Costo por estación Instalación (M\$2006)	Costo por estación OyM(M\$2006)
Cambio de estaciones de registro analógico a digital.	47	206.236	0	4.388	0
Aumento densidad de estaciones fluviométricas digital	147	2.850.000	430.710	19.388	2.930
Cambio de estaciones de registro digital a transmisión satelital	164	794.420	0	4.844	0
Aumento de estaciones fluviométricas para control de extracciones (Plan Complementario).	100	923.200	290.000	9.232	2.900
Mejoramiento de la Red Hidrometeorológica.	Cantidad	Costo Instalación (M\$2006)	Costo OyM (M\$2006)	Costo por estación Instalación (M\$2006)	Costo por estación OyM(M\$2006)
Aumento densidad de estaciones pluviométricas.	127	254.000	88.900	2.000	700
Cambio de estaciones de registro digital a transmisión satelital.	150	175.500	0	1.170	0
Actualización de las Rutas de Nieve,	15	105.000		7.000	0
Instalación nuevas Rutas de Nieve,	5	50.000		10.000	0
Aumento densidad de estaciones hidrometeorológicas con medición de temperatura.	56	840.000	39.200	15.000	700

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 117: Proyección Red Fluviométrica

Mejoramiento de la Red Fluviométrica	Cantidad Proyectada al 2030	Total Instalacion (M\$2006)	Total OyM (M\$2006)	Total Anual periodo Instalación (2010-2030)	Total Anual periodo OyM (2007-2030)
Cambio de estaciones de registro analógico a digital.	26	114.088	0	5.433	0
Aumento densidad de estaciones fluviométricas digital	170	3.295.918	0	156.948	0
Cambio de estaciones de registro digital a transmisión satelital	461	2.233.095	0	106.338	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118: Proyección Red Hidrometeorológica

Mejoramiento de la Red Hidrometeorológica.	Cantidad Proyectada al 2030	Total Instalacion (M\$2006)	Total OyM (M\$2006)	Total Anual periodo Instalación (20010-2030)	Total Anual periodo OyM (2007-2030)
Aumento densidad de estaciones pluviométricas.	291	582.000	203.700	27.714	9.700
Cambio de estaciones de registro digital a transmisión satelital.	599	700.830		33.373	
Actualización de las Rutas de Nieve,					
Instalación nuevas Rutas de Nieve,	10	100.000		4.762	

Fuente: Elaboración propia

Fuentes de información

Las principales fuentes de información utilizadas se describen a continuación:

- Análisis y Valoración de la funcionalidad de la red Fluviométrica y asignación de derechos de aprovechamiento", Dirección de Planeamiento, MOP, 2006
- Base de datos sobre Estaciones Hidrométricas, Dirección General de Aguas.

4.6 Escenarios de adaptación para el Sector Infraestructura Subsector Hídrico

Las consecuencias del cambio climático tienen un impacto directo sobre las infraestructuras relacionadas al subsector hídrico. La disminución de precipitación anual, la mayor intensidad de precipitaciones, la mayor ocurrencia de crecidas y la disminución del recurso hídrico en napas subterráneas y aguas superficiales, exigen un cambio en el diseño de las obras, o en otras palabras, exige que las obras se adapten a este nuevo escenario. En consecuencia, los actuales planes relacionados al subsector hídrico tendrán que modificarse, de manera de poder cumplir con los objetivos propuestos bajo un nuevo escenario.



Como se menciona en el alcance de este capítulo, la presente consultoría consideró desde un principio medidas de adaptación según las categorías agregadas de los distintos tipos de inversión en infraestructura y que corresponden a:

- Aprovisionamiento del recurso, que incluyen aquellas obras que permiten provisionar recursos hídricos con distintos fines. Entre estas obras están los embalses y los sistemas de agua potable rural; y,
- El manejo de riesgos frente a eventos extremos, que incluye aguas lluvia y defensas fluviales.

El primer paso para la identificación de medidas en estas categorías, corresponde al levantamiento de información relativa al diseño y operación de estas obras, así como información relativa al impacto del CC en las mismas. Estos aspectos son claves y desde un principio se visualizaron como una dificultad para lograr aplicar la metodología FI&F. En particular, a partir de la información relativa a unas pocas obras, se debía extrapolar los requerimientos en adaptación a un nivel nacional. Después del análisis de la información disponible, se asumió que no se podría llegar a resultados concluyentes, por lo que se aplicó la metodología FI&F a modo de ejercicio de aprendizaje, pero sin la información completa disponible.

Para efectos de la aplicación de este ejercicio, se definió al menos una medida por tipo de obra, para explorar las posibilidades de aplicación de la metodología FI&F. Bajo este esquema, se propuso analizar las siguientes medidas:

- Medida para Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias: “Mantener seguridad de diseño de las obras proyectadas de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias
- Medida para Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces: “Mantener la seguridad de las Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces”
- Medida para Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas: “Mejoramiento de los sistemas a través de profundización de pozos para mantener el nivel de servicio”
- Medida para Grandes y Medianas Obras de Riego: “Construcción de nuevos embalses”.
- Medida para Sistema o Estaciones de Monitoreo: “Aumentar la cobertura de Estaciones Fluviométricas e Hidrológicas principalmente en zonas de altas cuencas hidrográficas y cuencas costeras”

A continuación se presentan la descripción de las medidas de adaptación al cambio climático por cada subsector considerado en Infraestructura Subsector Hídrico, con las aproximaciones realizadas para su evaluación y las dificultades encontradas en este proceso.



4.6.1 Medida 1 Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias

Descripción: “Mantener seguridad de diseño de las obras proyectadas de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias”

Los Planes Maestros de Aguas Lluvias y sus Obras anexas se diseñan para condiciones extremas, con la finalidad de que las obras sean capaces de entregar la seguridad de evacuar las lluvias máximas. Por ello, el diseño de estas obras considera la precipitación máxima en 24 horas, P_{24max} , para un período de retorno de diseño, T , y este último varía según las características de la obra. A modo de ejemplo, la siguiente tabla resume los períodos de retorno considerados para el Gran Santiago.

Tabla 119: Períodos de retorno para obras de saneamiento urbano en Gran Santiago.

Cauces Naturales	T entre 25 y 100 años
Canales	T = 2 ó 10 años, dependiendo de su importancia
Quebradas	T = 10 años
Aéreas urbanas	T = 2 años para Caudal en la descarga ≤ 20 m ³ /s
	T = 5 años para Caudal en la descarga > 20 m ³ /s

Fuente: Plan Maestro de Aguas Lluvias del Gran Santiago

Los Planes Maestros contemplan soluciones específicas a las condiciones meteorológicas y geomorfológicas de la zona de estudio. A la fecha, en Chile se han diseñado 33 Planes Maestros, de los cuales una fracción menor se encuentra en proceso de implementación. Estos planes han sido diseñados en condiciones proyectadas sin considerar Cambio Climático, por ello se define la medida adaptación como aquellas inversiones que buscan mantener el nivel de servicio de los Planes Maestros. Lo anterior implica mantener la seguridad del diseño original (sin cambio climático).

Como el diseño varía dependiendo del tipo de saneamiento a considerar del Plan Maestro, como se desprende de la tabla precedente, se ha considerado la medida para la obra de mayor impacto en los planes Maestros, la que corresponde a la red primaria de aguas lluvias de cada Plan. Entonces finalmente, la medida de adaptación corresponde a la mantención de la seguridad de diseño original de las redes primarias de los Planes Maestros ya diseñados en el país.

Supuestos de penetración o cobertura

Existen modelos globales de circulación atmosférica y oceánica, calibrados con registros históricos de variables climáticas, los cuales permiten modelar condiciones futuras de variables meteorológicas ante distintos escenarios de concentración de gases invernadero



en la atmósfera. En Chile, el Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (DGF) ha utilizado estos modelos de gran escala para forzar un modelo de mayor resolución, el modelo PRECIS-DGF, el cual entrega proyecciones a nivel regional²⁰. No obstante, para estudiar zonas geográficas más específicas, se requiere hacer el *downscaling* de la información de precipitaciones diarias a nivel local, lo que no se ha realizado a un nivel representativo en Chile.

Como se menciona anteriormente, el diseño de este tipo de obras obedece a parámetros de diseño relacionados con las condiciones extremas de una tormenta, P_{24max} y períodos de retorno (entre 2 y 5 años para red primaria), en una zona geográfica específica a estudiar. Por ello, como primera aproximación, para examinar cuál es el comportamiento futuro de estas variables en la situación con cambio climático (escenario A2), se ha considerado una muestra bastante menor de estaciones meteorológicas en las cuales se contaba con información de las series de máximas anuales de precipitación diaria hacia fines del siglo XXI. Las estaciones son cinco: “Los Ángeles”, “Laja”, “Cañete”, “Chillancito” y “Quinta Normal”. Hoy en día no existe proyecciones de precipitaciones diarias máximas en el escenario de variabilidad climática para otras estaciones que no sean las nombradas anteriormente, por lo que es imposible realizar un análisis con información representativa de cada región.

En Anexo 4.9.3 se presentan los análisis de frecuencia según la distribución que mejor se ajusta a cada estación y la distribución espacial de las mismas. De ellas se desprende el siguiente cuadro resumen:

Tabla 120: Porcentaje de variación de P_{24max} al 2030.

Estación	P(T=5 años) Línea Base (1960-1990)	P(T=5 años) escenario A2 (2070-2100)	% Variación al 2070-2100	% Variación al 2030
Los Ángeles	88,0	76,2	-13,4	-6,8
Laja	79,6	57,0	-28,3	-14,3
Cañete	55,0	72,5	31,8	16,1
Chillancito	100,4	84,4	-15,9	-8,0
Quinta Normal	62,5	59,8	-4,3	-2,2

Fuente: Elaborado por expertos del estudio

En consecuencia, en la muestra analizada se observa que existirán reducciones de las precipitaciones máximas diarias, por lo que en esos casos las obras de aguas lluvias serán más seguras (al menos 75% de la muestra, dejando Quinta Normal fuera debido a su menor variación). Sin embargo en algunas localidades (25% de la muestra) pueden apreciarse

²⁰ Impacto del cambio climático en las crecidas de la quebrada San Ramón. Análisis de Variables Meteorológicas. Javiera Pérez J y Ximena Vargas M., 2011.

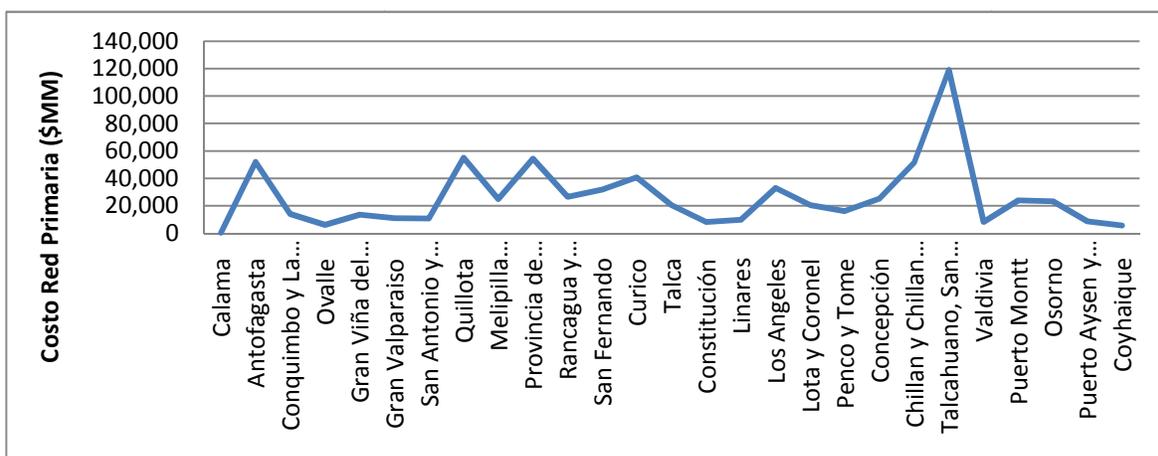


aumentos significativos de las lluvias diarias asociadas al período de retorno $T=5$ años, valor usado comúnmente para el diseño de los colectores primarios.

Los análisis previos abordan solo cuatro estaciones meteorológicas, lo que no permite fundamentar supuestos a nivel nacional respecto de los requerimientos de aumento en la inversión, asociado a la presente medida. Para lograr un análisis de estas características, sería necesario contar con más información relativa a las precipitaciones a nivel de cuenca o de sistemas.

Una segunda aproximación, fue intentar obtener una relación entre el aumento de las precipitaciones y el aumento en la inversión asociada a los colectores primarios, se analizó la información obtenida, sin embargo no pudo concluirse nada concreto. El primer análisis realizado para obtener una correlación, fue relacionar el costo del colector con la precipitación de la zona. Por ejemplo, si en la ciudad de Talca, bajo un escenario de cambio climático lloviera el volumen que llueve hoy en Rancagua (región contigua a Talca), el futuro costo del colector en Talca será el costo actual del colector de Rancagua. Este análisis se realizó para otras zonas también, sin embargo, no se observó correlación entre los costos y el nivel de precipitación. Esto se debe principalmente a que otros factores influyen sobre los montos de inversión, como son los factores geomorfológicos, ubicación geográfica, red hídrica, etc. Las imágenes a continuación explican de mejor manera la baja correlación entre el costo de la red primaria y el nivel de precipitación. (La figura presenta las regiones del país ordenadas de norte a sur).

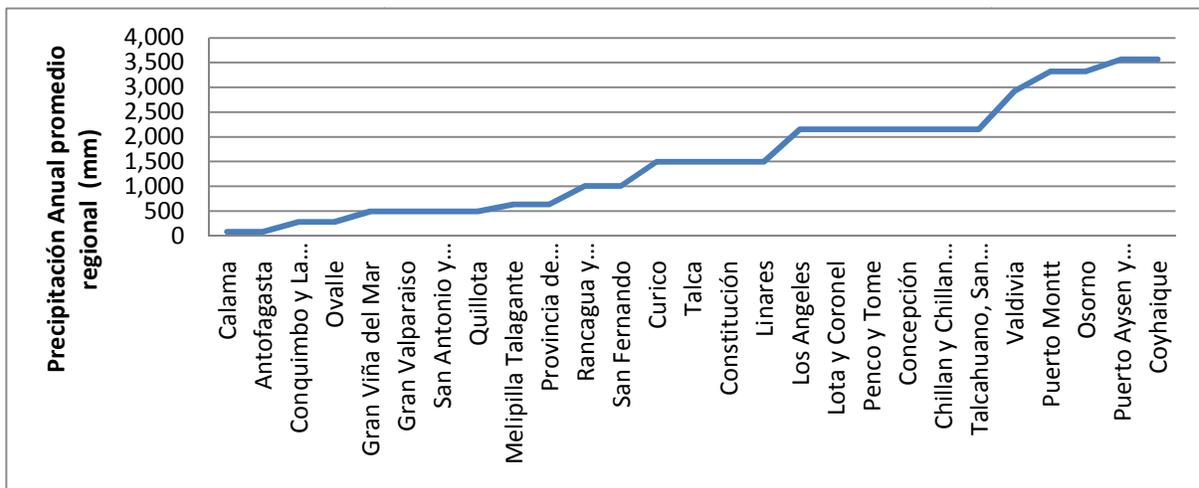
Figura 16: Costos Red Primaria por Región (ordenadas de Norte a Sur)



Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Precipitaciones por Región (ordenadas de Norte a Sur)



Fuente: Elaboración propia

Como tercera aproximación, se analizó la información relacionada a los costos totales de los planes maestros y los costos de la red primario. En este caso tampoco se observó correlación entre ambos montos.

En definitiva, con la información disponible no se logra llegar a una relación entre el aumento de las precipitaciones y el aumento en la inversión, así como tampoco a una relación entre los costos de la red primaria y el nivel de precipitación. Por ello, no se puede aplicar la metodología FI&F en forma seria, logrando resultados concluyentes. Con el objeto de mostrar cómo se realizaría una aplicación de esta metodología, en el Anexo 1.9.1 y 1.9.2 se presenta a modo de ejercicio, una aplicación con supuestos generales.

Fuentes de información

- Planes Maestros de 33 zonas de estudio, facilitados por la División de Aguas Lluvias de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Lluvias.
- “Impacto del Cambio Climático en las Crecidas de la Quebrada San Ramón. Análisis de Variables Meteorológicas”. Javiera Pérez J. y Ximena Vargas M., 2011.
- “Estudio de Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI” realizado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, para la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), 2007.

4.6.2 Medida 2 Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces

Descripción: “Mantener la seguridad de las Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces”

Al igual que en el caso de Aguas Lluvias, los Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras



de Manejo de Cauces, se diseñan para condiciones extremas, entregando la seguridad a la ciudadanía frente a crecidas de lluvias máximas y/o de deshielos. Por ello, el análisis realizado en la medida anterior es replicable en el presente caso, con la diferencia de que el período de retorno de diseño a observar en este caso es el típicamente utilizado en obras fluviales, que es de $T=100$ años.

Se considera la medida de adaptación como la mantención de la seguridad de diseño original de los Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces ya diseñados en el país.

Supuestos de penetración o cobertura

Al observar el análisis de frecuencia en Anexo 1.9.3, se observa que para una de las cuatro estaciones analizadas (25% de la muestra), aumenta la probabilidad de excedencia de la precipitación diaria máxima de diseño, que originalmente correspondía a $T=100$. Mientras que en los otros 3 casos (75% de la muestra) se observa que la precipitación diaria máxima de diseño para $T=100$, disminuye. El caso de Quinta Normal las precipitaciones diarias máximas para el período de retorno 100 años se mantienen prácticamente igual que en la línea base.

Al igual que en la medida anterior, los análisis abordan un número muy menor de estaciones meteorológicas, sin tener una representatividad adecuada para fundamentar supuestos de penetración de la medida.

Como una segunda aproximación, se propuso analizar tres casos ejemplificadores de construcción y reparación de obras colapsadas frente a eventos extremos en el pasado. Esto con el fin de obtener un valor aproximado sobre el costo de reparación de una obra asociada a un evento de tales características. Dicha información lamentablemente no se encuentra sistematizada, por lo cual no se logró levantar para el presente estudio. Se propone como una opción para futuros estudios.

A pesar de la falta de información, en Anexo 4.9.1 y 4.9.2 se presenta una aplicación de la metodología FI&F con supuestos generales, como un ejercicio de aplicación de aprendizaje.

Fuentes de información

- Costos y parámetros de diseño de Obras Fluviales del año 2010, facilitado por la División de Obras Fluviales, de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.
- “Impacto del Cambio Climático en las Crecidas de la Quebrada San Ramón. Análisis de Variables Meteorológicas”. Javiera Pérez J. y Ximena Vargas M., 2011.
- “Estudio de Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI” realizado por el



Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, para la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), 2007.

4.6.3 Medida 3 Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas

Descripción: “Mejoramiento de los sistemas a través de profundización de pozos para mantener el nivel de servicio”

Los parámetros de diseño de los sistemas de Agua Potable Rural tienen relación con la población, dotación, altura de elevación y la disponibilidad de los recursos superficiales o subterráneos en la zona donde se implementará el sistema. Las condiciones climáticas futuras afectarán la disponibilidad del recurso en las distintas regiones del país, la evidencia indica que en promedio la precipitación reduce en todo el territorio nacional (bajo el escenario A2). Con estos antecedentes se puede concluir que como consecuencia del cambio climático, bajarán las napas freáticas para los sistemas subterráneos y disminuirán los caudales pasantes en las fuentes para los sistemas superficiales.

Por lo anterior se ha definido como medida el mejoramiento de los pozos para mantener el servicio de los sistemas actuales, suponiendo que la mayoría de los APR tienen fuentes subterráneas. Esto se concreta con la profundización de pozos para lograr las napas subterráneas y poder extraer los volúmenes adecuados para mantener el nivel de servicio para el cuál fue diseñado el sistema

Supuestos de penetración o cobertura

A diferencia de los dos casos anteriores, para analizar la medida en este subsector, ha sido necesario buscar si existe alguna relación entre los parámetros de diseño con los costos asociados a la implementación de los sistemas. Para ello se obtuvieron los costos promedio por región por arranque, para la instalación, ampliación y/o mejoramiento de los sistemas de APR, facilitados por el MOP. Así como se cuenta con la precipitación bruta anual de línea base y proyectada con cambio climático al 2030, estimada por los expertos del estudio. Antecedentes que se pueden observar en las siguientes Tabla y Figuras.



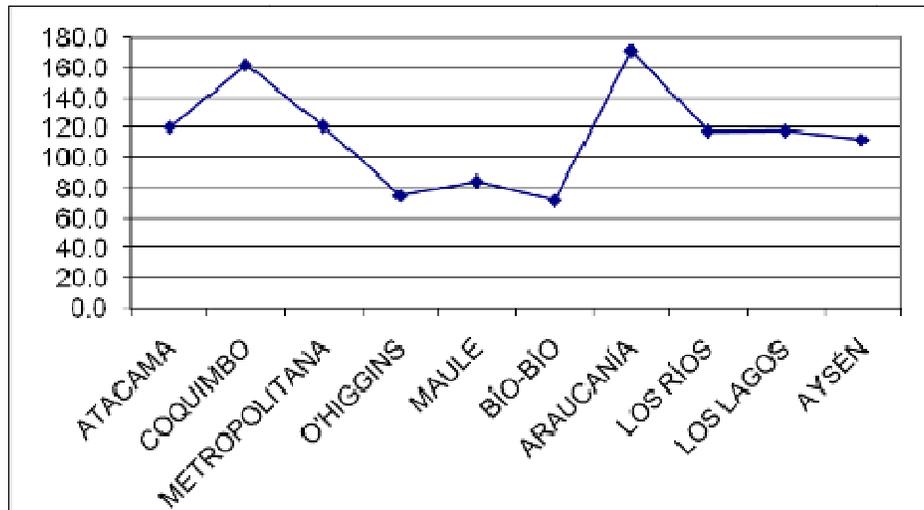
Tabla 121: Cambio en precipitación 2030 respecto de línea base

Región	PP_ANUBL	PP_ANU_30	PP_ANU85	Delta_30
Región de Atacama	80,2	81,5	82,8	1,6
Región de Aysén del Gral. Ibáñez del Campo	281,8	258,1	234,4	-8,4
Región de Coquimbo	496,5	427,1	357,8	-14
Región de La Araucanía	635,4	535,2	435	-15,8
Región de Los Lagos	1.006	831,6	657,2	-17,3
Región de Los Ríos	1.495,1	1.207,6	920	-19,2
Región de Valparaíso	2.150,1	1.769,7	1.389,5	-17,7
Región del Biobío	2.075,4	1.769,5	1.463,7	-14,7
Región del Libertador Bernardo O'Higgins	2.925,8	2.561	2.196,2	-12,5
Región del Maule	3.324,5	3.032,9	2.741,3	-8,8
Región Metropolitana de Santiago	3.567,3	3.387,1	3.206,9	-5,1
Promedio				-12

Nota: Promedios considerando los puntos correspondientes a cota del altura <1.500 m
 PP ANUBL: Precipitación Anual promedio regional período línea base PRECIS.
 PP ANU_30: Precipitación Anual promedio regional año 2030 (interpolado entre línea base y escenario Precis A2).
 PP ANU85: Precipitación Anual promedio regional escenario Precis A2.

Fuente: Elaboración propia

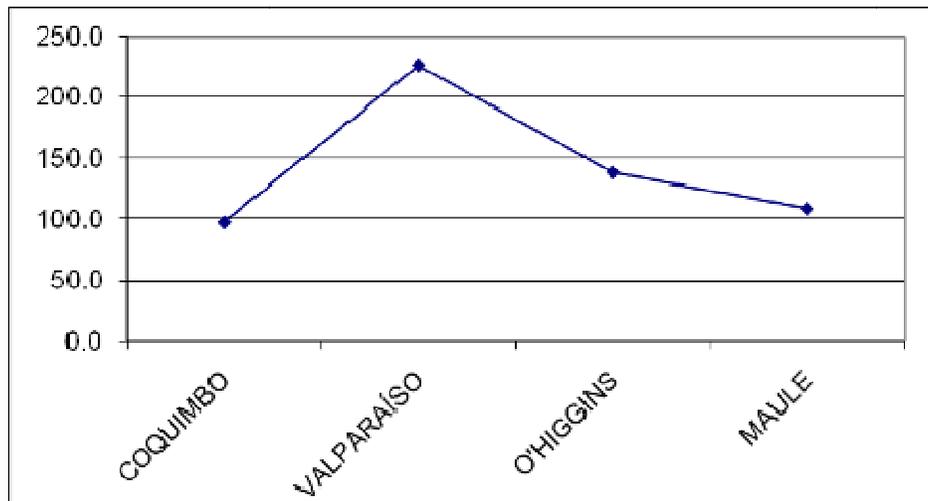
Figura 18: Costo en UF por región por arranque en los proyectos de instalación



Fuente: Elaboración propia

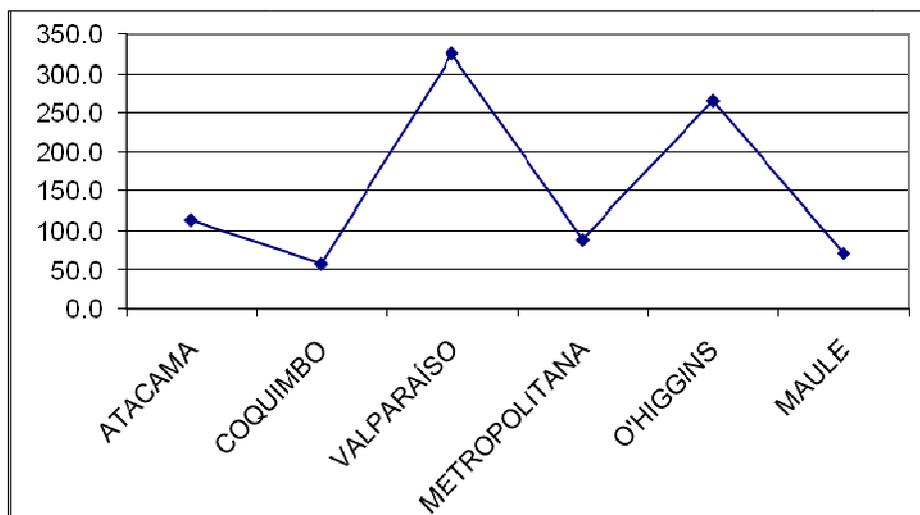


Figura 19: Costo en UF región por arranque en los proyectos de ampliación



Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Costo en UF por región por arranque en los proyectos de mejoramiento

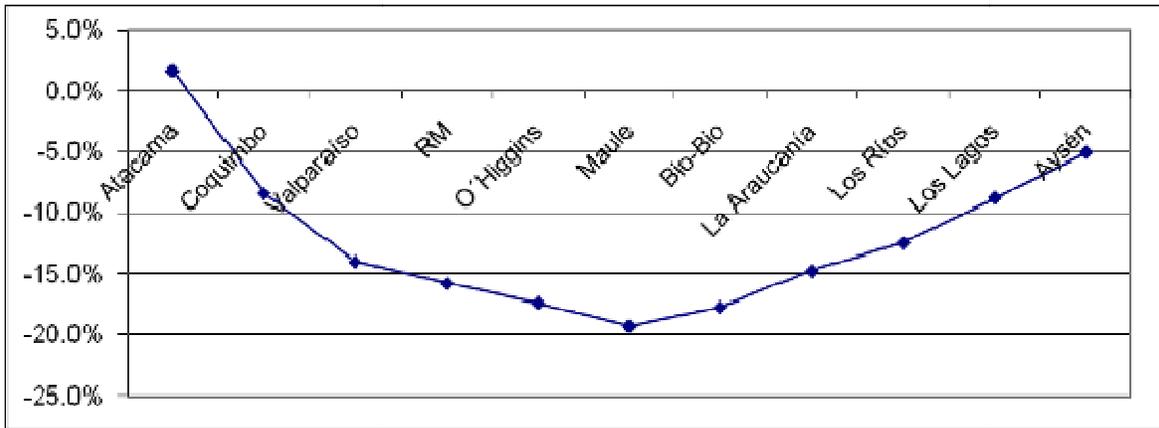


Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico presenta las variaciones de precipitación bruta regional de línea base y escenario A2.



Figura 21: Variación en las precipitaciones al 2030



Fuente: Elaboración propia

De la revisión de estos antecedentes, no se observa relación entre los costos unitarios de instalación, mejoramiento y ampliación y las precipitaciones actuales (línea base). Las diferencias en los costos de los proyectos actuales se justifican por características propias de los mismos, donde factores geográficos, demográficos y de distribución territorial de la población son los determinantes. Se concluye que el cambio climático y su consecuente cambio en la precipitación, no generará diferenciales de costo unitario para esos conceptos.

Lo que sí es esperable es que los sistemas deban ser mejorados para mantener su capacidad de servicio, tal como se ha establecido en la línea base, pero la cobertura de esa mejora debiera aumentar asociado al cambio de precipitación. La cobertura actual de los sistemas de Agua Potable rural a nivel nacional se puede apreciar en Anexo Tablas.

A pesar de los análisis realizados no fue posible establecer una correlación entre los costos de inversión por sistema y el nivel de precipitación. Al igual que las dos medidas anteriores, no se aplica la evaluación FI&F, debido a la imposibilidad de llegar a supuestos robustos a partir de la información existente. De todas maneras se realizó el ejercicio de aplicación de aprendizaje que se muestra en Anexos 4.9.1 y 4.9.2.

Fuentes de información

- Costos de Sistemas de Agua Potable Rural, facilitado por la División de Agua Potable Rural, de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.
- “Impacto del Cambio Climático en las Crecidas de la Quebrada San Ramón. Análisis de Variables Meteorológicas”. Javiera Pérez J. y Ximena Vargas M., 2011.
- “Estudio de Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI” realizado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, para la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), 2007.



4.6.4 Medida 4: Grandes y Medianas Obras de Riego

Descripción: “Construcción de nuevos embalses”.

Para analizar la medida se ha considerando las siguientes antecedentes:

- Los embalses construidos no siempre podrán ser modificados para ampliar su capacidad de embalse. Es decir, el peraltamiento de los muros no siempre sería una solución factible.
- En caso de considerar la opción de peraltar, para poder dimensionar los costos asociados, se debiera contar con información más detallada y específica a cada embalse.
- En Chile existen antecedentes de solo dos embalses donde se podría peraltar, cuales son El Bato y Corrales, cuyos dimensionamientos fueron superior al que realmente se construyó. Pero se desconoce si esto sucedió por temas presupuestarios o si se estaba considerando la posibilidad de peraltarlo a futuro.
- Conforme a lo observado en línea base, el período que transcurre entre el diseño de un embalse y su construcción completa entre 8 y 12 años. En los últimos 10 se ha iniciado el proceso con al menos 10 embalses, algunos en etapa de estudios y otros en construcción.

Con todo lo anterior, y considerando que la proyección es hasta el año 2020, la medida que se ha considerado es proyectar la construcción de embalses nuevos en aquellas zonas donde, existiendo otro embalse o no, los caudales pasantes permitan la operación de un embalse nuevo para provisionar el recurso para diversos usos.

Supuestos de penetración o cobertura

Como se explica anteriormente, la evidencia de los estudios de variabilidad climática realizados en Chile, muestran que las condiciones climáticas a futuro implicarán una disminución de la precipitación anual. Con ello es esperable que en algunas obras, la seguridad de riego se vea afectada. Para analizar esta medida se intentó revisar la capacidad de distintos embalses, con la intención de comparar el caudal afluente al embalse con la demanda de riego en las situaciones actual (sin cambio climático) y en la situación con cambio a futuro, considerando el escenario A2.

Se buscó información relativa a una muestra representativa de los embalses a nivel nacional, se esperaba contar con información de la operación de 30 embalses. Considerando los siguientes requerimientos de información: modelo de operación, caudal de entrega, volumen embalsado, y caudal afluente, para estimar cuánto se verían afectados en la situación con cambio climático. Esta revisión permitiría identificar en qué caso no existiría capacidad para abastecer la demanda de riego.

Habiendo recurrido a los administradores de los embalses, así como a la Dirección de Obras



Hidráulicas del MOP, no se logró recopilar toda la información esperada. Sólo se logró conseguir la información relativa a cuatro embalses, a saber: Embalses de Chironta de la XV Región, Punilla y Lonquén de la VIII Región y La Paloma de la IV Región. A modo de ejemplo, para visualizar la ubicación de algunos de ellos, en Anexo 4.9.4 se presenta la ubicación geográfica de dos de ellos: Embalse Punilla y Embalse Paloma.

Para estos casos se trabajó bajo el supuesto de que la relación de caudal-precipitación efectiva se mantiene constante en la situación con y sin cambio climático (CC). Lo que, junto con la información de las precipitaciones proyectadas al 2030 con CC, permite obtener el caudal afluente futuro frente a esta variación climática.

A continuación se describen los cálculos realizados para obtener el caudal afluente futuro bajo el escenario de cambio climático. De modo de facilitar la comprensión de los cálculos, se consideraron los valores del embalse Lonquén como ejemplo.

- Se calculó la precipitación efectiva promedio (470.7 mm/año) de acuerdo al registro de precipitaciones anuales para el periodo 1964-1990.
- A través de los cálculos registrados por el modelo PRECIS (mencionado anteriormente) se obtuvo la precipitación bruta regional promedio (2.150 mm/año)
- La relación entre los dos valores mencionados anteriormente permite obtener el porcentaje de $PP_{efectiva}$ versus PP_{bruta} (22%)
- Del modelo PRECIS se obtuvo la precipitación bruta regional promedio con cambio climático. (1.769,7 mm/año)
- Luego, se obtuvo la precipitación efectiva promedio con cambio climático tras multiplicar la precipitación bruta regional promedio con cambio climático (1.769,7 mm/año), con el porcentaje $PP_{efectiva}/PP_{bruta}$ (22%), lo que arrojó un valor de 389,3 mm/año.
- Posteriormente se obtuvo el Volumen Afluente tras multiplicar la precipitación efectiva promedio con cambio climático (389,3 mm/año) por el área de la cuenca (299 km²).

La Tabla a continuación detalla los cálculos de precipitaciones y caudal bajo ambos escenarios para los cuatro embalses analizados.



Tabla 122: Parámetros hídricos por embalse bajo el escenario sin y con cambio climático

	Embalse			
	Lonquén	Chironta	Punilla	Paloma
Escenario sin Cambio Climático				
Precipitación efectiva promedio (mm/año)	470,7	27,9	751,9	238,5
Precipitación bruta regional promedio (mm/año)	2150	80,2	2150	281,8
Porcentaje Ppfeativa/PP bruta	22%	35%	35%	85%
Escenario con Cambio Climático				
Precipitación efectiva promedio (mm/año)	389,3	28,3	618,9	218,5
Precipitación bruta regional promedio (mm/año)	1769,7	81,5	1769,7	258,1
Porcentaje Ppfeativa/PP bruta	22%	35%	35%	85%
Volumen Afluyente (Hm ³ /año)	116,4	59,5	776,1	404,6

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se comparó el caudal afluyente con cambio climático (116,41 Hm³/año) con el caudal de demanda (24,01 Hm³/año), y se obtiene que el caudal afluyente con cambio climático es mayor al caudal de demanda ($Q_a > Q_s$). La tabla a continuación detalla los cálculos del volumen afluyente para cada embalse.

Tabla 123: Relación entre caudal afluyente con cambio climático y caudal de demanda

	Embalse			
	Lonquén	Chironta	Punilla	Paloma
Q_a (Hm ³ /año)	116,4	59,5	776,1	404,6
Q_s (Hm ³ /año)	24,0	38,9	600,0	397,4
Q_a v/S Q_s	$Q_a > Q_s$	$Q_a > Q_s$	$Q_a > Q_s$	$Q_a > Q_s$

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se concluye que en los cuatro casos analizados, el caudal afluyente con cambio climático es mayor al caudal de demanda. Para poder definir si realmente se satisface la demanda, se debe analizar el modelo de operación con este nuevo caudal afluyente, desagregado a nivel mensual. Lo que permitiría hacer los supuestos gruesos sobre la disponibilidad de agua y la seguridad de riego.

El análisis de los modelos de operación de los embalses anteriormente mencionados, permitiría evaluar la seguridad de riego y explorar la frecuencia de rebalses. Esta información permitiría tomar ciertas conclusiones respecto de la oportunidad de embalsar el mayor volumen posible de las aguas del cauce considerado, el que posteriormente podría ser utilizado en la misma cuenca o trasvasados a otras aledañas, según los requerimientos en un escenario de variabilidad climática.

Para en análisis de los modelos de operación, se contó con solo un caso, el del Embalse



Lonquén. El caudal afluente promedio anual, estimado como se mencionó anteriormente, se distribuyó a nivel mensual siguiendo la misma distribución de precipitaciones medias mensuales. Esta aproximación de caudales afluentes medios mensuales fueron utilizados para correr el modelo de operación disponible, obteniéndose que en la situación con variabilidad climática (escenario A2) aún se satisface la demanda y que además existen rebalses. Lo anterior es una aproximación gruesa para hacer el análisis respecto de si existe o no recurso disponible para ser embalsado. Como en este caso existe, se puede proponer, bajo el contexto de una aproximación, que hay recurso disponible para construir un segundo embalse. Es importante resaltar que no existió acceso a información adecuada de otros embalses, por lo que no se pudo hacer este mismo análisis y no se pudo definir un supuesto robusto para la evaluación FI&F.

Al igual que en las medidas anteriores, en Anexo 4.9.1 y 4.9.2 se presentan a modo de ejercicio de aplicación, la evaluación FI&F con supuestos generales.

Fuentes de información

- Administradores de los sistemas de embalses, cuyos contactos fueron facilitados por la DOH del MO
- Costos y parámetros de diseño de algunos embalses, facilitado por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.
- “Estudio de Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI” realizado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, para la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), 2007.

4.6.5 Medida 5 Sistema o Estaciones de Monitoreo

Descripción: “Aumentar la cobertura de Estaciones Fluviométricas e Hidrológicas principalmente en zonas de altas cuencas hidrográficas y cuencas costeras”

La Red Hidrométrica Nacional recolecta la información hidrométrica a través de redes específicas que miden distintos parámetros en diversas zonas del país. A pesar de que actualmente existe cobertura representativa en Chile, estamos lejos a contar con información que permita mejorar la capacidad de análisis y monitoreo, especialmente en las zonas altas de cuencas hidrográficas y en las cuencas costeras. A modo de ejemplo, en Anexo 4.9.4 se presenta la disposición actual de las Estaciones Fluviométricas a nivel nacional.

La Red Hidrométrica incorpora la Red Fluviométrica e Hidrometeorológica. Cada una de ellas posee distintos tipos de tecnología de registro que determinan la calidad y disponibilidad de la información. El actual Plan de mejoramiento de la Red Hidrométrica está orientado a aumentar la cobertura, calidad y disponibilidad de información, sin embargo no considera aumentar cuantiosamente la cobertura en zonas altas de cuencas hidrográficas y en cuencas costeras del país. Bajo el escenario de Cambio Climático se



hace necesario mejorar el registro de información, para reducir la incertidumbre asociada a la información, por lo que la medida de adaptación se define como el aumento en la densidad de Estaciones Fluviométricas e Hidrometeorológicas, principalmente en las zonas altas y zonas costeras del país.

Supuestos de penetración o cobertura

Como se observa en el capítulo de línea base de la Red Hidrométrica, el Plan de Mejoramiento de la Red contempla principalmente el aumento en la cantidad de estaciones y la mejora tecnológica de ellas. Bajo los pocos antecedentes que se manejan sobre los sistemas de cuencas hidrográficas, se observa que el Plan de Mejoramiento de la Red Hidrométrica no favorece el aumento de Estaciones Fluviométricas e Hidrometeorológicas en cuencas costeras y en zonas altas de las cuencas. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda estándares de densidad mínima de estaciones fluviométricas y pluviométricas. Según la “Guía de Prácticas hidrológicas”, de la OMM, publicada en 1994, la densidad mínima de estaciones es la indicada en la siguiente tabla.

Tabla 124: Densidad mínimas recomendadas por estaciones fluviométricas (km²/estación)

Unidad Fisiográfica	Densidad Mínima (Km ² / Estación)
Zonas Costeras	2.750
Zonas Montañosas	1.000
Llanuras Interiores	1.875
Zonas Escarpadas/Ondulantes	1.875
Pequeñas Islas	300
Zonas Polares y Áridas	20.000

Fuente: Organización Meteorológica Mundial

Tabla 125: Densidad mínimas recomendadas por estaciones pluviométricas (km²/estación)

Unidad Fisiográfica	Densidad Mínima (Km ² / Estación)	
	Estación sin Registro	Estación con Registro
Zonas Costeras	900	9.000
Zonas Montañosas	250	2.500
Llanuras Interiores	575	5.750
Zonas Escarpadas/Ondulantes	575	5.750
Pequeñas Islas	25	250
Zonas Urbanas	-	10 a 20
Zonas Polares y Áridas	10.000	100.000

Fuente: Organización Meteorológica Mundial



En el caso de las estaciones fluviométricas, la proyección al año 2030 bajo el escenario sin cambio climático define una densidad de 4.447 km²/por estación. La OMM define que idealmente la densidad en zonas costeras y montañas en promedio es de 1875 km²/por estación (2.750 para zonas costeras y 1.000 para zonas montañosas). A pesar de contar con dicha información, se realizó la aplicación de la metodología como un ejercicio de aprendizaje que se presenta con detalle en Anexos.

Fuentes de información

- “Análisis y valoración de la funcionalidad de la Red Fluviométrica y asignación de Derechos de Aprovechamiento”, Dirección de Planeamiento, Ministerio de Obras Públicas.
- Registro de Estaciones Fluviométricas y Meteorológicas, Dirección General de Aguas.

4.7 Implicancias de Política y Estudios Propuestos

Los resultados previos implican que en la actualidad existen muchas brechas en términos de información y análisis que permitan aplicar adecuadamente la metodología de flujos de inversión y financiamiento (FI&F). Para definir y evaluar las medidas, no solo se debe contar con una Línea Base robusta, sino que también se debe tener una aproximación fundamentada respecto de los impactos sobre la infraestructura hídrica producto del Cambio Climático. Lo anterior con el fin de identificar las medidas que tienen sentido y evaluarlas en función del impacto del CC sobre estas obras.

En la infraestructura hídrica en Chile, este patrón ó dificultad se ve aumentado por una combinación de dos elementos: (1) Diferencias geográficas, que implican diferencias espaciales y temporales en las condiciones climáticas y, por tanto, en el impacto del CC y en la disponibilidad del recurso hídrico, así como en sus eventos extremos; y, (2) falta de información histórica sistematizada, que permita tener como referencia estudios que se han desarrollado en el país, los que pueden ofrecer excelentes aproximaciones para robustecer los supuestos de una evaluación FI&F.

La presente consultoría ha tenido como gran valor agregado la aplicación a modo de ejercicio de la metodología FI&F, permitido identificar dónde están las falencias que se deben abordar, con el fin de avanzar correctamente en una estrategia de adaptación del sector infraestructura hídrica al efecto del cambio climático.

En las siguientes secciones se sistematiza este aprendizaje. En una primera parte se presentan las dificultades que se presentaron en la ejecución de la consultoría y que no permitieron llegar a la información adecuada para aplicar la metodología FI&F; y, en una segunda sección se presenta una serie de lineamientos estratégicos y estudios que permitirían avanzar en superar las brechas y dificultades mencionadas. Esto con el fin de apoyar en la priorización de las acciones a considerar en una estrategia a nivel nacional



para la identificación, evaluación y posterior implementación de Programas de Adaptación Nacionales en el subsector.

4.7.1 Dificultades, incertidumbres y limitaciones metodológicas

En los capítulos anteriores del informe se fueron mencionando una serie de dificultades respecto a la disponibilidad de la información requerida. A continuación se resumen las principales dificultades incertidumbres y limitaciones metodológicas asociadas al subsector evaluado. Esta sección se divide en tres ámbitos:

- (i) dificultades incertidumbres y limitaciones metodológicas específicas al análisis de cada tipo de obra del subsector hídrico;
- (ii) dificultades incertidumbres y limitaciones metodológicas generales identificadas en el proceso de construcción de línea base; y,
- (iii) dificultades incertidumbres y limitaciones metodológicas generales identificadas en el proceso de identificación y proyección de medidas de adaptación para el sector infraestructura – subsector hídrico.

(i) **Proceso específico a cada tipo de obra:**

Como se expone en el análisis de las medidas de adaptación, en la sección precedente, para cada tipo de obra se encontraron diversas dificultades, que no permitieron llegar a supuestos robustos respecto de los requerimientos de inversión para un programa de adaptación a nivel nacional. A continuación se resumen éstas dificultades, incertidumbres y limitaciones según tipo de obra:

- Embalses: se requería analizar un número representativo de embalses, con el fin de buscar los supuestos adecuados, que permitieran extrapolar el análisis a un requerimiento de inversión a nivel nacional. Para ello se intentó buscar la relación entre la operación de los embalses, con el impacto asociado a la variabilidad climática futura y los requerimientos de inversión. Las dificultades encontradas en este proceso fueron:
 - No se cuenta con información hidroclimática que permita tener una referencia de los impactos producto del CC.
 - No existe un registro centralizado de la información hidrológica y de operación de los embalses a nivel nacional. Cada administrador de embalse es el encargado de obtenerla y no tiene la obligación de transmitirla a un nivel central.
 - En general, los administradores de cada embalse no cuenta con información actual y de fácil acceso (digitalizada) de la información hidrológica y de operación del embalse, y no tienen el deber de ponerlas a disposición del sector público. Esta situación impidió que se pudiesen analizar los embalses seleccionados por los expertos en un principio. De los cerca de 30 embalses



- seleccionados, se recibió información de cinco de ellos, sin embargo, fue posible obtener toda la información requerida de solo un caso.
- La DOH cuenta con la información de diseño de los embalses, pero en los estudios digitalizados o en papel, sin tener la información definitiva sistematizada. De todas maneras, la DOH facilitó los modelos de operación de seis embalses, no obstante, solo uno tenía todos los antecedentes que permitían hacer el análisis adecuado para buscar supuestos que permitieran aplicar la metodología FI&F.
 - No existe un traspaso de información desde el sector público hacia los administradores de embalses (y viceversa) respecto a los estudios realizados en torno a los embalses. Hay una brecha importante en términos de manejo de información y capacidades en torno a la operación de los embalses.
- APR: Similar al caso anterior, se requería analizar la relación entre los parámetros de diseño de los APR, con el impacto asociado a la variabilidad climática futura y los requerimientos de inversión. Todo ello con el fin de buscar los supuestos adecuados, que permitieran extrapolar el análisis a un requerimiento de inversión a nivel nacional. Las dificultades encontradas en este proceso fueron:
 - No se cuenta con información hidroclimática que permita tener una referencia de los impactos en los sistemas de APR producto del CC. Esto debiera contar con la componente de aguas subterráneas.
 - Las aproximaciones de los análisis realizados no permiten llegar a una relación clara entre los requerimientos de inversión y algún parámetro de este tipo de obra. Esto se debe principalmente a que existen otras variables que influyen considerablemente en el costo asociado. La variable más importante es la componente geográfica, y que lleva a la necesidad de hacer un análisis caso a caso considerando la componente hidroclimática a una escala adecuada a la obra.
 - Si bien en un principio se propuso incluir las inversiones en agua potable no rural, esto se descartó en el camino por que, a juicio del consultor, las empresas privadas de este sector no cuentan con los incentivos para implementar medidas de adaptación a largo plazo. Por lo que cualquier análisis en esta línea requería desviar los esfuerzos en un análisis institucional y legal.
 - Defensas Fluviales y Aguas Lluvias:
 - Existe proyección de datos sobre precipitaciones máximas diarias (PPmax24) con cambio climático solo para un plano menor. Sin embargo, la proyección de PPmax24 para un plano mayor no existe, lo que impide realizar un análisis más exhaustivo respecto al impacto de las precipitaciones en las obras. Es por ello que se utilizaron proyecciones de PPmax24 con cambio climático realizadas por el equipo de expertos hídricos, de las cuales hoy sólo existen para 5 estaciones a nivel nacional.



- No existe información específica a cada área de estudio de los planes maestros, de manera de deducir el impacto del aumento de las precipitaciones sobre los costos.
- Red Hidrometeorológica
 - No existe un Plan actual a largo plazo respecto al mejoramiento de la Red Hidrometeorológica. Esto no permitió realizar una proyección de calidad respecto a las inversiones en el mejoramiento de la Red. La proyección realizada se basa en el Plan de Mejoramiento del año 2006.

(ii) **Generalidades del proceso de construcción de línea base:**

El proceso de construcción de la línea base consta de una etapa de recopilación de información histórica, de ordenamiento de la información, identificación de políticas del sector y de proyección de la inversión en línea base. Cabe resaltar que para la proyección al año 2020 se contó con la información del estudio “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, publicado el año 2010 por la DOH. Este estudio sirvió de base para la proyección hasta el año 2020, con algunos supuestos de desagregación que se explican en la sección correspondiente.

En el proceso de construcción de la línea base, se identificaron las siguientes barreras, incertidumbres y/o limitaciones metodológicas:

- Disponibilidad de información desagregada:

La información disponible en la proyección de inversiones para el año 2020, se encuentra agregada, por lo cual se consideraron algunos supuestos que permitieron avanzar en la desagregación conforme a lo que solicita la metodología de evaluación FI&F del PNUD. Se debe aclarar que el plan de inversión propuesto en el documento “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020” de la DOH, hay algunas proyecciones que siguen un patrón que no se sabe si serán ciertamente implementados. Para cumplirse deben lograr el apoyo político, en términos de planificación, y los recursos asignados en las partidas presupuestarias del sector que se van definiendo año a año.

- Definición del nivel de servicio esperado:

Las proyecciones en las inversiones deben estar asociadas a un nivel de servicio esperado. Por ejemplo, en caso de Agua Potable se debe considerar el aumento de sistemas de APR, pero no ilimitadamente, sino con algunos criterios que permitan simular el cumplimiento del 100% de los servicios esperados. Así se repite en las distintas tipologías, en Riego por ejemplo, tampoco se puede incrementar el número de embalses en forma ilimitada, sino que se debe considerar los requerimientos de áreas de riego, y la disponibilidad del recurso bajo el escenario de variabilidad climática, entre otras cosas. Esto obliga a realizar ciertos supuestos en la proyección de línea base del



período 2020 – 2030, ya que el período anterior a 2020 se estima sobre la base de la propuesta de inversión de la DOH identificada en el estudio “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, antes mencionado.

- Estimación de recursos destinados a Operación y Mantenimiento (O&M):

Debido a definiciones de manejo presupuestario, los recursos destinados a O&M se han considerado históricamente como un monto proporcional a los costos de inversión anual de las obras. Por ello, para estimarlo en la línea base, se debió considerar esa definición, donde el monto que se destina a O&M equivale a una fracción menor de lo que se destina a inversión, supuesto validado por la contraparte de DOH. No obstante, esto tiene una limitante, debido a que bajo este método no se está considerando gastos en operación y mantenimiento acumulados en el tiempo de acuerdo a los aumentos en la dotación de infraestructura, sino que se consideran gastos proporcionales según montos de inversión anuales.

- Proyección post 2020, Proyección de O&M en APR

Como se menciona anteriormente, las proyecciones hasta el año 2020 se han basado principalmente en las inversiones priorizadas, a modo de propuesta por la DOH, en el documento “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”. La proyección entre los años 2020 a 2030 ha debido seguir ciertos supuestos de mantención de la inversión o incremento lineal, lo que eventualmente podría superar los niveles de servicios esperados, aspecto que es complejo de dimensionar y zanjar en el contexto del presente estudio.

Por otro lado, la proyección de inversión en O&M de los sistemas de APR entre los años 2020 y 2030 tiene una dificultad metodológica debido al nivel de servicio esperado. El supuesto que se ha aplicado en este caso es que las inversiones actuales han logrado una cobertura del 100% de la población concentrada y la inversión proyectada se hará cargo del 55% de la población semiconcentrada. La proyección 2020 – 2030 busca cumplir con las inversiones requeridas para hacerse cargo del 45% restante en población semiconcentrada, tanto en flujos de inversión como de O&M, la proyección se hace sobre la base de los requerimientos porcentuales.

Las dificultades metodológicas expuestas, se han resuelto a través de supuestos que se describen en mayor detalle en la sección de construcción de línea base, asociadas al ordenamiento que requieren las tablas de la metodología FI&F.

(iii) Generalidades del proceso de construcción de proyección de inversión en los escenarios de adaptación:

Por su parte, el proceso de identificación y proyección de medidas de adaptación se identificaron otras barreras, incertidumbres y/o limitaciones metodológicas. Este proceso



consta de una etapa de definición del enfoque analítico, recopilación de información base (como parámetros de diseño para las distintas obras), de ordenamiento de la información, y de aplicación de un enfoque analítico para evaluar cuáles son las medidas de adaptación que tienen sentido para el subsector. En este proceso, se identificaron las siguientes barreras, incertidumbres y/o limitaciones metodológicas:

- Dificultad metodológica para obras asociadas a eventos extremos (tormentas):

La estimación de los impactos asociados a la condición climática futura es clave para definir las medidas de adaptación en los subtipos de obras. Los impactos en eventos de tormenta a nivel nacional no se han estudiado para los sistemas nacionales, no existe el downscaling de precipitaciones diarias máximas, lo que dificulta el análisis de medidas de adaptación requeridas. Por ello no se maneja antecedentes suficientes para dimensionar los impactos del cambio climático. Esta dificultad se presenta al explorar medidas asociadas a las obras de Defensas Fluviales y Planes Maestros de Aguas Lluvias.

- Dificultad metodológica para analizar medidas de adaptación en el subsector hídrico de la Infraestructura:

Para cada tipo de obra, la principal dificultad es que el diseño de los sistemas corresponde a soluciones muy particulares a las condiciones geográficas y climáticas de cada zona. Por ello, al momento de explorar el impacto del CC en los servicios de estas obras, se debiera contar con información hidrogeológica específica de la zona. Estos antecedentes no se tienen para todo Chile, por lo cual en la mayoría de los casos no se logra llegar a supuestos bien fundamentados que permitieran aplicar la metodología FI&F, lo que se explica más adelante.

En resumen, para analizar las medidas factibles de adaptación a nivel nacional en las obras consideradas en el presente estudio, se concluye que se debe llegar a un análisis caso a caso, con al menos un universo espacialmente representativo de las obras. Para ello se requerirían estudios específicos a cada zona geográfica donde se encuentran emplazadas las obras o donde se espera existan impactos producto de la variabilidad climática futura. Esto merece enunciar dos dificultades: (1) La necesidad de contar con información de impacto producto del CC, que permita identificar las zonas específicas con impacto y el tipo de medidas requerida; y, (2) la necesidad que esta información sea geográficamente bien distribuida para que represente la realidad de todo el país. Estas dificultades se repiten con distinta intensidad en todas las obras hídricas.

- Limitación metodológica para definir medidas de adaptación en el subsector hídrico de la Infraestructura:

Es importante resaltar que la presente consultoría no ha considerado la competencia entre los diversos usuarios con derechos de agua otorgados, lo que se transforma en



una limitación metodológica. Se debe resaltar que esta discusión puede ser clave al momento de decidir las Plan de adaptación asociadas a las obras hídricas, debido a que se relaciona directamente con la gestión del recurso hídrico y con la operación de las obras analizadas. Esta componente no fue considerada debido a que su análisis requeriría desviar el esfuerzo del presente estudio, principalmente pensando en que no existen registros sistematizados de los derechos otorgados ni existe monitoreo que permitiera discriminar entre lo otorgado y lo realmente explotado. Además, de existir esta información, la aproximación analítica de esta información conllevaría a estudios de gestión integral del recurso que demandan más tiempo y recursos de los considerados en la presente consultoría. En resumen, la información disponible no permitiría conciliar los requerimientos base para aplicar la metodología FI&F.

- Manejo centralizado de la información pública y privada (ej: APR, red hidrométrica, embalses, etc.).

En general para ningún subtipo de infraestructura hídrica se encontró con información de los parámetros de diseño sistematizada. Cada departamento u oficina de la DOH cuenta con los estudios de diseño en papel o en documentos digitalizados, pero no se cuenta con un sistema de información que centralice los parámetros de diseño, condiciones climáticas para la cual fueron diseñadas y costos, como eran requeridos para el análisis. Por ejemplo, la información de operación de los embalses se podría haber complementado con los estudios de prefactibilidad o de factibilidad, pero la obtención de estos estudios así como la extracción de la información de los documentos habría considerado tiempos muy superiores a los que dispone el estudio. Por otro lado, los modelos de operación de los embalses habrían sido de mucha ayuda para el análisis, no obstante sólo se contó con 2 de ellos. Se intentó acceder a más información a través de los administradores de los embalses, pero no se obtuvo respuesta completa, obligando a buscar aproximaciones secundarias para analizar los distintos casos.

Por su parte la información de APR contempla aquellos que se han registrado en el Ministerio de Obras Públicas, pero hay una serie de sistemas que se financian con otros fondos del Gobierno (Fondos de Desarrollo Regional, Municipales, etc), de los cuales no se tiene información sistematizada. Conforme a la información facilitada desde el MOP, estos APR son los menos, no obstante no hay certeza absoluta. Por otro lado, tampoco existe una revisión periódica del estado de los APR (disponibilidad del recurso, etc), como para hacer seguimiento a la disponibilidad del recurso hídrico, ni para la operación y estado de los sistemas, debido a que esta información lo manejan las Cooperativas de APR respectivos.

Para poder avanzar en la definición, evaluación y priorización de medidas de adaptación en el sector, se debe hacer frente a las dificultades, incertidumbres y restricciones expuestas arriba. Para ello se proponen líneas estratégicas para desarrollar estudios que permitan generar los antecedentes necesarios, lo que se presenta en la siguiente sección.



4.7.2 Implicancias de Política: Líneas estratégicas y estudios propuestos

El presente tiene como objetivo agrupar los estudios mínimos que se requieren para poder evaluar correctamente las medidas de la infraestructura hídrica para adaptarse al Cambio Climático. Para esto hay que considerar las implicancias de política asociadas a las necesidades básicas, como son poner en marcha algunos proyectos de investigación que busquen estudiar la disponibilidad del recurso hídrico en Chile y caracterizar los riesgos asociados al agua, identificar impactos asociados al cambio climático, identificar medidas de adaptación y evaluar los costos de las mismas, así como identificar los requerimientos institucionales, de coordinación y construcción de instrumentos para implementar estas medidas.

Se aclara que todos los estudios propuestos son los que se han identificado como necesarios para avanzar en una definición de un Programa de Adaptación del sector al Cambio Climático, no obstante los estudios no son todos de competencia del MOP, sino que hay algunos que debieran ser abordados por otros servicios de otros Ministerios.

De esta forma, se han agrupado estudios en cuatro grandes líneas estratégicas:

- (1) Estudios relacionados a la Información, con el objeto de reducir las brechas de información y de conocimiento respecto a la disponibilidad del recurso hídrico y el impacto del CC en éste;
- (2) Estudios de Impacto. Con el objeto de generar antecedentes que permitan conocer el impacto del CC sobre la infraestructura hídrica;
- (3) Estudios de Institucionalidad, Coordinación e Instrumentos. Con el fin de definir los roles que permitan gestionar en forma adecuada el sector infraestructura hídrica. Planificando y definiendo las actividades de coordinación y de flujo de información interna, que permitan responder en forma adecuada a los desafíos de la planificación y de los diseños la infraestructura, así como diseñando las herramientas que permitan cumplir con estos desafíos;
- (4) Estudios de Priorización en la Inversión, con el objetivo de que sobre la base de la información anterior, se identifiquen las áreas de inversión prioritarias para hacer frente al CC.

A continuación se enuncian la propuesta de estudios mínimos. La primera columna indica la línea estratégica, la segunda indica el tipo de estudio con una pequeña descripción del alcance, y la tercera columna expone algunas observaciones que deben ser consideradas al momento de definir en mayor detalle estos estudios.



Línea Estratégica	Estudio/Alcance general	Notas/Observaciones
<p>Información: climática, hidrológica y de infraestructuras.</p> <p>Objetivo: Avanzar en una base de datos climáticos, hidrológicos y de infraestructura nacional, con control de calidad y de acceso libre a todo usuario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar las redes de monitoreo y control, <ul style="list-style-type: none"> o Revisión y optimización de la red: Diseño de una red crítica, considerando la optimización de la red fluviométrica, meteorológica, sedimentológica, de calidad de aguas y glaciológica. Considerando cobertura óptima así como una calidad estándar, con validación de los datos. o Planificación para su implementación temprana, con el fin de asegurar el monitoreo de los ciclos hidrológicos que permitan generar los antecedentes base para modelaciones y estudios más específicos. - Estudios que aborden la calidad de las aguas a nivel de cuenca, los impactos que sobre la misma tienen las obras de infraestructura del sector. Con énfasis en el levantamiento de una línea base. Es necesario crear las bases para evaluar los servicios sociales y ecosistémicos provistos por los sistemas hídricos del país, de modo de evaluar económica y socialmente las acciones de adaptación que sean necesarias para contrarrestar los efectos del cambio climático y otros procesos de degradación. - Recopilación y sistematización de la información histórica existente relativa a la infraestructura hídrica. Considerando: parámetros de diseño; el diseño propiamente tal; los costos de inversión; y, un monitoreo de la operación de las obras. 	<p>Se debe integrar las iniciativas de mejoramiento de las redes de monitoreo hidroclimático que se encuentren en ejecución.</p> <p>Se debe considerar la sistematización de información levantada por distintas fuentes o aquella con potencial de ser levantada por distintos actores en la gestión y uso del recurso, abordando:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Incentivos para que participen distintos actores en el levantamiento de información; 2.- Instrumentalización con metodologías de calibración; y, 3.- Metodologías de validación de la información. <p>En muchos casos estos estudios se deberán coordinar con estudios hidrogeológicos y de impacto de CC sobre acuíferos clave.</p>



Línea Estratégica	Estudio/Alcance general	Notas/Observaciones
	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamiento del estado actual de la infraestructura relativa a cada subsector de la infraestructura hídrica: <ul style="list-style-type: none"> - Defensas fluviales: catastro actualizado de los sistemas; - Aguas Lluvias: catastro del estado de avance de la implementación de las obras asociadas a los distintos Planes de Maestros de Aguas Lluvias - Embalses: monitoreo de la operación de los embalses; y - Sistemas de APR: <ul style="list-style-type: none"> o Catastro actualizado de los sistemas de APR; o Estudios de dotación en los distintos sectores del país para actualizar los requerimientos desde la demanda; o Estudios y guías de uso eficiente del recurso asociado a los sistemas de APR. o Instrumentalización de los APR, para el levantamiento de información asociado principalmente a aguas subterráneas. 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización del Balance Hídrico de Chile para abarcar al menos el período 1970-2010, de modo que coincida con el período de línea base de la mayoría de los modelos climáticos globales. También se debe agregar el tema de aguas subterráneas, definiendo zonas preferentes y tasas de recarga características. Se debe considerar el levantamiento de la información que se ha desarrollado en los últimos 10 años por diversos agentes. - Actualización de estudio DGF-PRECIS (2007) con las nuevas proyecciones climáticas y modelos de circulación general de la 	<ul style="list-style-type: none"> - Estos estudios deben hacerse desde el principio con un nivel de resolución espacial adecuado para lograr estudiar adaptación a nivel local. Idealmente con 1 km de resolución. - Se debe enfatizar los requerimientos de información en las zonas cordilleranas. - Se debe abordar el efecto del CC en la recarga de la napa subterránea.



Línea Estratégica	Estudio/Alcance general	Notas/Observaciones
	<p>atmósfera (GCM).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo metodológico para el downscaling de la información de precipitaciones diarias a nivel local, es decir, desde la información de precipitaciones globales a precipitaciones diarias en 24 horas. 	
<p>Impacto por sistemas</p> <p>Objetivo: generar antecedentes que permitan conocer el impacto del CC sobre la gestión del recurso y la infraestructura hídrica a escalas adecuadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios sobre el efecto del CC en las operaciones de las distintas obras de infraestructura existentes, tanto para suplir la demandas (en casos de embalses y APR) como para el análisis en crecidas en todas las obras. - Estudios sobre el efecto del CC en la Gestión y Operación Integral de los recursos Hídricos a nivel de cuenca. Debe considerar actualización de información territorial relativa a la cuenca. 	<p>Los estudios deben implementarse caso a caso, pero sobre una base de información común de impactos del CC sobre la hidrología, desarrollada a nivel estatal por centros de investigación especializados.</p> <p>Se debe considerar el diseño de incentivos para que participen distintos actores en el control, monitoreo y levantamiento de información. Para ello, es necesario considerar también las necesidades de instrumentalización.</p>
<p>Institucionalidad, Coordinación e Instrumentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión y diseño institucional para mejorar la gestión a nivel de cuenca, considerando los actores de la cuenca: usuarios, administradores y autoridades. Diseñar los incentivos para la participación de estos actores en el control, monitoreo y levantamiento de información. - Diseño de mejora de la coordinación sectorial, de manera de elaborar políticas, proyectos y planes que estén alineados con los impactos en la infraestructura hídrica producto del CC, así como con la Estrategia Nacional de CC y su Plan de Acción. - Construcción de herramientas para compartir en forma eficiente 	<p>Eventualmente implementar una instancia más operativa del comité interministerial, e involucrar a Ministerios no sectoriales (Interior o Secretaría General) para disminuir el peso de intereses sectoriales en la planificación.</p>



Línea Estratégica	Estudio/Alcance general	Notas/Observaciones
	<p>la información sectorial e intersectorial.</p> <ul style="list-style-type: none">- Planificación: Definición de una estrategia y plan de acción sectorial para propender a la adaptación al cambio climático de acuerdo a la realidad nacional. Definir los instrumentos de política pública que se utilizarían para la implementación del Plan de acción sectorial. Generar una ruta crítica.- Embalses:<ul style="list-style-type: none">- Considerar fortalecimiento de capacidades de los operadores de los embalses (privados);- Traspaso de operación de los embalses: analizar el proceso de traspaso, considerar guías, manuales de apoyo a la operación y gestión del agua.- Sistemas de APR:<ul style="list-style-type: none">- Identificación de necesidades de fortalecimiento institucional y de gestión asociado a los APR en etapa de diseño y operación (fiscalización).	
Inversiones	<ul style="list-style-type: none">- Evaluación FI&F o herramientas similares;- Aplicación de metodologías de costo beneficio social que permitan evaluar las medidas de adaptación y con potencial de desarrollo.	Identificando áreas prioritarias de inversión para un uso más eficiente de los recursos y que preparen a la infraestructura del país para hacer frente a los efectos del CC.



Respecto de las prioridades para la ejecución de los estudios, se debe considerar el orden lógico de requerimientos para llegar a implementar las medidas de adaptación. A modo de propuesta, se puede considerar el siguiente orden:

- 1) Primer grupo de estudios paralelos:
 - a. Aquellos estudios relacionados con las redes de monitoreo: resulta clave mejorar la red de medición hidrométrica de modo de tener datos más precisos para desarrollar estudios prospectivos y de acuerdo a ellos definir medidas y tomar decisiones a futuro;
 - b. Aquellas inversiones relacionadas con la instrumentalización para monitorear;
 - c. Aquellos estudios relacionados con la sistematización de la información existente;
 - d. Los estudios relacionados con la institucionalidad: revisión y diseño institucional para mejorar la gestión a nivel de cuenca.

- 2) Segundo grupo de estudios paralelos (que requieren parte de la información de los estudios anteriores):
 - a. Actualización del Balance;
 - b. Actualización del Modelo PRECIS; y,
 - c. Definición metodológica para el downscaling.

- 3) Tercer grupo de estudios (que requieren parte o toda la información de los estudios anteriores):
 - a. Aquellos relativos a los impactos del CC en el recurso hídrico y en sus obras

- 4) Cuarto grupo de estudios (que requieren parte o toda la información de los estudios anteriores):
 - a. Aquellos relativos a la planificación y las necesidades de coordinación sectorial e intersectorial;
 - b. Aquellos relativos a los instrumentos y al fortalecimiento de capacidades de los distintos actores relacionados a la gestión del recurso hídrico;

- 5) Quinto grupo de estudios:
 - a. Aquellos relativos a la priorización de inversiones.

Todo lo anterior debiera ser ejecutado idealmente en un período no superior a 10 años, en su totalidad, con el fin de que la secuencia de requerimientos de los distintos estudios, permita apoyar la toma de decisiones a partir del quinto año en adelante.

Un último punto que merece atención urgente es avanzar en los alcances relativos a la competencia del agua por distintos usuarios. Esto es uno de los aspectos más importantes para poder abordar la gestión integral de los recursos hídricos. En esta línea, se debe



considerar algunas actividades anteriores a la evaluación del impacto del cambio climático sobre los diversos usos. Este es uno de los temas que han quedado fuera del presente estudio, no obstante se debe recalcar que se encuentra entre los desafíos más grandes del sector hídrico, y que debiera partir al menos con los siguientes pasos: (i) Sistematización y levantamiento de información relativa a los derechos de aprovechamiento de agua otorgados; (ii) Regularización; (iii) Validación de la información; y finalmente, (iv) Evaluación de los efectos del CC en los derechos.

Finalmente, es importante recalcar que la priorización de los estudios propuestas en esta sección es a nivel de propuesta. Corresponde a las autoridades del sector su validación o redefinición. Lo importante es que los antecedentes que se deben generar y los estudios requeridos se han identificado. El siguiente paso es ejecutarlos en los plazos adecuados para que permitan apoyar la toma de decisiones en un futuro cercano, y a tiempo para definir los programas de adaptación que requiere la realidad nacional.

4.8 Referencias

- COCHILCO, 2008. Buenas prácticas y uso eficiente de agua en la industria minera.
- Rojas, D. y Atenas, M. 2009. Taller técnico sobre compilación de Cuentas de Agua en América Latina. Santiago, Chile. 01- 04 Junio 2009. En línea: <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/workshops/chile2009/S6.2-S.ppt>
- Rudnick, H., 2006. Presentación en seminario Sofofa ¿Hay crisis energética?
- Salazar, C. 2003. Situación de los recursos hídricos en Chile. Reporte de Investigación. Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua.
- Infraestructura Hídrica del Chile 2020. Ministerio de Obras Públicas, Enero de 2010
- Informe de Gestión del Sector Sanitario 2008. Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2008
- Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según su Calidad. DGA/CADE-IDEPE, 2003
- Chile, Obras Públicas para el Desarrollo. Ministerio de Obras Públicas, Enero de 2010.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático. CONAMA, Enero de 2006
- La Economía del Cambio Climático en Chile. CEPAL, Noviembre de 2009.
- Política Nacional de Recursos Hídricos. DGA 1999.



4.9 Anexos

4.9.1 Ejercicio de Aplicación metodología FI&F a 5 medidas del subsector hídrico

El presente Anexo presenta la aplicación de la metodología FI&F para proyectar las inversiones requeridas para la implementación de las medidas de adaptación. Estas se hacen con supuestos de incremento en la inversión a modo de ejercicio de aprendizaje. Como se explicó a lo largo del informe, el sector infraestructura en su subsector hídrico no se logró fundamentar supuestos adecuados, debido a la falta de información y falta de estudios que se requieren en forma previa a la aplicación de la metodología. A continuación se expone para cada medida los supuestos considerados para este ejercicio de aplicación. En Anexo siguiente se presentan las tablas de proyección y de incremento asociados a esta aplicación.

Medida 1 Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias.

Tras los análisis realizados en búsqueda de alguna relación entre el aumento de precipitaciones máximas diarias para un período de retorno 5, y el número de estaciones consideradas (cuatro), se propone un supuesto general, sólo para el ejercicio de aplicación de la metodología. Para la medida de adaptación, como no se cuenta con información más específica a cada área de estudio de los planes maestros, y entendiéndose que la mayoría se encuentra sin construir, se considerará que en el 25% de los planes maestros se requerirá un aumento en los requerimientos de inversión.

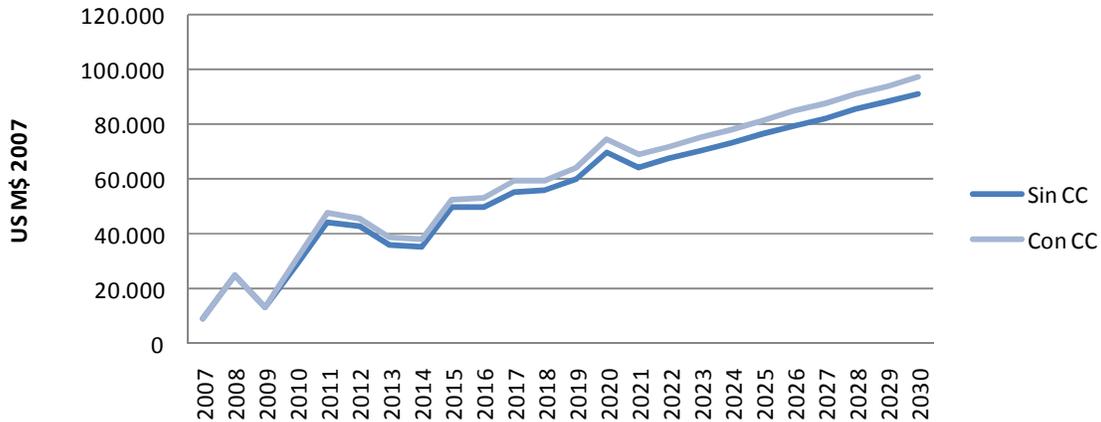
Por su parte, tras los análisis realizados en búsqueda de alguna relación entre los costos de la red primaria y el nivel de precipitación, es posible establecer que no existe forma directa de relacionarlos. Por tanto, para el ejercicio de aplicación, se ha definido un 30% de incremento en los requerimientos de inversión anual respecto de la línea base. Este supuesto no se logra fundamentar con los antecedentes disponibles, la información histórica y la factibilidad de implementación, por tanto corresponde a un consenso para efectos de este ejercicio de aplicación, y no corresponde a cifras o datos determinados a partir de fuentes oficiales o estudios de la contraparte. Precisar estas cifras es materia de análisis que están fuera del alcance de este estudio.

En conclusión, la medida propuesta es que en el 25% de los planes maestros se puede requerir un aumento en la inversión de un 30% del monto asociado a la red de colectores primarios, con la finalidad de mantener la seguridad del diseño. En el Anexo 4.9.2 se presentan las tablas de inversión asociadas a estos supuestos, con la proyección al año 2030.

La figura a continuación resume las inversiones bajo el escenario de línea base y el escenario de medida de adaptación al cambio climático.



Figura 22: Resumen inversiones sin y con considerar el cambio climático



Fuente: Elaboración propia

Elementos de costos

A modo de referencia se revisaron los treinta y tres Planes Maestros de Aguas Lluvias, cuyo horizonte de implementación no está claramente definido. De ellos se puede obtener la siguiente tabla de costos asociados al plan y a las obras de la red primaria en cada caso.

Tabla 126: Costos asociados a los Planes Maestros de Aguas Lluvias y sus Redes Primarias

N°	Nombre de Plan Maestro	Costo Plan (\$)	Costo Red Primaria (\$)
1	Gran Santiago	339.152.000.000	0
2	Punta Arenas	18.364.300.000	8.035.600.000
3	Gran Viña del Mar	20.468.000.000	13.574.000.000
4	Concepción	27.320.417.000	25.075.966.880
5	Puerto Montt	29.304.609.000	24.059.430.000
6	Rancagua y Machalí	33.675.204.000	26.662.742.000
7	Temuco y Padre Las Casas	0	0
8	Gran Valparaíso	13.502.341.449	11.011.034.323
9	Talca	21.564.146.906	20.543.636.939
10	Valdivia	13.750.793.430	8.150.030.620
11	Osorno	16.313.676.810	23.231.000.000
12	Provincia de Chacabuco	52.913.000.000	54.423.000.000
13	Chillan y Chillan Viejo	43.780.451.400	51.303.196.800
14	Talcahuano, San Pedro y Chiguayante	95.206.000.000	119.142.000.000
15	Curicó	24.695.000.000	40.757.000.000
16	Linares	8.018.000.000	9.778.000.000
17	San Antonio y Cartagena	8.016.147.000	10.826.780.000
18	Quillota	44.558.000.000	55.140.000.000
19	Los Ángeles	28.684.000.000	33.000.000.000



N°	Nombre de Plan Maestro	Costo Plan (\$)	Costo Red Primaria (\$)
20	Lota y Coronel	17.785.000.000	20.606.000.000
21	Penco y Tome	13.385.000.000	16.174.000.000
22	Melipilla Talagante	19.937.330.000	24.837.570.000
23	Coyhaique	4.755.000.000	5.687.330.000
24	Coquimbo y La Serena	10.904.000.000	14.129.348.093
25	Copiapó y Vallenar	0	8.261.730.198
26	Antofagasta	48.281.000.000	52.140.000.000
27	Calama	1.609.733.000	246.195.000
28	Iquique	0	0
29	Arica	2.219.100.000	2.357.900.000
30	Ovalle	5.257.443.889	6.123.116.806
31	San Fernando	11.142.600.000	31.868.000.000
32	Puerto Aysén y Puerto Chacabuco	7.412.214.023	8.664.081.585
33	Constitución	5.801.998.158	8.183.949.378

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de flujos de inversión requeridos para la medida, se ha considerado el cálculo utilizando la línea base y no se aborda a nivel de proyecto individual. Esto se debe a que la línea base no se encuentra asociada a proyectos específicos, sino corresponden a un resultado agregado de inversión. El supuesto de inversión de la medida es que en el 25% de los planes maestros se requerirá un aumento en la inversión de un 30% del monto asociado a la red de colectores primarios, con la finalidad de mantener la seguridad del diseño. Para lo anterior, se consideró un aumento adicional del 30% al 25% del costo de todas las obras y estudios asociados a red primaria, para todos los años en forma pareja.

Tabla 127: Ejemplo de estimación del costo adicional para la medida.

Subtipo Inversión	Año	Monto (US M\$ 2007)		
		Base	Medida	Adicional
Colectores primarios de aguas lluvias	2012	33.180	35.668	2.488
Conservación y Mantenimiento de la red primaria	2012	4.346	4.672	326
Estudios de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias,	2012	38	41	3

Fuente: Elaboración propia

Medida 2 Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces

Al igual que la medida anterior, no fue posible establecer un supuesto concluyente, producto de la falta de antecedentes y/o información oficial. Por ello, se realiza el análisis como un ejercicio de aplicación de la medida de adaptación. A continuación se presentan los supuestos para el ejercicio realizado.

Para mantener la seguridad de la obra se deben reforzar los sistemas de defensa y crear nuevas obras. Considerando el análisis de frecuencia antes descrito, en una estación de cuatro analizadas (25%), la precipitación máxima diaria para un período de retorno 100



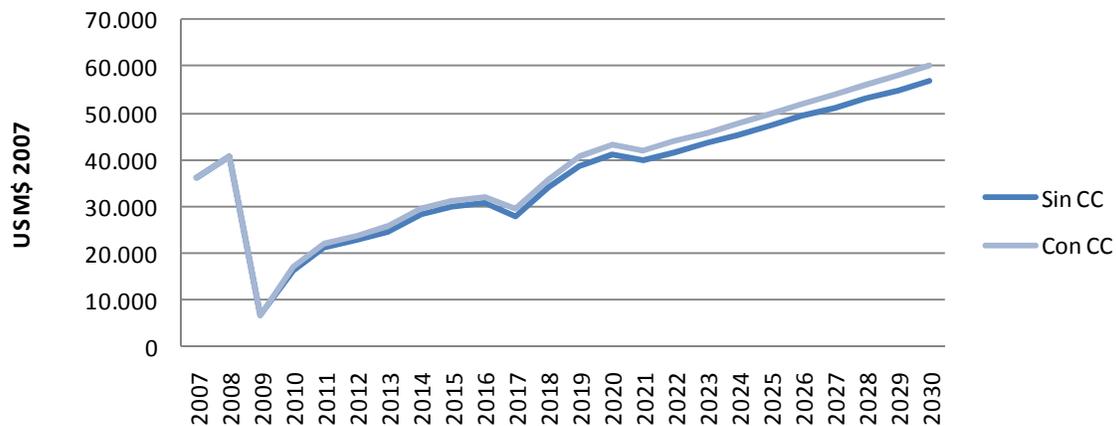
años, aumenta considerablemente. Para el ejercicio de evaluación, específicamente para el costeo de la medida, se trabaja con el supuesto que el 25% de los diseños requerirá un refuerzo de obra equivalente al 50% del costo de inversión.

El supuesto sobre el aumento en un 50% del costo de inversión es propuesto ante la falta de información, que permita realizar un análisis adecuado para obtener la correlación entre el nivel de precipitaciones y los costos de inversión en las obras. En una primera instancia, se propuso realizar un análisis a nivel de Plan Maestro, de tal forma de definir la correlación buscada. Sin embargo, no fue posible disponer con la información necesaria para el análisis por lo que finalmente no se efectuó.

El equipo optó por proponer un porcentaje de aumento de las inversiones de un 50% para efectos de la aplicación del ejercicio. Precisar estas cifras es materia de análisis que están fuera del alcance de este estudio.

La figura a continuación resume las inversiones bajo el escenario de línea base y el escenario de medida de adaptación al cambio climático.

Figura 23: Resumen inversiones sin y con considerar el cambio climático



Fuente: Elaboración propia

Elementos de costos

El supuesto de la medida se aplica a la línea base proyectada en capítulo anterior, a modo de ejemplo se presenta la siguiente tabla con el cálculo asociado a los tres subtipos de inversión para el año 2012.



Tabla 128: Ejemplo de estimación del costo adicional para la medida.

Subtipo Inversión	Año	Monto (US M\$ 2007)		
		Base	Medida	Adicional
Defensas Fluviales	2012	2.364	2.660	296
Ejecución de Obras de Manejo de Cauces	2012	4.589	5.163	574
Estudios de Manejo Cauces	2012	112	126	14
Planes Maestros de Obras de Manejo de Cauces	2012	1.217	1.369	152

Fuente: Elaboración propia

Si se quiere mantener la seguridad de la obra debemos reforzar los sistemas de defensa y crear nuevos. Considerando el análisis de frecuencia antes descrito, para costear la medida, se trabaja con el supuesto que el 25% de los diseños requerirá un refuerzo de obra equivalente al 50% del costo de inversión.

El supuesto sobre el aumento en un 50% del costo de inversión es propuesto ante la falta de información, que permita realizar un análisis adecuado para obtener la correlación entre el nivel de precipitaciones y los costos de inversión en las obras. En una primera instancia, se propuso realizar un análisis a nivel de Plan Maestro, de tal forma de definir la correlación buscada. Sin embargo, no fue posible disponer con la información necesaria para el análisis por lo que finalmente no se efectuó.

Medida 3. Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas.

Como se explica anteriormente en la descripción de la medida, a pesar de los análisis realizados no fue posible establecer una correlación entre los costos de inversión por sistema y el nivel de precipitación.

Para la línea base, y de acuerdo al plan 2010-2020, se establece un total de 226 proyectos de mejoramiento, lo que cubre un 15% del total de los sistemas existentes al 31 del 12 de 2008. Para efectos de la evaluación, a modo de ejercicio, se asumió que la misma cantidad de sistemas se replicaría en la década siguiente, llegando a un 30 % de los sistemas existentes.

Para evaluar la medida, se considera un aumento parejo en la inversión de un 20% por sobre la línea base en las regiones con mayor disminución de precipitación (alcanzando un 36% de cobertura) y en un 10% por sobre la línea base en las regiones donde la precipitación disminuye menos (alcanzando un 33% de cobertura).²¹ Este supuesto no se sustenta en los antecedentes disponibles, la información histórica ni en la factibilidad de implementación, por tanto corresponde a un supuesto para el ejercicio de aplicación de la evaluación FI&F, y no corresponde a cifras o datos determinados a partir de fuentes

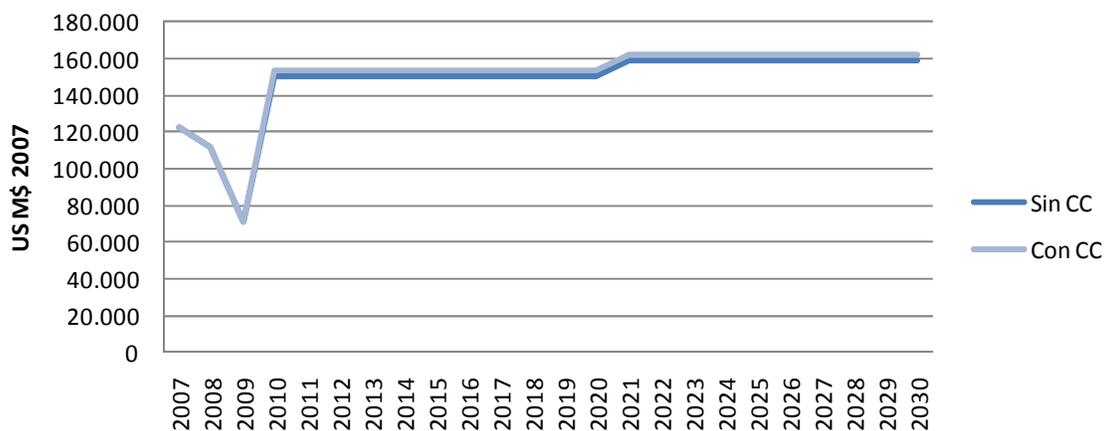
²¹ Porcentaje validado por equipo de expertos de la consultoría. Considerando la poca disponibilidad de información y/o antecedentes que permitieran construir un análisis robusto.



oficiales o estudios de la contraparte. Precisar estas cifras es materia de análisis que están fuera del alcance de este estudio.

La figura a continuación resume las inversiones bajo el escenario de línea base y el escenario de medida de adaptación al cambio climático.

Figura 24: Resumen inversiones sin y con considerar el cambio climático



Fuente: Elaboración propia

Elementos de costos

Del análisis explicado en la sección anterior, se tienen los siguientes resultados de costo adicional.



Tabla 129: Criterios aplicados por Región para estimar el costo adicional en la implementación de APR.

Región	Variación precipitación a 2030 %	Proyectos 2010-2020	Proyectos 2021-2030	Incremento de proyectos (%)	Proyectos adicionales	Costo adicional MM\$ (450 MM\$ / proyecto)
Atacama	1,6%	5	5	0%	0	-
Coquimbo	-8,4%	25	25	10%	5	2.250
Valparaíso	-14,0%	20	20	20%	8	3.600
RM	-15,8%	10	10	20%	4	1.800
O'Higgins	-17,3%	30	30	20%	12	5.400
Maule	-19,2%	38	38	20%	15	6.750
Biobío	-17,7%	25	3	20%	6	2.700
La Araucanía	-14,7%	26	25	20%	10	4.500
Los Ríos	-12,5%	15	15	10%	3	1.350
Los Lagos	-8,8%	18	18	10%	4	1.800
Aysén	-5,1%	4	4	10%	1	450

Nota: El costo promedio del proyecto de mejoramiento se obtiene del costo usado en el plan 2010-2020 (450 MM\$ por proyecto).

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que en las tablas de flujos de inversión y de financiamiento se trabaja a nivel agregado, según subtipo de inversión, por lo cual el porcentaje de incremento se aplica siguiendo el criterio Regional de la tabla anterior, pero aplicado a los subtipos de inversión en mejoramiento y en estudios requeridos para ello. A modo de ejemplo, se presenta el incremental estimado para el año 2012 en la siguiente tabla.

Tabla 130: Ejemplo de estimación del costo adicional para la medida.

Subtipo Inversión	Año	Monto (US M\$2007)		
		Base	Medida	Adicional
Mejoramiento y Conservación Sistema de Agua Potable Rural	2012	15.328	17.861	2.533
Estudios de Diseño de Obras de Instalación Nuevas, Ampliaciones, Mejoramiento y Estudios Hidrológicos	2012	15.186	15.756	569

Fuente: Elaboración propia

Medida 4 Grandes y Medianas Obras de Riego

Producto de la falta de información, no fue posible obtener un supuesto bien fundamentado para la evaluación de la medida. Por ello, al igual que en las otras medidas, se realizó la evaluación a modo de ejercicio de aplicación.

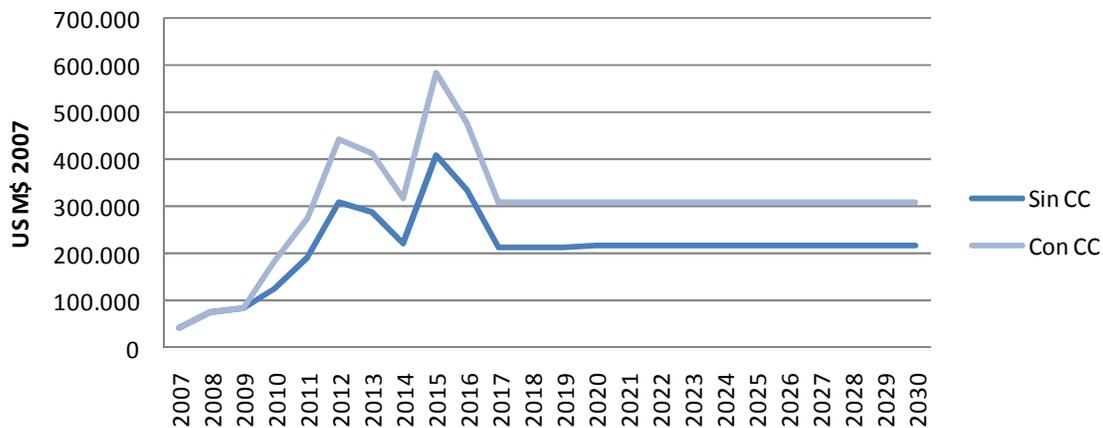


La medida de adaptación propuesta apunta precisamente a embalsar el máximo del recurso disponible. Se propone construir nuevos embalses en aquellas zonas más vulnerables, siempre que el caudal pasante lo permita. Considerando que la entrada en operación de embalses observada en los últimos años es en promedio 1 embalse cada 5 años, aproximadamente, se propone para el periodo 2011-2030 construir 4 embalses adicionales a los proyectados.

Este no corresponde a un consenso para efectos de este estudio, y solo se considera a modo de ejercicio de aplicación de la evaluación. Precisar estas cifras es materia de análisis que están fuera del alcance de este estudio.

La figura a continuación resume las inversiones bajo el escenario de línea base y el escenario de medida de adaptación al cambio climático.

Figura 25: Resumen inversiones sin y con considerar el cambio climático



Fuente: Elaboración propia

Elementos de costos

Conforme a los supuestos antes planteados, a modo de ejemplo, la siguiente tabla presenta un año de los flujos considerados, para el año 2012.

Tabla 131: Ejemplo de estimación del costo adicional para la medida

Subtipo Inversión	Año	Monto (US M\$ 2007)		
		Base	Medida	Adicional
Construcción de Obras de Riego	2012	255.392	383.088	127.696
Estudios Obras de Riego	2012	14.047	21.070	7.023
Explotación Obras de Riego: Manejo y Control	2012	1.185	1.777	592

Fuente: Elaboración propia



Medida 5 Sistema o Estaciones de Monitoreo

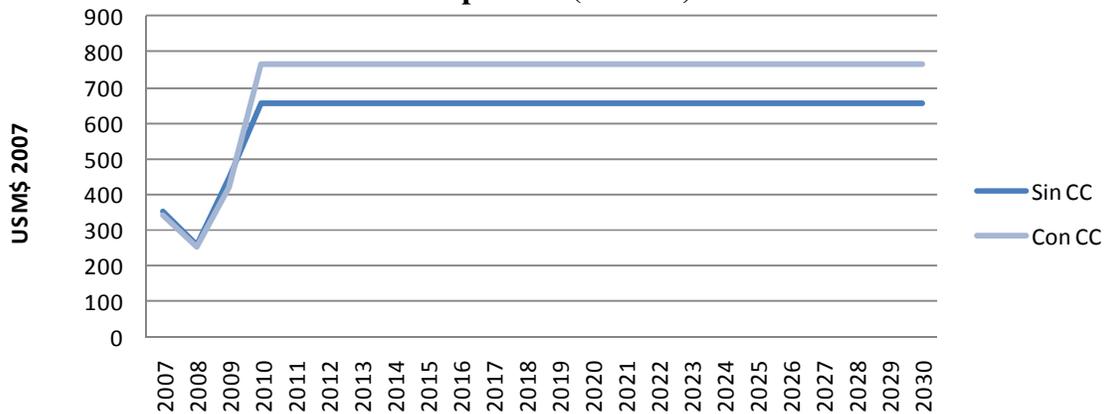
Para esta medida, sobre la base de las tasas de crecimiento observadas históricamente, se propone como supuesto (a modo de ejercicio) la medida de aumentar en un 20% la densidad de estaciones consideradas en línea base, preferentemente en zonas altas de las cuencas. De esta forma, habría un incremento en la densidad de estaciones pluviométricas, alcanzándose 3700 km2/por estación.

Adicionalmente, y en base a la tasa de cambio observada histórica, se propone un mejoramiento tecnológico en la misma medida, es decir, incrementar la tasa de cambio de estaciones digitales a satelitales. Bajo el escenario de línea base la tasa de cambio de estación digital a satelital es de 15 estaciones al año aproximadamente. La medida propuesta sugiere cambiar 19 estaciones al año. Una mejor tecnología permitirá que los datos recolectados sean aun más certeros, de fácil acceso y de una disponibilidad casi inmediata. Respecto a las estaciones pluviométricas, la proyección al año 2030 bajo el escenario sin cambio climático define una densidad aproximada de 2.600 km2/por estación. Esta densidad no está asociada a ninguna zona específica, sin embargo, de acuerdo a la georeferenciación realizada, se deduce que la minoría de las estaciones pluviométricas se ubica en zonas costeras o montañosas.

La OMM define que idealmente la densidad es de 9000 km2/por estación para zonas costeras y 2.500 km2/por estación para zonas montañosas. En base a la densidad actual existente en zonas costeras y montañosas y a la tasa de construcción histórica observada, se propone como medida aumentar en un 20% la densidad de estaciones consideradas en línea base, preferentemente en zonas altas de las cuencas.

La figura a continuación resume las inversiones bajo el escenario de línea base y el escenario de medida de adaptación al cambio climático.

Figura 26: Perfil de inversiones Línea Base (sin CC) y Escenario de Medidas de Adaptación (con CC)



Fuente: Elaboración propia



Las Estaciones de Monitoreo Glaciológico no fueron consideradas en el estudio debido a que la información obtenida no fue suficiente para llevar a cabo un análisis completo. La DGA cuenta actualmente con un registro de las estaciones en operación, sin embargo aun no existe un plan oficial respecto al aumento en la densidad de estaciones de monitoreo glaciológico y por tanto no hay un dimensionamiento de las necesidades.

Elementos de costos

Conforme a los supuestos antes planteados, y considerando que las estaciones en esas zonas específicas tendrán el mismo costo que se han construido históricamente en otras zonas, a modo de ejemplo, la siguiente tabla presenta un ejemplo de los flujos considerados para el año 2012.

Tabla 132: Ejemplo de estimación del costo adicional para la medida

Subtipo Inversión	Año	Monto (US M\$ 2007)		
		Base	Medida	Adicional
Estaciones Fluviométricas	2012	574	676	113
Estaciones Meteorológicas	2012	148	167	28

Fuente: Elaboración propia



4.9.2 Tablas

Tabla 133: FI y FF históricos anuales

Entidad Inversora	Fuente de Fondos	FF y FI Histórico anual sector Hídrico (M US\$ 2007)								
		2005			2006			2007		
		FF	FI	Total FF y FI	FF	FI	Total FF y FI	FF	FI	Total FF y FI
Gobierno	Nacional	2.592	141.548	144.141	1.625	106.201	107.826	6.868	172.889	179.757
Total general		2.592	141.548	144.141	1.625	106.201	107.826	6.868	172.889	179.757

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales.

Tabla 134: FI y FF para el Año Base (2007)

Entidad inversora	Fuente de los fondos FF y FI	FI y FF para el Año Base (2007) (M US\$ 2007)									
		Grandes y Medianas Obras de Riego		Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas		Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias		Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces		Red Hidrométrica Nacional	
		FF	FI	FF	FI	FF	FI	FF	FI	FF	FI
Gobierno	Nacional	1.523	29.648	4.915	113.281	160	7.227	270	22.433	0	296
Total general		1.523	29.648	4.915	113.281	160	7.227	270	22.433	0	296

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 135: FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Base, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de los fondos FF y FI	FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Base (2007 - 2030) (M US\$ 2007)																	
		Grandes y Medianas Obras de Riego			Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas			Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias			Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces			Red Hidrométrica Nacional			Total		
		FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	Nacional	229.697	4.205.649	682.617	376.732	2.967.757	203.910	1.101	1.228.387	128.727	30.035	510.457	342.001		13.422	1.422	637.565	8.925.671	1.358.678
Total general		229.697	4.205.649	682.617	376.732	2.967.757	203.910	1.101	1.228.387	128.727	30.035	510.457	342.001		13.422	1.422	637.565	8.925.671	1.358.678

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 136: FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Línea de Base 2007-2030

Año	FI, FF y O&M anuales estimados para el Escenario de Línea de Base (M US\$ 2007)																	
	Grandes y Medianas Obras de Riego			Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas			Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias			Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces			Red Hidrométrica Nacional			Total		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
2007	1.523	29.648	11.846	4.915	113.281	4.176	160	7.227	1.927	270	22.433	13.372	0	299	51	6.868	172.889	31.373
2008	1.694	59.510	15.994	5.629	96.849	9.601	141	21.629	3.006	1.276	31.847	7.607	0	225	35	8.739	210.060	36.245
2009	20	79.834	4.159	88	71.210	200		13.563			6.800		0	374	70	108	171.782	4.429
2010	5.995	105.322	16.336	17.433	123.327	9.655	38	25.506	3.703	1.245	7.622	7.320	0	596	60	24.711	262.373	37.074
2011	8.990	159.787	24.783	17.433	123.327	9.655	38	40.328	4.172	1.467	13.559	6.432	0	596	60	27.929	337.597	45.102
2012	14.451	255.392	39.612	17.433	123.327	9.655	38	38.763	4.346	1.467	13.906	7.475	0	596	60	33.389	431.985	61.148
2013	13.265	237.511	36.838	17.433	123.327	9.655	38	31.637	4.520	1.467	14.775	8.344	0	596	60	32.204	407.846	59.417
2014	10.269	183.045	28.391	17.433	123.327	9.655	38	30.941	4.693	1.641	17.383	9.213	0	596	60	29.382	355.292	52.012
2015	18.731	336.882	52.251	17.433	123.327	9.655	38	44.847	4.867	1.641	18.773	9.387	0	596	60	37.843	524.426	76.221
2016	15.225	273.146	45.374	17.433	123.327	9.655	38	44.500	5.215	1.641	17.904	11.125	0	596	60	34.338	459.473	71.430
2017	9.967	177.541	27.537	17.433	123.327	9.655	38	50.410	5.215	1.120	15.644	11.212	0	596	60	28.558	367.518	53.679
2018	9.967	177.541	27.537	17.433	123.327	9.655	38	50.410	5.562	1.120	19.990	12.950	0	596	60	28.558	371.864	55.765
2019	9.967	177.541	27.537	17.433	123.327	9.655	38	54.929	5.562	1.120	20.859	16.514	0	596	60	28.558	377.253	59.329
2020	9.967	177.541	29.493	17.433	123.327	9.655	38	64.015	6.032	994	22.971	17.364	0	596	60	28.433	388.451	62.604
2021	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	58.517	6.089	1.357	22.311	16.126	0	596	60	28.795	391.947	60.140
2022	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	61.284	6.289	1.357	23.264	17.069	0	596	60	28.795	395.667	61.283
2023	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	64.051	6.490	1.357	24.217	18.012	0	596	60	28.795	399.387	62.427
2024	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	66.818	6.690	1.357	25.169	18.954	0	596	60	28.795	403.106	63.570
2025	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	69.585	6.891	1.357	26.122	19.897	0	596	60	28.795	406.826	64.713
2026	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	72.352	7.091	1.357	27.075	20.840	0	596	60	28.795	410.546	65.857
2027	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	75.119	7.291	1.357	28.028	21.783	0	596	60	28.795	414.266	67.000
2028	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	77.885	7.492	1.357	28.981	22.726	0	596	60	28.795	417.986	68.144
2029	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	80.652	7.692	1.357	29.934	23.669	0	596	60	28.795	421.706	69.287
2030	9.967	177.541	29.493	17.433	132.982	8.373	38	83.419	7.893	1.357	30.887	24.612	0	596	60	28.795	425.426	70.430

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 137: FI, FF y OyM acumulados para el Escenario de Adaptación, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de los fondos FF y FI	FI, FF y OyM acumulados para el escenarios de adaptación (M US\$ 2007)																	
		Grandes y Medianas Obras de Riego			Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y			Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de			Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces			Red Hidrométrica Nacional			Total		
		FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	Nacional	340.705	6.223.977	691.978	388.691	3.020.948	203.910	1.161	1.306.891	138.012	33.233	548.584	342.001	0	15.450	1.616	763.790	11.115.851	1.377.518
Total general		340.705	6.223.977	691.978	388.691	3.020.948	203.910	1.161	1.306.891	138.012	33.233	548.584	342.001	0	15.450	1.616	763.790	11.115.851	1.377.518

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 138: FI, FF y OyM anuales estimados para el Escenario de Adaptación, 2007-2030

Año	FI, FF y O&M anuales estimados para el Escenario de adaptación (M US\$ 2007)																	
	Grandes y Medianas Obras de Riego			Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas			Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias			Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces			Red Hidrométrica Nacional			Total		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
2007	1.523	29.648	11.846	4.915	113.281	4.176	160	7.227	1.927	270	22.433	13.372	0	294	51	6.868	172.883	31.372
2008	1.694	59.510	15.994	5.629	96.849	9.601	141	21.629	3.006	1.276	31.847	7.607	0	220	35	8.739	210.055	36.244
2009	20	79.834	4.159	88	71.210	200	0	13.563	0	0	6.800	0	0	356	67	108	171.763	4.426
2010	8.891	157.982	16.580	18.003	125.860	9.655	41	27.204	3.980	1.383	8.420	7.320	0	694	70	28.318	320.160	37.605
2011	13.384	239.681	25.154	18.003	125.860	9.655	41	42.990	4.485	1.633	14.210	6.432	0	694	70	33.062	423.435	45.795
2012	21.474	383.088	40.204	18.003	125.860	9.655	41	41.252	4.672	1.633	14.775	7.475	0	694	70	41.151	565.670	62.075
2013	19.797	356.267	37.389	18.003	125.860	9.655	41	33.650	4.858	1.633	15.753	8.344	0	694	70	39.474	532.224	60.316
2014	15.303	274.568	28.815	18.003	125.860	9.655	41	32.909	5.045	1.829	18.469	9.213	0	694	70	35.176	452.500	52.798
2015	27.995	505.324	53.032	18.003	125.860	9.655	41	47.741	5.232	1.829	19.860	9.387	0	694	70	47.868	699.478	77.376
2016	22.737	409.719	46.008	18.003	125.860	9.655	41	47.393	5.606	1.829	19.208	11.125	0	694	70	42.609	602.874	72.464
2017	14.849	266.311	27.949	18.003	125.860	9.655	41	53.766	5.606	1.242	16.948	11.212	0	694	70	34.135	463.580	54.491
2018	14.849	266.311	27.949	18.003	125.860	9.655	41	53.766	5.980	1.242	21.511	12.950	0	694	70	34.135	468.143	56.603
2019	14.849	266.311	27.949	18.003	125.860	9.655	41	58.587	5.980	1.242	22.815	16.514	0	694	70	34.135	474.267	60.167
2020	14.849	266.311	29.904	18.003	125.860	9.655	41	68.278	6.484	1.101	24.889	17.364	0	694	70	33.994	486.033	63.477
2021	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	62.413	6.545	1.509	24.240	16.126	0	694	70	34.402	489.174	61.018
2022	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	65.364	6.761	1.509	25.312	17.069	0	694	70	34.402	493.197	62.176
2023	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	68.316	6.976	1.509	26.384	18.012	0	694	70	34.402	497.221	63.335
2024	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	71.267	7.192	1.509	27.456	18.954	0	694	70	34.402	501.244	64.493
2025	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	74.218	7.407	1.509	28.528	19.897	0	694	70	34.402	505.267	65.651
2026	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	77.169	7.623	1.509	29.600	20.840	0	694	70	34.402	509.290	66.810
2027	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	80.120	7.838	1.509	30.672	21.783	0	694	70	34.402	513.313	67.968
2028	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	83.072	8.054	1.509	31.744	22.726	0	694	70	34.402	517.337	69.127
2029	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	86.023	8.269	1.509	32.817	23.669	0	694	70	34.402	521.360	70.285
2030	14.849	266.311	29.904	18.003	135.515	8.373	41	88.974	8.485	1.509	33.889	24.612	0	694	70	34.402	525.383	71.443

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 139: FI, FF y OyM adicionales anuales, 2007-2030

Entidad Inversora	Fuente de los fondos FF y FI	FI, FF y OyM adicionales acumulados (2005-2030) (M US\$ 2007)																	
		Grandes y Medianas Obras de Riego			Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y			Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de			Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces			Red Hidrométrica Nacional			Total		
		Δ FF	Δ FI	Δ OyM	Δ FF	Δ FI	Δ OyM	Δ FF	Δ FI	Δ OyM	Δ FF	Δ FI	Δ OyM	Δ FF	Δ FI	Δ OyM	Δ FF	Δ FI	Δ OyM
Gobierno	Nacional	111.008	2.018.328	9.361	11.959	53.191	0	60	78.505	9.285	3.198	38.128	0	0	2.368	244	126.225	2.190.520	18.890
Total general		111.008	2.018.328	9.361	11.959	53.191	0	60	78.505	9.285	3.198	38.128	0	0	2.368	244	126.225	2.190.520	18.890

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



Tabla 140: FI, FF y OyM adicionales acumulados, 2007-2030

Año	FI, FF y O&M adicionales anuales (M US\$ 2007)																	
	Grandes y Medianas Obras de Riego			Obras de Agua Potable Rural en localidades Concentradas y Semiconcentradas			Planes Maestros de Aguas Lluvias y Obras de Evacuación y Obras de Drenaje de Aguas Lluvias			Planes Maestros de Obras Fluviales y Obras de Manejo de Cauces			Red Hidrométrica Nacional			Total		
	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	ΔFF	ΔFI	ΔOyM
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	2.896	52.661	244	569	2.533	0	3	1.698	278	138	798	0	0	113	12	3.607	57.803	534
2011	4.394	79.894	371	569	2.533	0	3	2.662	313	166	652	0	0	113	12	5.133	85.853	695
2012	7.023	127.696	592	569	2.533	0	3	2.488	326	166	869	0	0	113	12	7.762	133.699	930
2013	6.532	118.756	551	569	2.533	0	3	2.014	339	166	978	0	0	113	12	7.270	124.393	901
2014	5.034	91.523	425	569	2.533	0	3	1.968	352	188	1.086	0	0	113	12	5.794	97.222	788
2015	9.264	168.441	781	569	2.533	0	3	2.894	365	188	1.086	0	0	113	12	10.024	175.067	1.158
2016	7.512	136.573	633	569	2.533	0	3	2.894	391	188	1.304	0	0	113	12	8.272	143.416	1.036
2017	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	3.357	391	123	1.304	0	0	113	12	5.577	96.076	814
2018	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	3.357	417	123	1.521	0	0	113	12	5.577	96.294	841
2019	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	3.657	417	123	1.956	0	0	113	12	5.577	97.029	841
2020	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	4.262	452	107	1.918	0	0	113	12	5.562	97.597	876
2021	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	3.896	457	152	1.930	0	0	113	12	5.607	97.242	880
2022	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	4.081	472	152	2.049	0	0	113	12	5.607	97.545	895
2023	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	4.265	487	152	2.168	0	0	113	12	5.607	97.849	910
2024	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	4.449	502	152	2.287	0	0	113	12	5.607	98.152	925
2025	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	4.633	517	152	2.406	0	0	113	12	5.607	98.455	940
2026	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	4.818	532	152	2.525	0	0	113	12	5.607	98.759	955
2027	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	5.002	547	152	2.644	0	0	113	12	5.607	99.062	970
2028	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	5.186	562	152	2.763	0	0	113	12	5.607	99.365	985
2029	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	5.370	577	152	2.882	0	0	113	12	5.607	99.669	1.000
2030	4.882	88.770	412	569	2.533	0	3	5.554	592	152	3.002	0	0	113	12	5.607	99.972	1.015

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales



4.9.3 Resultados de la Evaluación

A partir de las evaluaciones de flujos de inversión, financieros y de operación y mantenimiento es posible obtener algunos indicadores financieros interesantes a partir de los resultados de la evaluación de los flujos. En este caso se estimará el Valor Presente Neto (VPN) descontando los flujos a la Tasa Social de Descuento (6%) y un análisis de sensibilidad de este indicador, sensibilizado a las tasas del 3% y 9%. Estos resultados se presentan en el siguiente cuadro, para la situación, el escenario con medidas y el diferencial entre ambas situaciones.

Tabla 141: Análisis de Sensibilidad VPN Situación Base, con Medidas y Delta

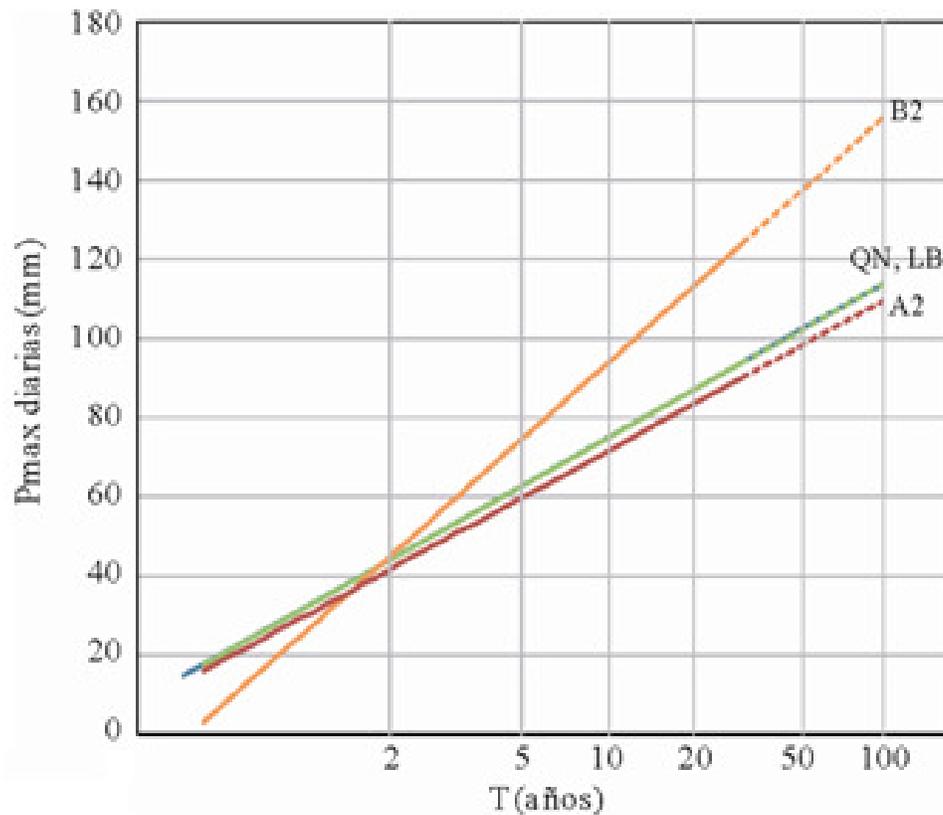
Tasa de Descuento	VPN Situación Base M US\$ 2007	VPN Escenario con Medidas M US\$ 2007	Delta VPN M US\$ 2007
6%	- 5.331.613	- 6.439.564	- 1.108.149
9%	- 3.970.781	- 4.776.514	- 805.882
3%	- 7.457.958	- 9.035.079	- 1.577.392

Fuente: Elaboración propia

A partir del cuadro anterior se puede apreciar que sería necesario invertir del orden de US\$ 1.000 millones (actualizados al año 2007) para implementar las medidas propuestas en el ejercicio. Ello parece un monto bastante razonable dada la importancia del sector infraestructura hídrica.

4.9.4 Gráficos de Análisis de frecuencias y distribución

Figura 27: Análisis de Frecuencia de P_{24} max para Q. Normal, Línea Base, A2 y B2, según Ajuste a Distribución Gumbel²², resultados para series calibradas.



²² El eje de probabilidad (período de retorno) del gráfico se ha calculado en función de los coeficientes de frecuencia asociados a Quinta Normal. Las curvas de ajuste pueden no ser rectas para el resto de las series.



FIGURA 1
ANÁLISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCIÓN PEARSON
SERIE DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS - ESTACIÓN LOS ÁNGELES LÍNEA BASE

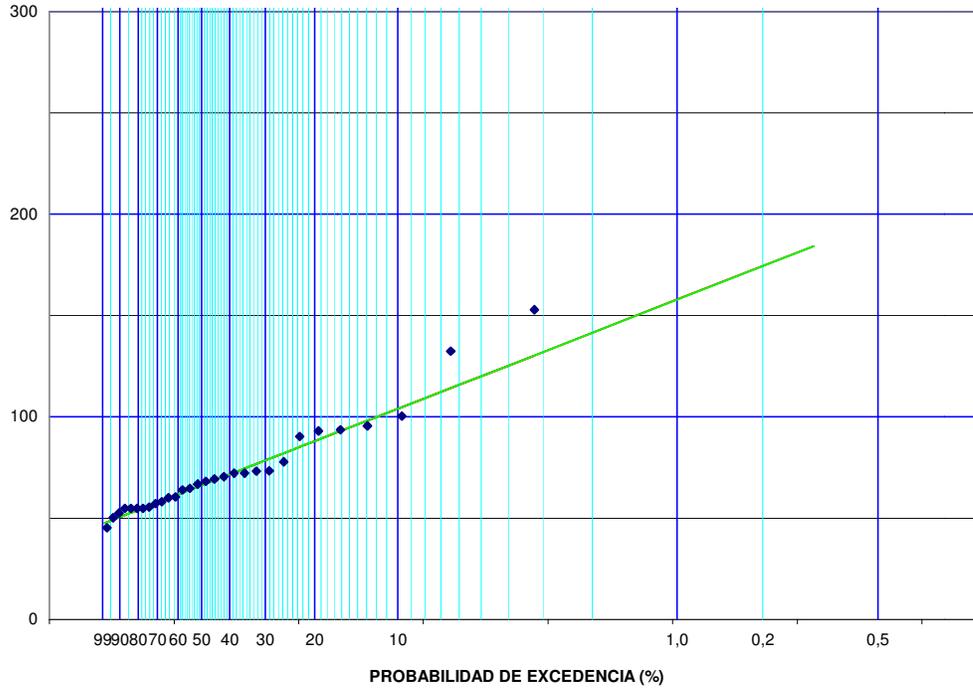


FIGURA 2
ANÁLISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL
SERIE DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS - ESTACIÓN LOS ÁNGELES PERÍODO 2070-2100 ESCENARIO A2

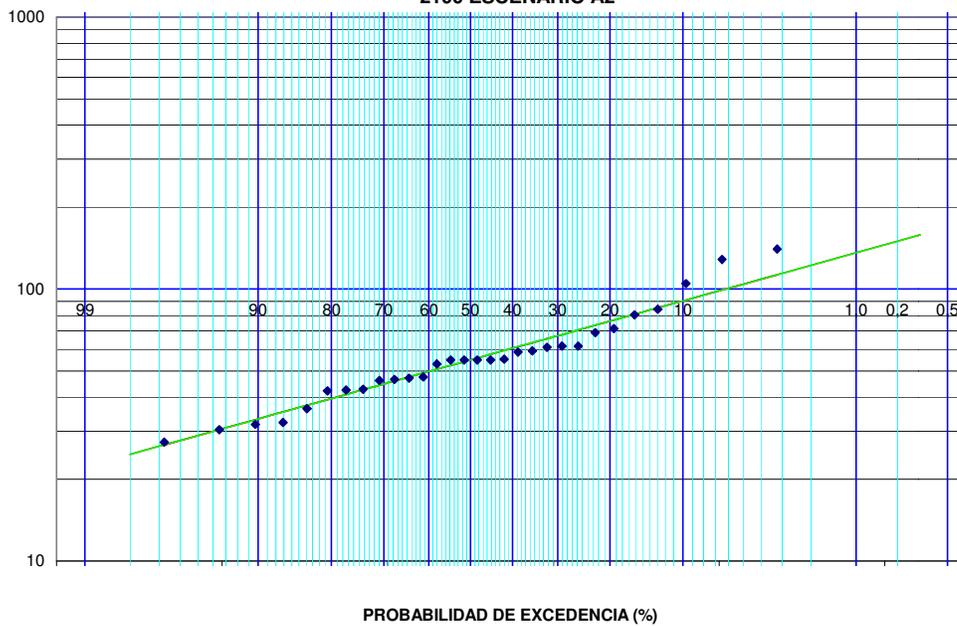




FIGURA 3
ANÁLISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCION GUMBEL
SERIE DE PRECIPITACIONES MÀXIMAS DIARIAS - ESTACIÒN LAJA LÌNEA BASE

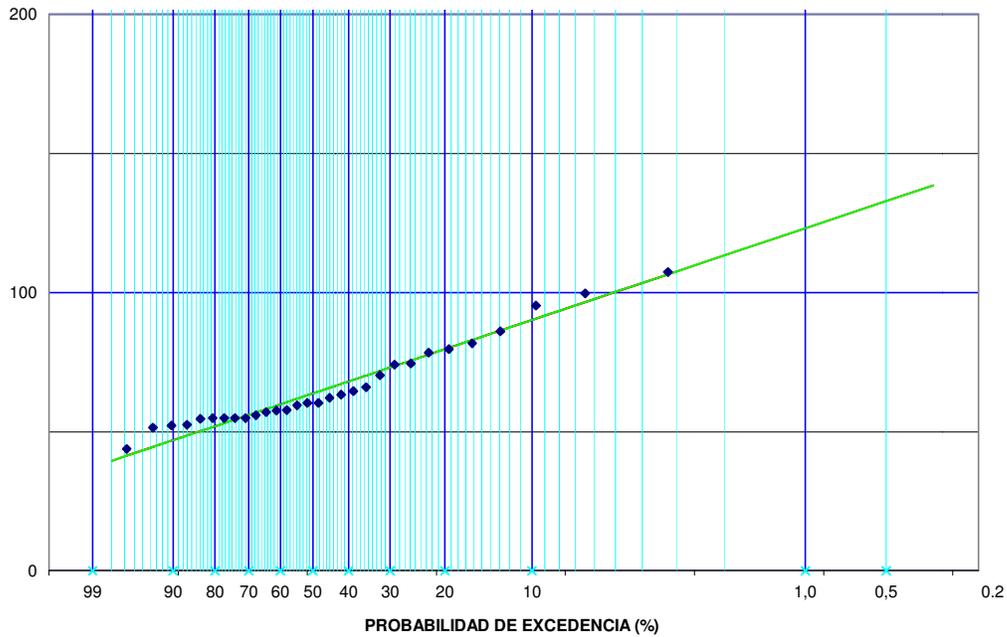


FIGURA 4
ANÁLISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCION GUMBEL
SERIE DE PRECIPITACIONES MÀXIMAS DIARIAS - ESTACIÒN LAJA PERIODO 2070-2100.
ESCENARIO A2

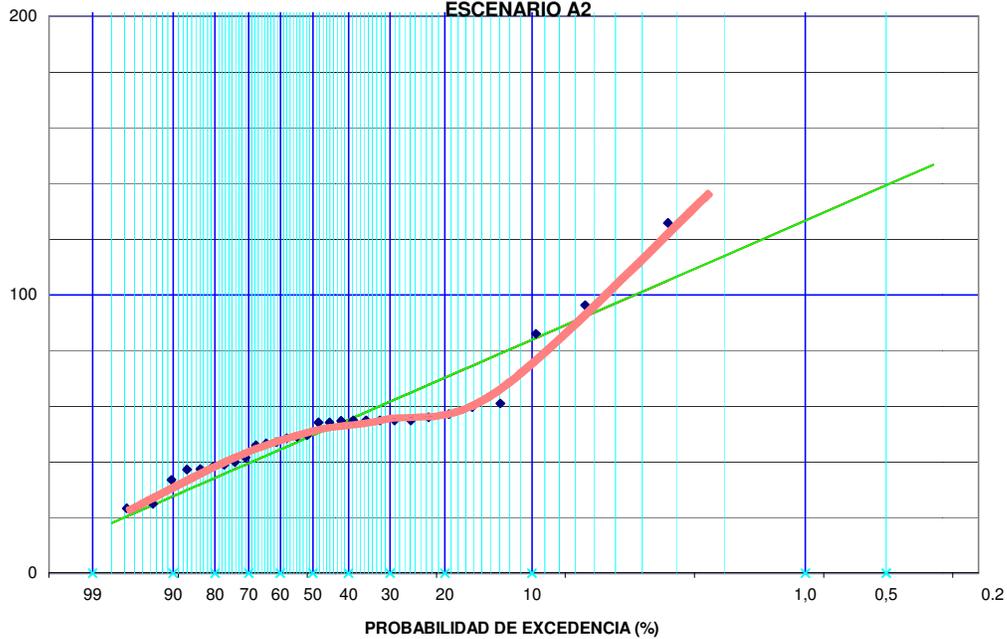
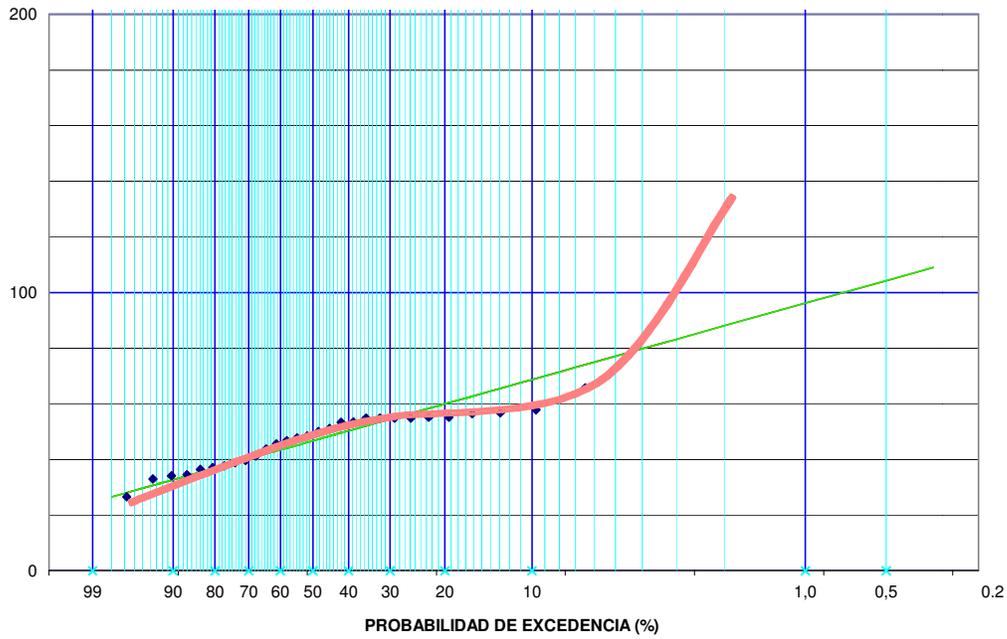


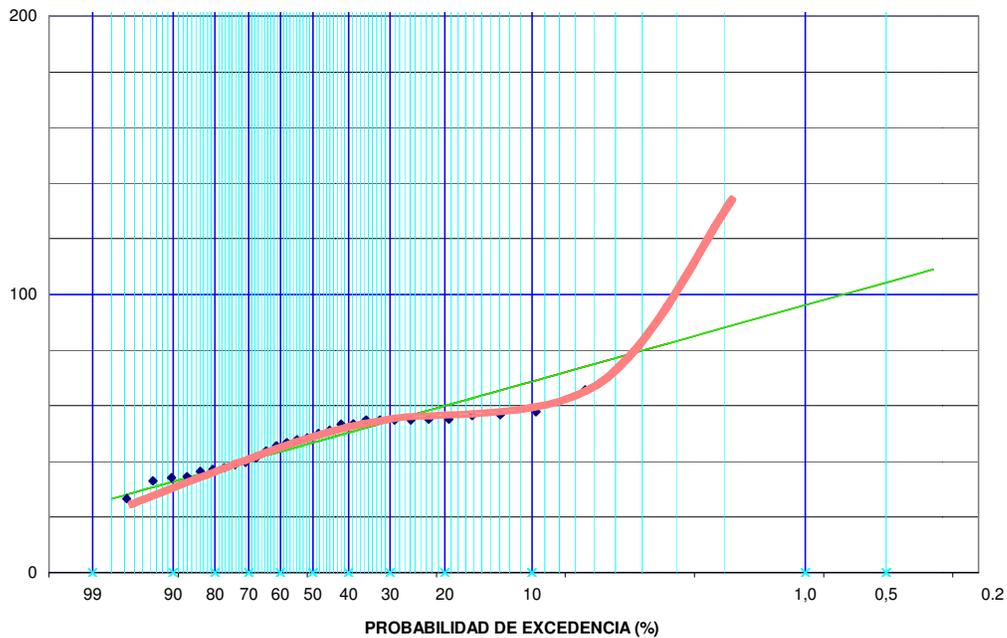


FIGURA 5
ANALISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCION GUMBEL
SERIE DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS - ESTACIÓN CA., ETE



Ninguna distribución se ajusta. Se adopta ajuste gráfico

FIGURA 5
ANALISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCION GUMBEL
SERIE DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS - ESTACIÓN CA., ETE



Ninguna distribución se ajusta. Se adopta ajuste gráfico



FIGURA 6
ANALISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCION GUMBEL
SERIE DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS - ESTACIÓN CA., ETE PERIODO 2070-
2100. ESCENARIO A2

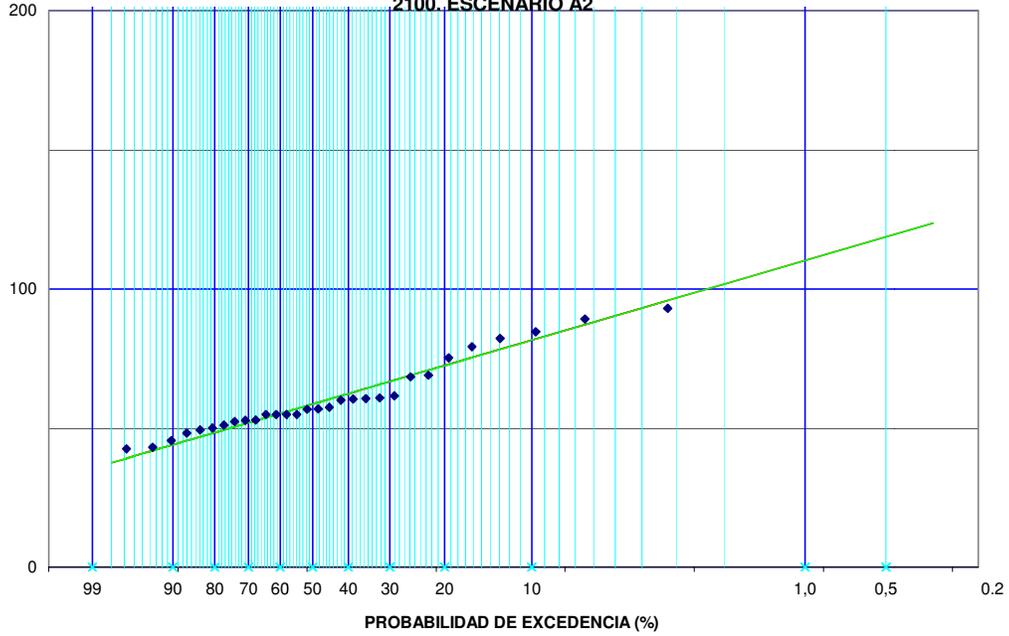




FIGURA 7
ANÁLISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL
SERIE DE PRECIPITACIONES M_áXIMAS DIARIAS - ESTACI_óN CHILLANCITO L_íNEA BASE

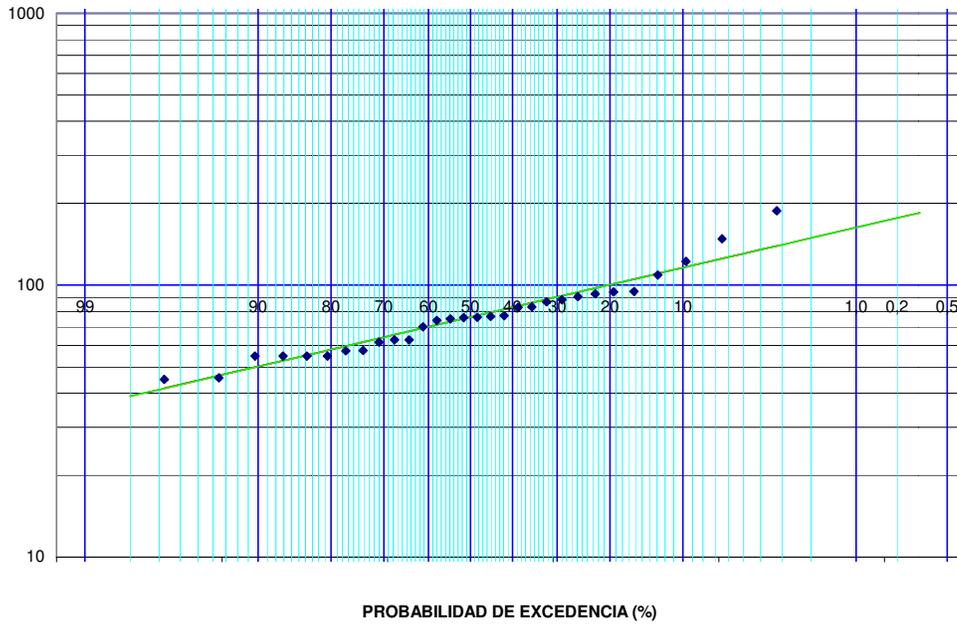
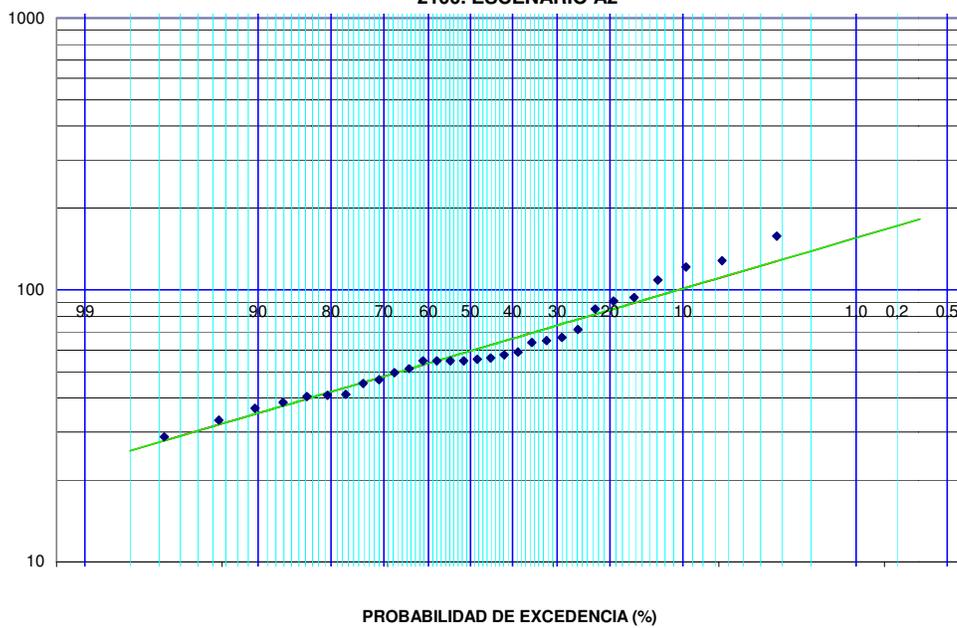


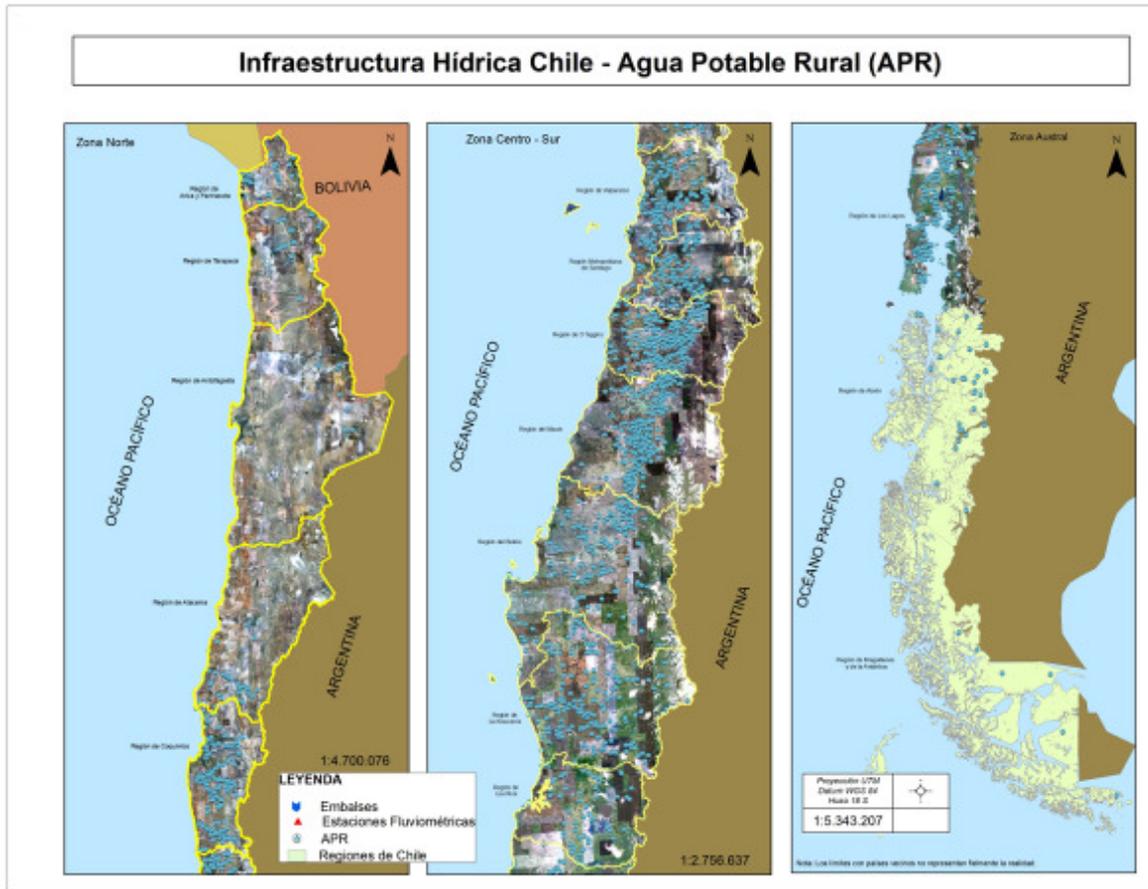
FIGURA 8
ANÁLISIS DE FRECUENCIAS - DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL
SERIE DE PRECIPITACIONES M_áXIMAS DIARIAS - ESTACI_óN CHILLANCITO PERIODO 2070-2100. ESCENARIO A2

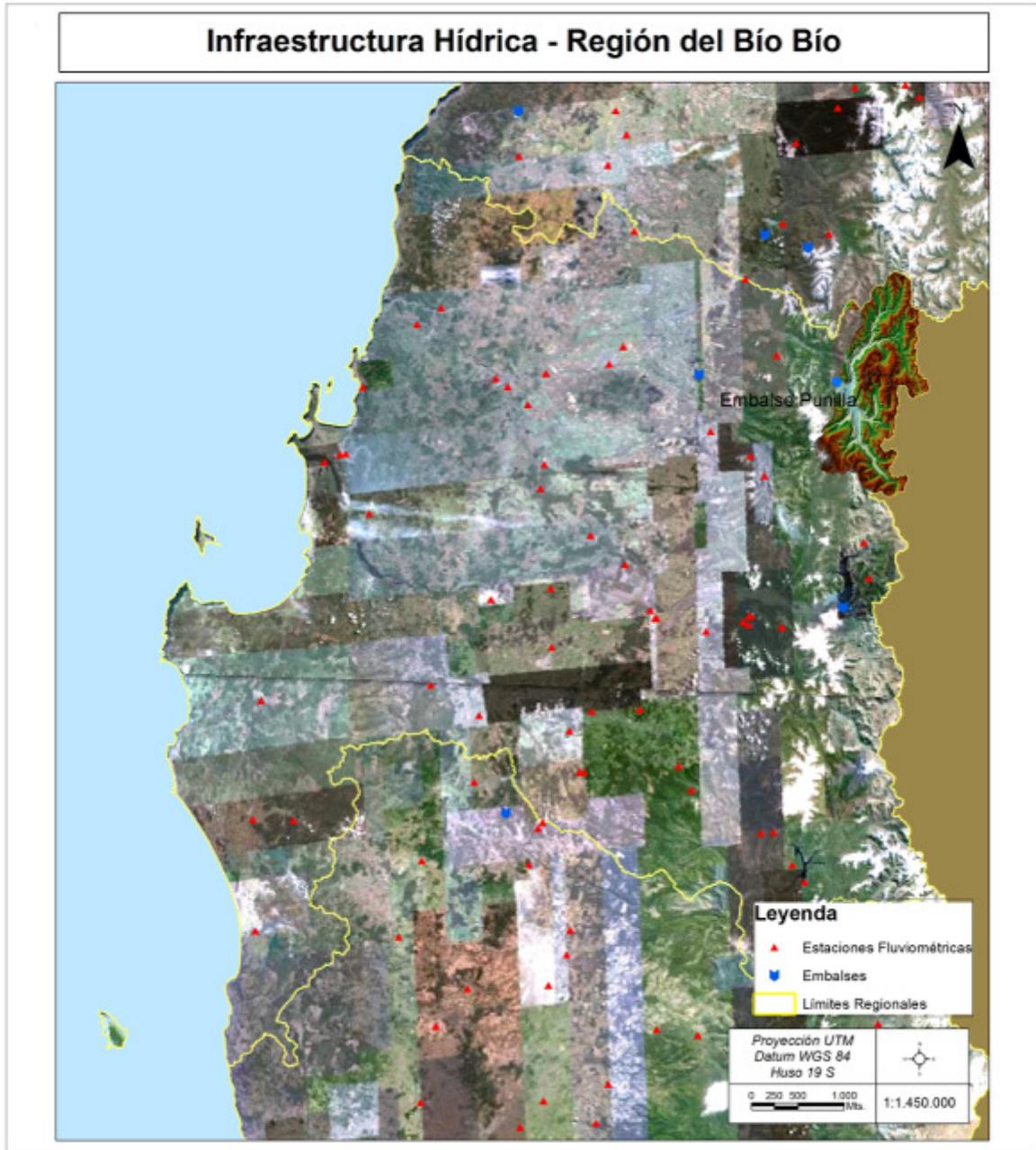




4.9.5 Infraestructura hídrica

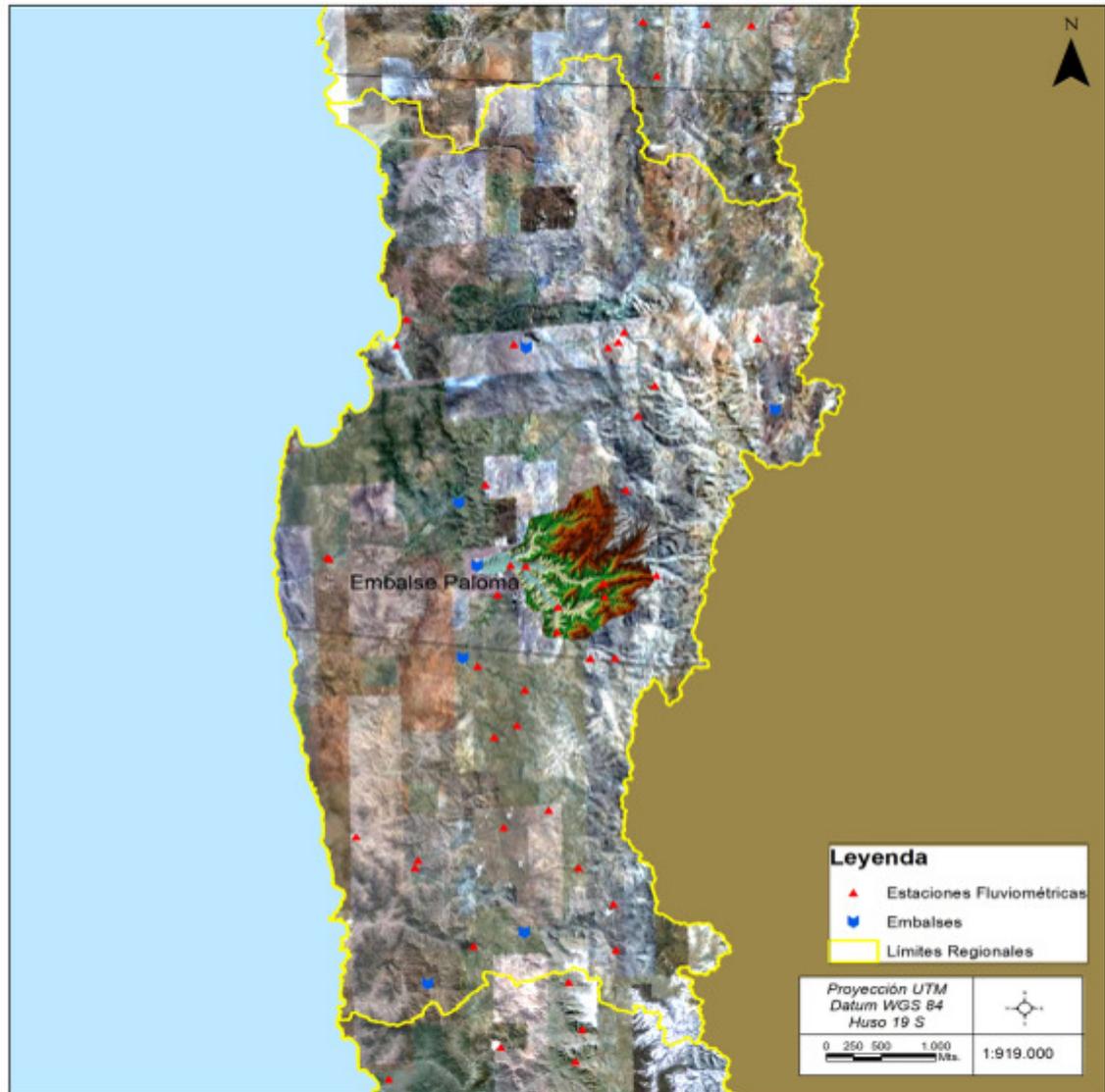


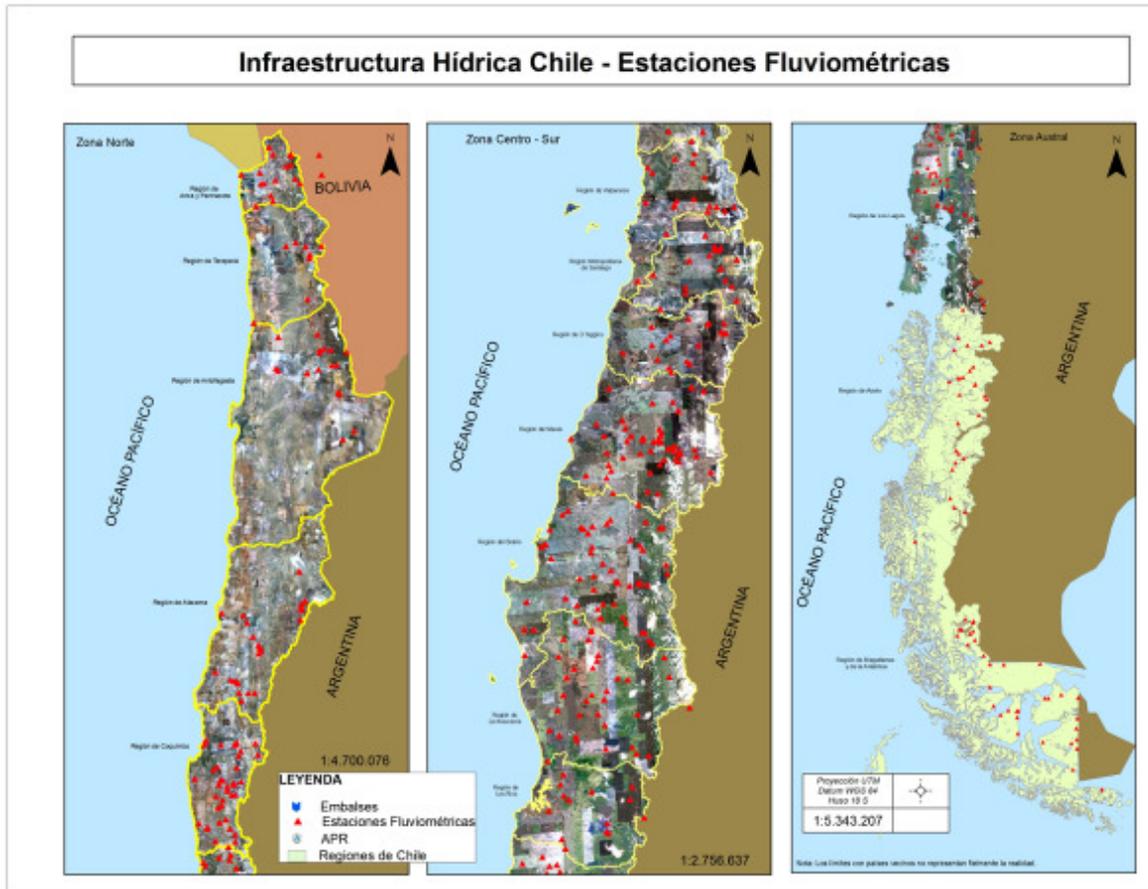






Infraestructura Hídrica - Región de Coquimbo







5 Conclusiones y Comentarios

Es muy importante hacer notar que este informe y el estudio en su globalidad no intenta desarrollar una evaluación exhaustiva y detallada de los flujos de inversión y financiamiento para los sectores abordados, si no que más bien ser un ejercicio que sirve para el aprendizaje del uso de esta metodología, de búsqueda de fuentes y vacíos de información y de comprensión de los resultados que se logran, tanto para los consultores, como para los profesionales de las instituciones públicas involucradas. Por lo tanto, se sugiere su revisión tratando de entender la metodología, la forma de enfrentar los problemas y los supuestos que se han considerado, más que en la revisión del número utilizado o el resultado que se está obteniendo al año 2020 ó 2030.

Dada la información disponible en la mayoría de los sectores y las aproximaciones y supuestos utilizados, los resultados que se obtienen tienen un nivel de incertidumbre alto. De esta forma, es necesario considerar estos resultados en su dimensión y contexto, dentro de un rango de variabilidad acorde con la información y supuestos de base. Obviamente, en la medida que se pueda mejorar la calidad de la información, se podrá acceder a resultados más precisos y con mayor certeza.

Dada la importancia que los temas de adaptación y mitigación tendrán en el futuro y las posibilidades de acceso a importantes recursos que se podrían dar teniendo buenas estimaciones de los costos que el cambio climático pueden representar para el país, se hace necesario contar con mejor información para desarrollar este tipo de ejercicios en estos sectores, como en otros igual de importantes. Se requiere un compromiso y un énfasis por parte del gobierno en mejorar la información disponible, capacitar a los profesionales de las distintas divisiones involucradas y estar atento a las posibilidades de presentar estos resultados en las instancias correspondientes que puedan hacer llegar los recursos disponibles a nivel mundial.

Se han definido una serie de estudios para avanzar en la generación de información que se requiere para evaluar los impactos del cambio climático en el sector infraestructura hídrica. Dichos estudios debieran ser ejecutados idealmente en un período no superior a 10 años, en su totalidad, con el fin de que la secuencia de requerimientos de los distintos estudios, permita apoyar la toma de decisiones a partir del quinto año en adelante.

Un punto que merece atención urgente es avanzar en los alcances relativos a la competencia del agua por distintos usuarios. Esto es uno de los aspectos más importantes para poder abordar la gestión integral de los recursos hídricos. Este es uno de los temas que han quedado fuera del presente estudio, no obstante se debe recalcar que se encuentra entre los desafíos más grandes del sector hídrico, y que debiera partir al menos con los siguientes pasos: (i) Sistematización y levantamiento de información relativa a los derechos de



aprovechamiento de agua otorgados; (ii) Regularización; (iii) Validación de la información; y finalmente, (iv) Evaluación de los efectos del CC en los derechos.

Finalmente, es importante recalcar que la priorización de los estudios propuestas en esta sección es a nivel de propuesta. Corresponde a las autoridades del sector su validación o redefinición. Lo importante es que los antecedentes que se deben generar y los estudios requeridos se han identificado. El siguiente paso es ejecutarlos en los plazos adecuados para que permitan apoyar la toma de decisiones en un futuro cercano, y a tiempo para definir los programas de adaptación que requiere la realidad nacional.

5.1 Comparación de resultados

A continuación se presentan las tablas donde se puede comparar los resultados de la evaluación que corresponden a los incrementos en los flujos de financiamiento, de inversión y de operación y mantención. Este flujo adicional es el que se obtiene de restar a los flujos del escenario de adaptación y/o mitigación los flujos del escenario de línea base.

En primer término se presenta la síntesis de los flujos adicionales acumulados por sector, por tipo de flujo y fuente inversora. No se incluye el sector infraestructura hídrica dada la naturaleza distinta de sus resultados.

Tabla 142: Inversión adicional acumulada por Sector y por tipo de flujo

	FI, FF y OyM adicionales acumulados por Sector (2007-2030) (M US\$ 2007)					
	Transporte			Silvoagropecuario		
	Δ FF	Δ FI	Δ OyM	Δ FF	Δ FI	Δ OyM
Gobierno	9.509	2.579.103	971.585	1.505.284	473.047	3.757
Privados (empresas)	20.782	72.840	- 1.346.573	0	107.971	0
Hogares	-	726.197	- 1.656.926	355.214	95.698	0
Total	30.291	3.378.140	- 2.031.914	1.860.498	676.717	3.757

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Respecto de los resultados obtenidos en la evaluación respecto a inversión adicional acumulada por sector y por tipo de flujo, se puede destacar lo siguiente:

- Considerando los flujos de inversión (FI), el sector que presenta el mayor incremento es Transporte (MUS\$ 3.378.140), lo que se explica esencialmente por la inversión en infraestructura asociada a la ampliación de la red de METRO que es financiada por el Gobierno.
- El sector Silvoagropecuario presenta niveles de inversión más bajos comparativamente (MUS\$ 676.717), lo que se explica esencialmente porque a diferencia de los otros sectores, no hay grandes obras de infraestructura asociadas a la adaptación y las medidas apuntan a acciones específicas en las



distintas categorías de medidas. La inversión se concentra en los programas para recuperación de suelos y tecnificación de riego

- Respecto de las entidades inversoras, dada las necesidades de infraestructura pública, es el Gobierno el que debe asumir la mayor parte de las mismas.
- Una excepción destacada a lo anterior es el caso de la inversión adicional por parte de los Hogares en el caso del Sector Transporte, donde realizan una inversión cuantiosa en el horizonte de evaluación (MMUS\$ 726 aprox.), debido al costo adicional que significa la adquisición de vehículos de baja emisión.

En el caso de Transporte se presenta la singularidad de que dado el ahorro que generan las medidas de cambio tecnológico del parque vehicular, implementada por los Hogares, y las mejoras aerodinámicas en camiones de carga, implementada por los Privados (empresas), se producen ahorros en combustible. Dada la magnitud de estos ahorros (acumulados en el tiempo), se consideran como parte de los flujos de Operación y Mantenimiento (OyM), resultando estos negativos aún cuando el sector registra aumentos de este concepto en las otras medidas (expansión de línea de METRO, por ejemplo).

Luego, se presenta la tabla resumen asociada a los montos de la línea base acumulados para cada sector:

Tabla 143: Inversión de línea base acumulada por Sector y por tipo de flujo

FI, FF y OyM línea base acumulados por Sector (2007-2030) (M US\$ 2007)						
	Transporte			Silvoagropecuario		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	8.052	11.754.856	11.302.701	4.037.010	6.956.445	0
Privados (empresas)	25.631	425.816	580.578.742	34.233	2.582.644	0
Hogares		723.110	150.434.325	399.277	5.369.443	0
Total	33.683	12.903.782	742.315.768	4.470.520	14.908.532	-

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Respecto de los resultados respecto a inversión de línea base acumulada por sector y por tipo de flujo, se puede destacar lo siguiente:

- Considerando los flujos de inversión, el sector que presenta mayores montos es el sector Transporte, con MMUS\$ 12.900 aprox., concentrado en la inversión del Gobierno en infraestructura de transporte.
- El segundo flujo de inversión más relevante es el del sector Silvoagropecuario, donde hay MMUS\$ 14.900 aprox., concentrados en inversión del Gobierno (diversos programas), y en los Hogares, asociados a flujos derivados de la obtención de créditos.
- Respecto de los flujos de operación y mantenimiento (OyM), Transporte es quien presenta el mayor monto como balance neto (MMUS\$ 3.130 aprox.). En este



caso se observa que el resultado es producto de un alto nivel de OyM que es aportado por el Gobierno, asociado a los costos de operación de las ampliaciones de la red de METRO, y que es contrarrestado por los flujos negativos del mismo concepto, y que se producen por los ahorros de Privados (camiones) y Hogares (vehículos particulares) en el consumo de combustibles.

- Cabe señalar que en el escenario de línea base también se producen ahorros aún cuando son más moderados que en el escenario de medidas, donde la cobertura de la medida es mayor.

A continuación se presenta una tabla resumen asociada a los montos adicionales acumulados por cada tipo de flujo, sector y fuente inversora en relación a la línea base (incremento porcentual sobre línea base):

Tabla 144: Inversión adicional acumulada como porcentaje sobre la línea base por Sector y por tipo de flujo

FI, FF y OyM adicionales acumulados como porcentaje sobre la línea base por Sector (2007-2030) (%)						
	Transporte			Silvoagropecuario		
	FF	FI	OyM	FF	FI	OyM
Gobierno	118,1%	21,9%	8,6%	37,3%	6,8%	0,0%
Privados (empresas)	81,1%	17,1%	-0,2%	89,0%	1,8%	0,0%
Hogares	0,0%	100,4%	-1,1%	0,0%	4,2%	0,0%
Total	89,9%	26,2%	-0,3%	41,6%	4,5%	0,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Respecto de los resultados asociados a inversión adicional acumulada como porcentaje sobre la línea base por sector y por tipo de flujo, se puede destacar lo siguiente:

- Considerando los flujos de inversión, el sector que presenta un mayor incremento relativo es Transporte (26,2%), siempre asociado a los incrementos de infraestructura. Cabe hacer notar que el mayor incremento relativo se da en la fuente inversora Hogares, con un 100%, asociado a la medida de cambio tecnológico del parque vehicular.
- El sector Transporte muestra variaciones negativas en los flujos de OyM (-0,3%). Ellos se deben a los importantes ahorros de consumo de combustible.

Por último, a continuación se presenta una tabla resumen asociada a los montos de la línea base anual para cada sector.



Tabla 145: Inversión adicional anual por sector y por tipo de flujo

FI, FF y OyM adicionales anuales por Sector (M US\$ 2007)						
Año	Transporte			Silvoagropecuario		
	ΔFF	ΔFI	ΔOyM	DFI	DFI	DOyM
2007	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
2011	607	69.243	-3.048	10.408	33.577	83
2012	649	18.485	-8.026	19.106	33.915	100
2013	694	140.855	-17.111	27.771	33.915	117
2014	740	146.681	50.738	36.409	33.915	172
2015	995	216.926	-29.907	45.117	33.915	189
2016	1.576	479.909	-45.258	53.824	33.915	206
2017	2.619	313.809	-59.039	62.532	33.826	206
2018	2.588	-364.312	-4.871	71.240	33.826	206
2019	2.958	-324.976	-23.546	79.948	33.826	206
2020	1.056	684.221	-112.081	88.656	33.826	206
2021	1.452	784.764	-133.821	97.364	33.826	206
2022	1.567	-60.544	-82.441	106.071	33.826	206
2023	3.143	-406.128	-97.654	114.779	33.826	206
2024	1.722	106.815	-116.713	123.487	33.826	206
2025	716	956.471	-216.410	132.195	33.826	206
2026	539	71.662	-177.438	140.903	33.826	206
2027	2.101	-429.738	-192.413	149.611	33.826	206
2028	1.411	-293.405	-222.737	158.318	33.826	206
2029	1.475	387.243	-256.070	167.026	33.826	206
2030	1.682	880.158	-284.068	175.734	33.826	206
Total	30.291	3.378.140	-2.031.914	1.860.498	676.717	3.757

Fuente: Elaboración propia a partir de informes sectoriales

Respecto de los resultados de inversión adicional anual por sector y por tipo de flujo en línea base, se puede destacar lo siguiente:

- Las variaciones relativamente constantes en el tiempo corresponden a incrementos fijos de los flujos sobre el escenario de línea base, ya sea en base de un incremento porcentual fijo sobre la línea base o con variaciones graduales en el tiempo en relación a aumentos de la cobertura o penetración de la medida.
- En el caso del sector Transporte, en los flujos de inversión (FI) se presentan resultados distintos año a año puesto que lo que cambia entre el escenario de mitigación versus el escenario de línea base, aparte de que hay un aumento neto de las inversiones, es que cambia la distribución del perfil de inversiones en cada escenario. Esto es, un año en el escenario de medida podría tener un nivel de inversión bajo dado que correspondía al año de menor inversión dentro del



período de inversión del proyecto específico y el escenario base podría corresponder a un año de inversión más alta dado el perfil de ejecución del proyecto.

5.2 Vínculos y superposiciones transectoriales

Vínculo entre sector Transporte y Sector Silvoagropecuario:

El hecho de que en las próximas décadas haya cambios de localización en los polos productivos del sector Silvoagropecuario deja abierto el análisis respecto de cómo se resolverá la logística asociada a estas nuevas necesidades.

El enfoque con que se abordó el sector Transporte ha sido en relación a los medios de transporte en sus distintas modalidades, sin embargo, si se integra una perspectiva de más largo plazo respecto de cómo se movilizará la carga en el futuro, la respuesta no sólo corresponde a los medios de transporte sino que a otra infraestructura necesaria y que normalmente cuenta con apoyos del Estado para su ejecución pues se convierten en bienes de uso público como son la red vial y en cierta medida los puertos.

Vínculo entre subsector infraestructura hídrica y sector Silvoagropecuario:

En este caso las relaciones son múltiples, teniendo en cuenta que la infraestructura hídrica es un soporte esencial para asegurar el abastecimiento de las necesidades de riego del sector Silvoagropecuario:

- Compartir y generar información en forma conjunta: el análisis de las precipitaciones y sus cambios a futuro son un insumo básico para la toma de decisiones en ambos casos.
- De lo anterior, se observa que en ambos sectores surge la necesidad de mejorar las redes de medición de variables hidrometeorológicas, entre otras, y por tanto hay posibilidades de sinergias y apoyos mutuos en cuanto se pueden complementar los esfuerzos de las mejoras en este ámbito.
- Desde la perspectiva de poder cumplir con ciertos niveles de servicio en cuanto infraestructura para riego, surge la propuesta obvia de mejorar los niveles de eficiencia en el manejo del recurso, tanto a nivel extrapredial como intrapredial. Aquí es claro que se requiere de un ajuste mutuo a fin de establecer necesidades reales y ajustadas según se alcancen ciertos estándares de eficiencia en riego.
- En todo lo relativo a regulación del manejo del recurso hídrico habrá efectos en el acceso por parte de los usuarios del sector Silvoagropecuario y se demandarán crecientes niveles de control y monitoreo en la medida que se entre en conflictos por el uso del agua.



Otra relación que se observa en este análisis es la que se da entre el sector Transporte y el sector Energía (este último no se incluye dentro de los tres sectores prioritarios definidos para el estudio). La relación tiene que ver con las posibilidades e implicancias en materias de eficiencia energética, temática sobre la cual el país ha declarado interés. En ese marco, hay opciones de planificar y coordinar esfuerzos que finalmente apuntan a los mismos objetivos.

5.3 Consistencia con el desarrollo y otras prioridades nacionales

Energía y Eficiencia Energética

Como se ha señalado, hay un fuerte impacto en el consumo de combustibles en el escenario de Mitigación por las medidas del sector Transporte. El país ha definido dentro de los ejes estratégicos del desarrollo energético el fomentar el uso eficiente de la energía y por tanto los recursos que se pueden destinar a este propósito están alineados con dicha prioridad.

Focalización en sectores vulnerables

Se ha establecido como foco de las políticas públicas del país el que sean focalizadas siempre en los sectores más vulnerables, que son los que evidentemente tienen menos posibilidades de generar mejoras sin apoyos dirigidos por parte del Estado.

Dentro de este marco, la orientación de las medidas en el caso del sector Silvoagropecuario se concentran y resaltan la necesidad de apoyar a los pequeños agricultores, que desarrollan muchas veces una agricultura de subsistencia que constituye una forma de vida en amplios sectores de la población rural del país.

De lo anterior, la implementación de estas medidas cumple con esta condición más básica definida para el quehacer del Estado.

Apoyo sector Exportador

Si bien no hay acciones focalizadas en el sector exportador, que normalmente se asocia a empresas medianas y grandes, el hecho de implementar medidas asociadas al aseguramiento del abastecimiento hídrico y a la generación de información para la toma de decisiones desde la perspectiva agropecuaria resulta ser un contexto favorable para que estas empresas puedan adecuarse a las nuevas condiciones y también puedan aprovechar las oportunidades que se presentarán.

Cabe recordar que no todos los cambios en precipitaciones generan consecuencias negativas, por ejemplo, al ampliarse la frontera territorial para la producción de ciertos rubros, por lo que se requiere generar y mantener información actualizada para todos los agentes que participan de la actividad.



Desarrollo rural

El desarrollo rural forma parte de las definiciones que se ha hecho no sólo desde la perspectiva de focalización en grupos vulnerables sino también en una lógica social y cultural más amplia, considerando que aún se tiene a grandes grupos de la población vinculados directa o indirectamente a las actividades del mundo agropecuario, que mantienen tradiciones y una cultura propia.

Para mantener este desarrollo se requiere que haya un mejoramiento y adecuación ante las nuevas condiciones y medidas tanto del sector Silvoagropecuario, como del sector de infraestructura hídrica (agua potable rural) apuntan a este objetivo.

Protección al medioambiente

La protección al medio ambiente ha sido ratificada como una política prioritaria para el país, lo ha ido acompañado también con una mayor sensibilización de parte de la ciudadanía que está cada vez más consciente y proclive a disminuir los impactos en este ámbito. Las medidas propuestas en el sector transporte contribuyen a mejorar en este ámbito (reduciendo emisiones de CO₂ y de material particulado). Algunas de las medidas del sector Silvoagropecuario también contemplan esta protección, ampliándose al concepto de sustentabilidad.

A continuación se concluye respecto a otros ámbitos relevantes en la evaluación:

Montos y estimaciones

Los montos usados para la elaboración de las tablas se estiman en base a supuestos y proyección de tendencias principalmente, y no se han hecho pronósticos que contemplen distribución de probabilidades o múltiples escenarios, por lo que se debe entender que éstas son estimaciones que apuntan a determinar órdenes de magnitud, destacando los supuestos que los soportan y eventualmente poniendo de relevancia aspectos que deben ser evaluados con más detalle en el caso de querer elaborar mejores estimaciones a futuro.

Montos y tipos de iniciativa

En los tres sectores se tiene que hay categorías o tipos de inversión que concentran la utilización de recursos, considerando los distintos tipos de flujo (inversión, financiamiento u operación y mantención), lo que se ve replicado también al interior de ciertas categorías o agrupaciones, donde un subtipo de iniciativa concentra los recursos.

Esto conlleva a relativizar los niveles de precisión que se pueden exigir a todas las estimaciones pues el nivel de error al estimar un tipo de inversión puede ser comparable con el valor esperado de otro tipo de inversión. Si esto se expresara en términos del error de una estimación, por ejemplo se podría tener que un tipo de iniciativa tiene una estimación



de gastos de 100 MM\$ con un error de 10MM\$ y una segunda iniciativa tiene una estimación de gastos de 10MM\$ con un error de 1 MM\$. No tiene mucho sentido realizar un trabajo de alta precisión en la segunda iniciativa si no es posible lograr mejores estimaciones en la primera.

Lo anterior no quiere decir que se desestimen iniciativas por que representan relativamente pocos recursos, sino que se quiere destacar que el valor agregado de este tipo de análisis está en identificar ciertas líneas de acción que se deben emprender y establecer estimaciones razonables de recursos requeridos para ellas pero que no son producto de estudios de costo detallados.

Agrupación de iniciativas

Derivado de lo anterior, en los casos que fue posible agrupar iniciativas con propósitos similares, se trabajó en hacer estimaciones sobre la base de recursos agrupados y no en forma aislada. Se entiende que un programa o iniciativa específica podría verse modificada en el tiempo, reasignada en términos de la administración de recursos a otra entidad, o se le pueden adicionar recursos del tipo “no sectorial”.

En este caso se puede mencionar el significativo aporte de SUBDERE para las iniciativas de agua potable rural, en cuyo caso resulta adecuado analizar la evolución del conjunto de inversiones. Similarmente, en el caso de estudios e investigación en el sector Silvoagropecuario, ha habido aportes “no sectoriales”, desde el Ministerio de Economía, a proyectos con foco en innovación agrícola y que se han entregado a la Fundación para la Innovación Agraria. Es una posibilidad que dicho aporte cambie en el tiempo, lo que es imposible de prever, sin embargo, si se analiza la agregación de aportes del Estado para estudios e innovación en el sector se puede obtener números globales que permiten definir una tendencia.

Esfuerzos de planificación

Para la estimación de la línea base y de los escenarios, que contempla el período desde el año 2007 al 2030, en todos los casos hubo que recurrir a diversos elementos que permitieran construir los números, lo que incluyó supuestos, juicio experto, análisis y proyección de tendencias, etc. Sin embargo, en los casos donde se involucraba infraestructura que requiere montos de inversión relativamente altos (como en infraestructura hídrica y parcialmente en transporte), se encontraron antecedentes que implicaban esfuerzos de planificación en horizontes de mediano y largo plazo.

Ciertamente es entendible que se realicen tales esfuerzos pues los ciclos de inversión, desde que se planifica hasta que se ejecuta y se inicia la explotación de las obras, son comparativamente largos, por ejemplo de tres, cuatro o más años, y por tanto, cuando se toman decisiones sobre su realización, se puede estimar con relativa alta precisión cuál será la inversión de los próximos tres o cinco años.



En el caso de la infraestructura del subsector hídrico, se dispuso del informe “Infraestructura Hidráulica del Chile 2020”, donde ya se había abordado en detalle una parte del período considerado para la línea base de este estudio, lo que sirvió para identificar los focos en el desarrollo de la infraestructura hídrica, los montos involucrados y el perfil temporal de tales inversiones.

En el caso de METRO, la definición de los tramos de la red que se implementarán en los próximos tres o cuatro años ya está hecha, y hay análisis de las opciones que se espera implementar a futuro. Esto también permitió acotar en parte el desafío de estimar inversiones en el más largo plazo.

Para los otros casos el análisis es más complejo, tanto porque se trata de múltiples iniciativas con niveles relativamente altos de desagregación como porque su foco no es precisamente la inversión en activos o el desarrollo de nueva infraestructura, como en el caso del sector Silvoagropecuario.

Mención aparte se requiere en el caso del sector transporte, donde se agrega la dificultad de que una parte importante de la línea base está hecha sobre iniciativas novedosas, donde no hay información histórica pero que si se prevé que se desarrollarán en los próximos años.

De lo anterior, el realizar ejercicios de planificación de inversiones sectoriales es una necesidad que se debiera acentuar en la medida que se enfrentan escenarios que agregarán una incertidumbre mayor, tal como se establece en la génesis de este estudio. Cuáles serán los impactos del Cambio Climático, qué actividades y grupos se verán más afectados, qué medidas se pueden implementar y cuál es el costo de hacerlo, son preguntas cuya respuesta demandará a futuro esfuerzos de planificación crecientes en todos los sectores involucrados.



6 Anexos generales

Anexo 1: Estructura de la Tabla de Recolección de Datos

Año	Año en que se realizó la inversión.
Entidad Inversora	Corresponde a la distinción entre gobierno (instituciones y organizaciones del estado), hogares y privados.
Fuente Recurso	Procedencia de los recursos asignados.
Tipo de Inversión	Categorías de iniciativas donde se realiza la inversión.
Subtipo	Subcategorías de iniciativas donde se realiza la inversión.
Tipo de flujo	Corresponde a la asignación de los recursos, Flujo Financiero (FF), Flujo de Inversión (FI) y Operaciones y Mantención (OyM).
Monto (M\$)	Monto de la inversión.
Proyecto	Proyecto en el cual se realiza la inversión (si aplica).
Fuente	Procedencia u origen de los datos del proyecto.
\$/US\$	Tipo de moneda utilizada.
año	Año de la moneda en que se registra la inversión.
observación	Comentarios sobre el registro.
Monto en M \$2007	Monto pesos llevado a moneda 2007, año base.
Monto M US\$	Monto de la inversión en dólares americanos (mismo año de inversión).
Monto M US\$ 2007	Monto en dólares americanos llevado a moneda 2007, año base.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 2: Ejemplo Base de Datos Sector Transporte

Escenario	Año	Entidad Inversora	Fuente Recurso	Medida		Tipo de flujo	Monto (M\$)	Proyecto	Fuente	moneda					
				Tipo de Inversión	Subtipo					\$/US\$	año	observación	Monto M \$2007	Monto M US\$	Monto M US\$ 2007
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Expansión M	Infraestructura	FI	1.826.929	Extensión Norte L2	Memoria Metro 2006	\$	2006		1.969.429	3.445	3.586
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Expansión M	Infraestructura	FI	61.986.978	Extensión Norte L2 por Recoleta	Memoria Metro 2006	\$	2006		66.821.962	116.890	121.683
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Expansión M	Infraestructura	FI	17.964.672	Extensión Poniente y Sur L5	Memoria Metro 2006	\$	2006		19.365.916	33.876	35.265
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Expansión M	Infraestructura	FI	875.465	Extensión Sur L2	Memoria Metro 2006	\$	2006		943.751	1.651	1.719
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Expansión M	Infraestructura	FI	258.536.613	Línea Tobalaba-Vespucio-Puente Alto	Memoria Metro 2006	\$	2006		278.702.469	487.529	507.518
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Expansión M	Infraestructura	FI	3.283	Proyecto L5 base y extensión Santa Ana	Memoria Metro 2006	\$	2006		3.539	6	6
Histórico	2006	Privados	Nacional	Cambio Tecn	Compra de vehículos	FI	111.440	Compra de Vehiculos Honda Civic Híbridos	Ventas ANAC, precios de mercado	\$	2009		104.844	199	194

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 3: Ejemplo Base de Datos Sector Silvoagropecuario

												moneda		
Año	Entidad Inversora	Fuente Recurso	Medida Tipo de Inversión	Subtipo	Tipo de flujo	Monto (M\$)	Proyecto	Fuente	\$/US\$	año	observación	Monto M \$2007	Monto M US\$	Monto M US\$ 2007
2005	Gobierno	Nacional	Prácticas y Técnicas Productivas	Gestión Eficiente de los Recursos Hídricos	FF	1.002.296	Programa de Construcción y Rehabilitación	Balance de Gestión Integral,	\$	2005		1.108.567	1.790	1.910
2005	Gobierno	Nacional	Mecanismos Financieros, Comerciales y Legales	Incentivos Financieros	FI	23.913.000	Bonificación a iniciativas privadas para	Balance de Gestión Integral,	\$	2005		26.448.448	42.717	45.580
2005	Privado	Nacional	Prácticas y Técnicas Productivas	Gestión Eficiente de los Recursos Hídricos	FI	11.404.000	Inversión privada para la construcción	Balance de Gestión Integral,	\$	2005		12.613.143	20.372	21.737
2005	Gobierno	Nacional	Prácticas y Técnicas Productivas	Gestión Eficiente de los Recursos Hídricos	FF	525.102	Programa e Instrumentos Facilitadores	Balance de Gestión Integral,	\$	2005		580.778	938	1.001
2005	Gobierno	Nacional	Prácticas y Técnicas Productivas	Gestión Eficiente de los Recursos Hídricos	FF	287.876	Estudios de Inversión para proyectos de	Balance de Gestión Integral,	\$	2005		318.399	514	549
2005	Gobierno	Nacional	Prácticas y Técnicas Productivas	Gestión Eficiente de los Recursos Hídricos	FF	0	Servicio de Optimización y	Balance de Gestión Integral,	\$	2005		0	0	0
2005	Gobierno	Nacional	Desarrollo e Implementación de Infraestructura e	Aseguramiento de la diversidad biológica de los	FF	797.855	Proyecto Conservación y Manejo	Balance de Gestión Integral,	\$	2005		882.450	1.425	1.521

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 4: Ejemplo Base de Datos Sector Hídrico

Escenario	Año	Entidad Inversora	Fuente Recurso	Medida		Tipo de flujo	Monto M (\$)	Proyecto	Fuente	moneda		observación	Monto M \$2007	Monto M US\$	Monto M US\$ 2007
				Tipo de Inversión	Subtipo					\$/US\$	año				
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Grandes y Medianas Obras de Riego	Estudios Obras de Riego	FF	0	Análisis Asesoría para Revisión Proyecto	Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras	\$	2005		0	0	0
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Grandes y Medianas Obras de Riego	Estudios Obras de Riego	FF	108.770.000	Actualización Estudios de Diseños Obras de Riego	Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras	\$	2005		120.302.666	194.302	207324,5967
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Grandes y Medianas Obras de Riego	Estudios Obras de Riego	FF	744.000	Análisis Mejoramien to Proceso de Evaluación	Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras	\$	2005		822.885	1.329	1418,125402
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Grandes y Medianas Obras de Riego	Estudios Obras de Riego	FF	32.056.000	Evaluación de Presas bajo Tensiones Sísmicas	Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras	\$	2005		35.454.834	57.263	61101,38156
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Grandes y Medianas Obras de Riego	Construcción de Obras de Riego	FI	312.329.000	Construcción Obras de Emergencia de Riego, I	Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras	\$	2005		345.444.619	557.930	595324,8503
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Grandes y Medianas Obras de Riego	Construcción de Obras de Riego	FI	98.787.000	Construcción Obras de Emergencia de Riego, I	Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras	\$	2005		109.261.188	176.468	188296,1748
Histórico	2005	Gobierno	Nacional	Grandes y Medianas Obras de Riego	Construcción de Obras de Riego	FI	30.000.000	Construcción Obras de Emergencia Embalse	Balance de Gestión Integral, Dirección de Obras	\$	2005		33.180.840	53.591	57182,47588

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 5: IPC Chile y USA, 2005 – 2010.

Año	IPC Chile	Tasa Inflación IPC Chile (%)	Factor final \$	IPC EE.UU	Tasa Inflación IPC EE.UU	Factor final US\$	Tipo de cambio de referencia del Banco Central de Chile, promedio venta (pesos/US\$)
2005	83,13	3,7	1,11	100,00	3,40	1,07	559,8
2006	85,95	2,6	1,08	102,50	2,50	1,04	530,3
2007	91,45	7,8	1,00	106,70	4,10	1,00	522,5
2008	98,79	7,8	0,93	106,80	0,10	1,00	522,5
2009	98,98	-1,4	0,94	109,70	2,70	0,97	559,6
2010		3,0	0,91		1,50	0,96	510,3