

GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE AGRICULTURA  
FIA



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INIA



# ESTUDIO SOBRE IMPACTO, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN DOS ZONAS AGROCLIMATICAS DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO DE CHILE

## RESUMEN EJECUTIVO AMPLIADO

Chillán, Octubre de 2009

**INFORME FINAL TÉCNICO Y DE DIFUSIÓN  
-RESUMEN EJECUTIVO AMPLIADO-**

**EJECUTOR:** Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.  
Centro Regional de Investigación Quilamapu  
Universidad de Concepción - Facultad de Agronomía

**NOMBRE DEL PROYECTO:** Estudio sobre Impacto, Vulnerabilidad y Adaptación al  
Cambio Climático en dos Zonas Agroclimáticas del  
Sector Silvoagropecuario de Chile.

**CODIGO:** EST-2008-0340

**Nº INFORME:** Informe Final

**PERIODO:** Desde 03.04.09 hasta 30.10.09

**NOMBRE Y FIRMA COORDINADOR PROYECTO:**

---

**JORGE ALBERTO GONZÁLEZ URBINA  
INGENIERO AGRÓNOMO M.SC.-M.B.A.  
ECONOMISTA AGRARIO**

## RESUMEN EJECUTIVO AMPLIADO

El cambio climático (CC) o calentamiento global se refiere a la modificación de las condiciones promedio, o su variabilidad, del clima de una zona por causas atribuibles, directa o indirectamente, a la actividad humana que altera la atmósfera del planeta y que es adicional a la variabilidad natural del clima (Organización Meteorológica Mundial, OMM). El CC responde al aumento de los gases de efecto invernadero (GEI). Estos cambios de clima previstos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, en inglés) se basan en pautas de comportamiento de la actividad humana que genera distintos escenarios climáticos. De estos, el más desfavorable es el denominado A2, que se caracteriza por una población mundial en aumento y niveles atmosféricos de dióxido de carbono con un crecimiento que se acelera hacia mediados del siglo XXI.

Chile, según los modelos Globales de Circulación Atmosférica (GCM), se afectaría negativamente en importantes zonas geográficas y sectores de la economía nacional, siendo el Sector Silvoagropecuario (SAP) una de las actividades más vulnerables al cambio climático. Ello genera presiones de variada índole, como por ejemplo, cambios en el valor y uso de suelos, readecuación o cambios de planificación territorial, análisis y readecuaciones de prioridades de apoyo a los productores, entre otras. A lo anterior se suman dos desafíos adicionales; primero, que la agricultura debe competir fuertemente con otros sectores de la actividad económica por los recursos suelo y agua y, segundo, que el escenario incierto del CC no cambia la obligación que los sistemas productivos sean rentables, y ambiental y socialmente aceptables. Los GCM proyectan en Chile unos 2°C a 3°C de incremento de la temperatura media hacia la mitad del Siglo XXI. Ello, junto a la disminución de las precipitaciones, podría generar efectos macro en la agricultura como el desplazamiento de las actuales zonas climáticas óptimas para los principales rubros productivos.

A nivel de regiones o zonas agroclimáticas los efectos pueden ser de diferente intensidad y sentido. Por ejemplo, la atenuación proyectada del régimen de heladas permitiría adelantar fechas de siembra de algunos cultivos anuales, aprovechando mejor las precipitaciones invernales y primaverales. Por su parte, algunas especies frutales podrían extender sus áreas hacia sectores de las regiones del Bío-Bío a Los Lagos. Las plantaciones de pino ampliarían su zona de producción hacia la Región de Los Lagos, mientras que en la zona central el potencial productivo podría deteriorarse.

Bajo el contexto general descrito, y con el respaldo cada vez mayor y más precisa evidencia científica internacional y nacional, son las políticas y estrategias de mitigación las que han tenido una mayor presencia y priorización en las decisiones de implementación de acciones y asignación de recursos, buscando con ello atenuar los niveles de emisión global de GEI. En cambio, los mecanismos y/o instrumentos que estimulan o propician la implementación de medidas de adaptación al CC han tenido un rol menos protagónico o secundario; es decir, las acciones de prevención o atenuación de los efectos e impactos de los GEI no han sido relevados aún en su verdadera importancia y potencial impacto beneficioso. La situación expuesta no escapa a la actividad agrícola, pues la adaptación al CC ha tenido aún poca trascendencia a pesar que, de acuerdo a análisis generales y constatación de tecnología disponible, podría tener un amplio campo de aplicaciones en el país.

No obstante, debe reconocerse la necesidad nacional de ampliar el conocimiento técnico y práctico respecto a la adaptación al CC, realizar acciones de validación y/o incorporación de tecnologías pertinentes, determinar sus impactos productivos y económicos y, en consecuencia, su justificación como alternativa. Adicionalmente, lo anteriormente mencionado

retroalimenta políticas, estrategias, instrumentos de fomento y focalización de recursos, generando niveles superiores de eficacia contra los efectos perjudiciales del cambio climático. Bajo este contexto, iniciativas como el presente estudio toman plena importancia, pues el fenómeno del CC ya está presente y sólo resta a las autoridades, organizaciones, científicos y profesionales del agro seguir generando instancias de trabajo y estudio que contribuyan a producir información nacional que retroalimente acciones concretas de adaptación eficaz al CC.

El presente estudio tiene objetivos de carácter general y específicos que originan resultados delimitados y que se presentan en los Cuadros 1 y 2 siguientes.

Cuadro 1. Objetivo general y específicos del Estudio

<b>Objetivo General</b>	
Contribuir a generar iniciativas que mejoren la competitividad y productividad del sector SAP, mediante el análisis riguroso de los requerimientos de adaptación, validación y/o incorporación de tecnologías relacionadas con la previsión de impactos del CC; orientadas al fomento de respuestas innovativas y sostenibles que permitan atenuar efectos negativos y captar oportunidades tecnológicas y de instrumentos de apoyo asociadas a los escenarios de cambio climático futuros.	
<b>Nº</b>	<b>Objetivos Específicos</b>
<b>1</b>	Evaluar el impacto del CC en los principales rubros productivos del sector SAP, con focalización en cambios en productividad y producción, en dos zonas agroclimáticas definidas.
<b>2</b>	Determinar, evaluar y proponer alternativas técnicas de adaptación, e identificar limitantes de orden socioeconómico y de riesgo para el proceso de adopción por parte de la AFC.
<b>3</b>	Proponer políticas de apoyo a la adopción de alternativas técnicas sostenibles de adaptación al CC del sector SAP, considerando limitaciones y/o restricciones de la AFC, con base en la reorientación y/o eventual focalización de instrumentos existentes.
<b>4</b>	Proponer alternativas tecnológicas de buenas prácticas agrícolas (BPA) que contribuyan a la reducción de emisiones de GEI, mitigación de impactos ambientales, e incremento de productividad y rentabilidad en el mediano y largo plazo.
<b>5</b>	Generar información cartográfica (SIG) complementaria, para expresar espacialmente resultados relevantes relacionados con agricultores de las zonas agroclimáticas seleccionadas.

Cuadro 2. Resultados esperados del Estudio

Objetivo Específico	Resultados Esperados
1 y 2	Descripción de la vulnerabilidad e impactos en producción y productividad de los rubros de interés, en las dos zonas agroclimáticas y en los escenarios futuros A2 2020 y A2 2040, sin medidas de adaptación.
1 y 2	Evaluación económica, en los rubros de interés, de los impactos sin adaptación.
2	Identificación de medidas de adaptación y evaluación económica de implementación a nivel predial.
2 y 3	Evaluación económica comparativa, en los rubros de interés, con y sin medidas de adaptación.
2 y 3	Medidas propuestas que fomenten la adaptación para los rubros de interés en las dos zonas agroclimáticas y en el período aproximado A2 2020 y A2 2040, considerando aspectos técnicos, legales (normativos) y financieros.
4	Medidas propuestas (B.P.A.) que contribuyan a reducir emisiones de G.E.I., generados por la actividad SAP.
5	Mapas complementarios con información espacializada (TeleSig) relevante de agricultores encuestados.

El estudio está basado en la proyección económica de impactos productivos en rubros de interés en dos zonas agroclimáticas de vocación exportadora y ganado/cultivo, respectivamente, en un escenario A2 para los años 2020 y 2040, y focalizado en la pequeña y mediana explotación agrícola. La institución ejecutora es el **Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA** a través del **Centro Regional de Investigación Quilamapu**, co-ejecutó la **Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción**. El **Centro de Agricultura y Medio Ambiente AGRIMED de la Universidad de Chile** tuvo una importante participación en la generación de información productiva y climática relevante.

Las dos zonas estudiadas son la Zona Agroclimática Valle Regado Centro y la Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur. Comprenden territorio de vocación agrícola e importante población de agricultura familiar campesina (AFC) en las regiones de O'Higgins y Bío-Bío. Valle Regado Centro se seleccionó, entre otros aspectos, por su agricultura de vocación frutícola y exportadora, en cambio, Precordillera Centro Sur posee una vocación agrícola de cultivos y ganado. Estas zonas poseen clima Mediterráneo Templado-Agroclima Rengo y Mediterráneo Templado-Agroclima Precordillera Baja, respectivamente. Más especificaciones de las dos zonas agroclimáticas se encuentran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Zonas agroclimáticas, distritos climáticos, comunas y rubros relevantes involucrados.

ZONA AGROCLIMATICA ESTUDIADA	AGROCLIMA*	DISTRITOS AGROCLIMATICOS DE INTERES	RUBROS RELEVANTES**	COMUNAS
Valle Regado Centro	<p><b>Clima Mediterráneo Temperado</b></p> <p>- Agroclima Rengo</p>	<p>6.2 Templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo semiárido.</p> <p>65.1 Templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo semiárido.</p> <p>65.2 Templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo semiárido.</p> <p>76.6 Templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo semiárido.</p>	<p>Manzano, maíz, uva mesa, uva vino, cerezos, ciruelos, trigo, pradera (alfalfa y trébol blanco/gramínea).</p>	<p>San Vicente, Quinta Tilcoco, Malloa, Rengo, Coinco, El Olivar, Rancagua, Requinoa.</p>
Precordillera Centro Sur	<p><b>Clima Mediterráneo Temperado</b></p> <p>- Agroclima Precordillera Baja</p>	<p>89.3 Templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo subhúmedo.</p> <p>97.1 Templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo subhúmedo.</p> <p>97.2 Templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo subhúmedo.</p>	<p>Trigo, arándano, frambuesas, pino, eucalipto, praderas (alfalfa, tr. blanco/gramínea), papa, manzano, ganado carne y ganado leche.</p>	<p>Coihueco, Pinto, El Carmen, San Ignacio, Pemuco, Yungay, Sta. Bárbara, Los Ángeles, Quilleco, Tucapel.</p>

\* Clasificación de Mapa Agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones agropecuarias.

\*\* Basado en información general de Censo Agropecuario 2007. Instituto Nacional de Estadísticas INE.

Los mapas de las Figuras 1 y 2 detallan las Zonas Agroclimáticas Valle Regado Centro y Precordillera Centro Sur, respectivamente.

Figura 1. Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Zona Agroclimática Valle Regado Centro en contorno línea roja gruesa, comunas incluidas en esta zona y superficie comunal que no forma parte de la zona estudiada (superficie achurada).

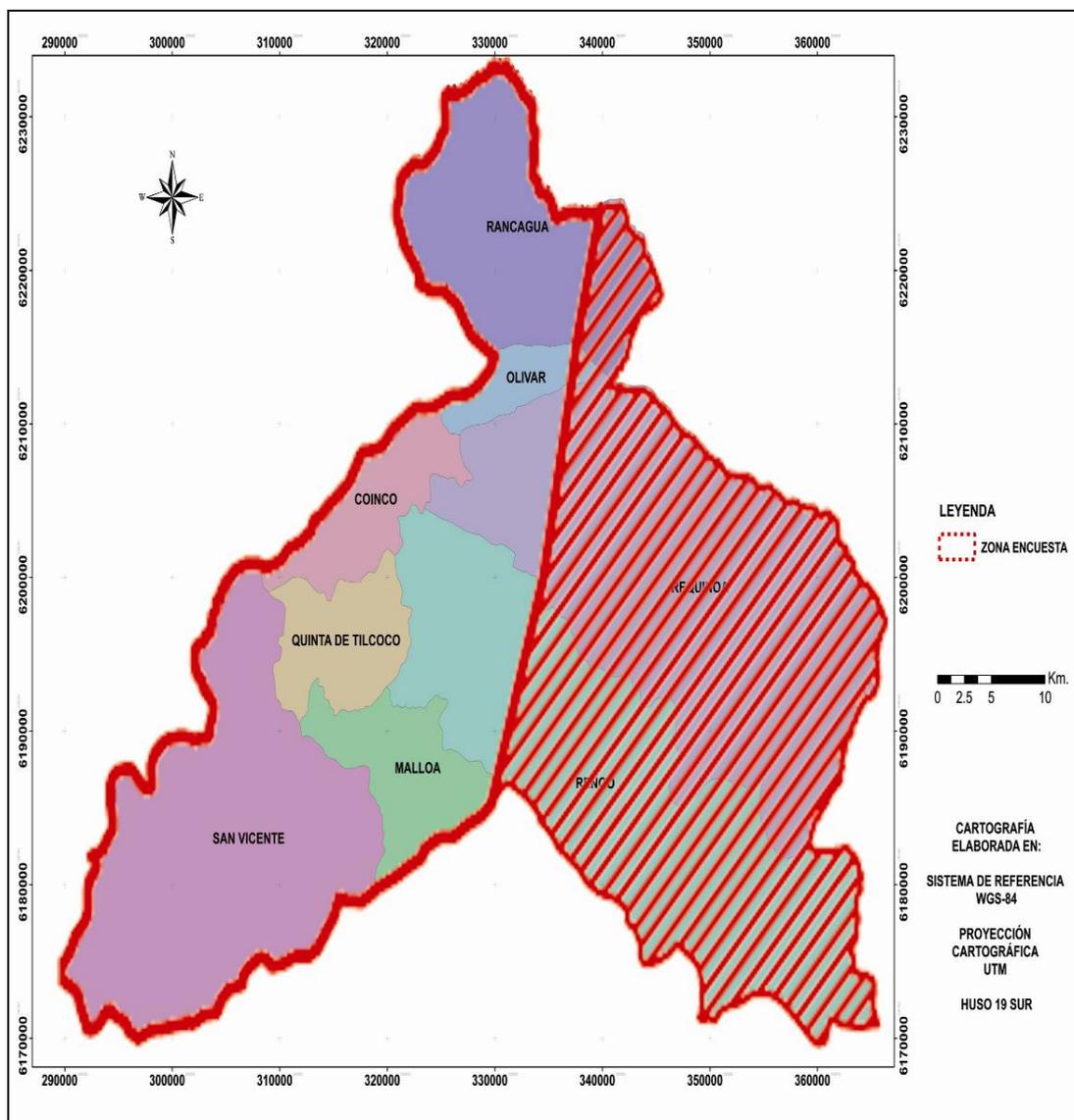
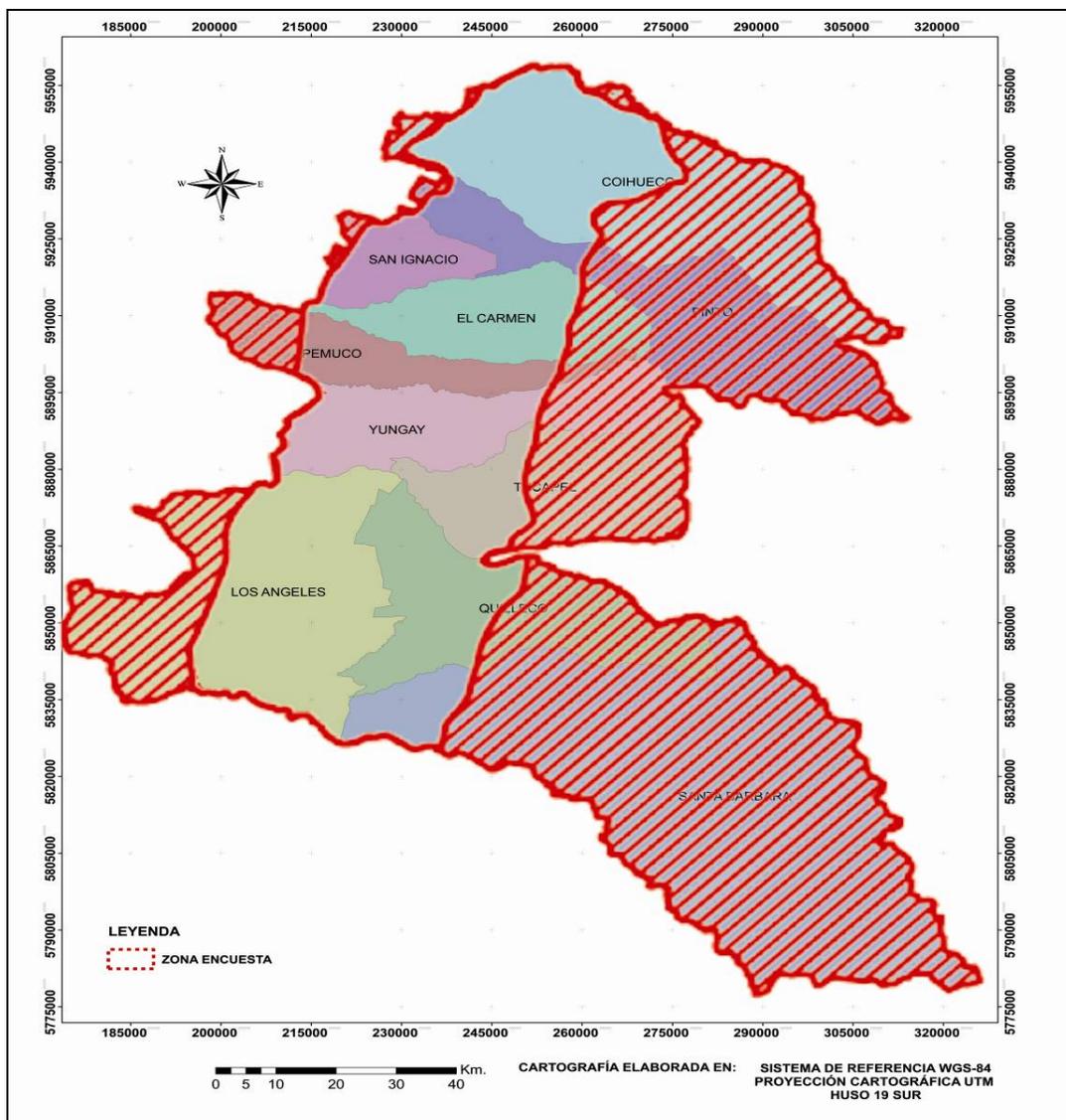


Figura 2. Región del Bío-Bío. Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur en contorno línea roja gruesa, comunas incluidas en esta zona y superficie comunal que no forma parte de la zona estudiada (superficie achurada).



Los rubros de interés son: (i) Cultivos anuales: trigo, maíz y papa; (ii) Frutales mayores: manzano, cerezo, ciruelo; (iii) Frutales menores: arándano, frambuesa; (iv) Otros frutales: vid de mesa y vid vinífera; (v) Praderas: Alfalfa, trébol blanco-ballica y pasto natural y; (vi) Plantaciones forestales: pino radiata y eucaliptos.

El estudio involucró diversas áreas de trabajo en base a ítems relevantes identificados con un código numérico específico. Los ítems desarrollados son: (1) Resumen Ejecutivo del Informe; (2) Introducción; (3) Objetivos y Resultados Esperados; (4) Estado del Arte del Cambio Climático en Chile; (5) Desarrollo del Estudio: (5.1) Caracterización General de las Zonas Agroclimáticas, (5.2) Características Generales de los Agricultores, (5.3) Determinación y

Análisis de Productividad Futura Simulada, (5.4) Análisis de Vulnerabilidad, (5.5) Análisis General de Riesgo, (5.6) Medidas de Adaptación al Cambio Climático, (5.7) Evaluación Económica Rubros de Interés Sin Adaptación al Cambio Climático, (5.8) Evaluación Económica Rubros de Interés Con Adaptación al Cambio Climático, (5.9) Impacto y Evaluación Económica Con y Sin Aplicación de Adaptaciones, (5.10) Medidas Propuestas de Mitigación de Gases Efecto Invernadero GEI, (5.11) Análisis y Propuestas de Políticas e Instrumentos Relevantes al Cambio Climático; (6) Espacialización y Cartografía Complementaria y; (7) Consideraciones Finales.

Cada ítem desarrollado explicitó y detalló ampliamente la metodología aplicada, los resultados obtenidos y comentarios finales relevantes. Del mismo modo, los anexos elaborados se adjuntan en documento complementario del presente informe. Los anexos están identificados, también, con un código numérico que se corresponde con el del ítem al que pertenece; por ejemplo, el *Anexo 5.1.1 Descripción Distritos Agroclimáticos Zona Valle Regado Centro*, es el primer anexo del *Ítem 5.1 Caracterización General Zonas Agroclimáticas*. Cabe señalar que no todos los ítems poseen anexos.

Los principales ejes o componentes metodológicos del estudio son:

Aplicación de una encuesta a los agricultores: Corresponde a 200 casos, en su mayoría de la AFC. La encuesta fue del tipo *personal directa*, con un tipo de muestreo denominado *por conveniencia*, que es una técnica no probabilística, donde los elementos de la muestra son elegidos por su accesibilidad. La modalidad de preguntas fue mayoritariamente de formato *cerrado simple, cerrado de selección múltiple y semicerradas; excepcionalmente dicotómicas*. Con la aplicación de la encuesta se obtuvo información de aspectos tales como: antecedentes generales, uso del suelo, manejo agronómico, asistencia técnica y extensión rural, percepciones y adaptación al CC, conocimiento y uso de instrumentos de fomento y política agrícola, ingresos y producción predial y, percepción de riesgo.

Revisión, descripción y análisis bibliográfico: Focalizada en literatura nacional, cuyo fin fue generar un breve expediente con temas relevantes al CC, contenidos en documentos y literatura disponible.

Aplicación de modelo de simulación de cambios en productividad de rubros: Se aplicó el modelo de circulación global de la atmósfera y océanos (HADCM3) y el modelo de downscaling (PRECIS) para los escenarios Línea Base (LB), que incluye información entre 1960 y 1990, y para los escenarios indicados A2 2020 y A2 2040. La aplicación fue efectuada por el Centro de Agricultura y Medio Ambiente AGRIMED, que integra información de temperatura, precipitación, radiación solar, evapotranspiración, humedad relativa y heladas. La productividad de los rubros se calculó aplicando el modelo Simulador de la Productividad de Cultivos, SIMPROC (1998) de AGRIMED, que predice la producción de los cultivos al integrar procesos eco fisiológicos y de regulación climática. Luego, se estimaron los potenciales de producción actuales y de las simulaciones para A2 2020 y A2 2040, y se realizaron análisis agronómicos y de contexto pertinentes.

Estimación de vulnerabilidad económica y social: El procedimiento metodológico fue aplicado en conjunto con AGRIMED. Para ambas dimensiones se generaron índices de vulnerabilidad. Las fuentes de información y los datos generados se contextualizaron con información de agricultores encuestados. Los componentes (índices) utilizados para estimar la dimensión social de la vulnerabilidad son: (i) índice de balance riego/secano; (ii) índice de uso de capital y tecnología de la agricultura; (iii) índice de fragmentación de la tenencia de la tierra; (iv) índice

de ruralidad y; (v) índice de desarrollo humano. Los componentes empleados para la dimensión económica de la vulnerabilidad son: (i) índice de uso de capital y tecnología de la agricultura y; (ii) vinculación al mercado externo.

Evaluación económica por rubros de interés y escenarios climáticos sin medidas de adaptación: Con la productividad generada por SIMPROC e información de INIA, mediante la aplicación del software Análisis Computacional Económico de Rubros Agropecuarios (A.C.E.R.A.) y recomendaciones técnicas de especialistas de rubro para los rendimientos simulados, se generaron 51 estándares para Valle Regado Centro (12 de cultivos, 24 de frutales, 9 de praderas y 6 forestales). Por su parte, en Precordillera Centro Sur se generaron 45 estándares (12 de cultivos, 18 de frutales, 9 de praderas y 6 forestales). Los indicadores económicos usados fueron Ingreso Bruto (\$/ha), Costo Directo (\$/ha), Margen Bruto (\$/ha) y Costo Unitario (\$/unidad). En los rubros con vida útil superior a una temporada, el análisis se realizó para un año de producción estabilizada, considerando la amortización anual de inversiones.

Determinación de medidas de adaptación: Los elementos metodológicos son: (i) literatura consultada, entrevistas de informantes calificados, experiencia profesional, características rubros de interés y encuesta a productores; (ii) relación o correspondencia entre adaptación al CC y BPA; (iii) ordenamiento y clasificación de las medidas en *categorías* y *niveles*.

Las categorías corresponden a agrupaciones de acciones de adaptación relacionadas entre si y son: (i) Recursos hídricos y temperatura; (ii) fertilidad del suelo; (iii) conservación del suelo y; (iv) ganadería bovina.

Los niveles se refieren al grado de complejidad que una medida posee o debe cumplir para ser adoptada en un predio. Las medidas sometidas a evaluación económica y de impacto son las de nivel N1 por su rápida aplicación, están probadas, son de pronta respuesta y factibles de hacer uso de instrumentos de fomento existentes. También se identificaron medidas con mayor complejidad de implementación, denominadas N2 y N3.

Evaluaciones económicas por rubros de interés y escenarios climáticos con medidas de adaptación e impacto: Se valorizaron las medidas de adaptación N1 repitiendo la metodología del ítem 5.7 anteriormente indicado. Especial importancia se dio a la evaluación económica de selección, diseño e implementación de sistemas de regadío y sus adecuaciones pertinentes. Para cada situación de rubro/zona con adaptación al CC se iteraron tres (3) niveles de productividad, para disponer de mayor sensibilización del comportamiento económico futuro. En las situaciones en que SIMPROC mostró *caída* del rendimiento futuro, las iteraciones se hicieron de acuerdo a grados de recuperación del rendimiento considerado en el escenario LB (actual sin adaptación). Cuando SIMPROC mostró *incremento* del rendimiento futuro, las iteraciones fueron de acuerdo a grados de obtención del rendimiento futuro sin adaptación.

Obtenida y analizada la información económica de las proyecciones con y sin adaptación, más datos de superficie del VII Censo Agropecuario de Chile (INE, 2007), se determinó: (i) impacto del CC en cada zona y escenarios estudiados; (ii) impacto del total de las adaptaciones N1 en cada zona y escenario; (iii) discriminación por rubro del efecto económico neto de las adaptaciones N1, comparando márgenes de utilidad con y sin adaptación; (iv) propuesta por rubro de decisión de implementar o no las N1, según márgenes con y sin adaptación y; (v) impacto de las N1 finalmente propuestas para implementar por zona, escenarios y rubro.

Recopilación y análisis de opiniones de informantes calificados de los sectores público y privado: Se realizó una investigación exploratoria mediante entrevistas para capturar información respecto al conocimiento, percepción y opinión de políticas e instrumentos relacionados con el CC. Los informantes calificados fueron 12 y pertenecen al ámbito público, privado y académico. Las entrevistas fueron guiadas, semi estructuradas, con un formato previamente elaborado y validado. Se obtuvo información relacionada con: *Políticas e instrumentos para el CC; sistemas agropecuarios y su relación con el CC; aspectos normativos e institucionales relacionados con el CC y; medidas de adaptación y vulnerabilidad al CC.*

Análisis de aspectos de mitigación para el agro en el marco de las BPA: Se integró información relevante desde las siguientes fuentes: (i) revisión del estado del arte; (ii) encuesta aplicada a agricultores; (iii) informantes calificados y; (iv) talleres internos de síntesis y análisis. Explícitamente se buscó complementariedad con trabajos anteriores (por ejemplo: Aldunce et al., 2008), así como la relación de las adaptaciones con BPA pertinentes. Se identificaron y propusieron dos áreas de medidas de mitigación, aquellas *Aplicables a Nivel Predial* (rápida aplicación, probadas, pronta respuesta y ajustables a instrumentos de fomento), y de *Mediano a Largo Plazo*, que requieren acuerdos, inversión extra predial, promoción y participación de varios actores.

En términos de *productividad en la Zona Agroclimática Valle Regado Centro*, los cultivos anuales bajo condición de riego artificial presentaron caídas futuras moderadas de rendimiento pero, en general, se mantendrán con productividades del mismo orden de magnitud actual. Sin embargo, maíz y trigo debieran adelantar la época óptima de siembra para mantener este nivel, transformándose trigo en un cultivo invernal. Por su parte, la papa dado que experimentará caída de rendimiento e incremento de su requerimiento hídrico, con seguridad tendrá dificultades de permanencia como alternativa para la zona. En los Cuadros 4 y 5 se detallan las cifras obtenidas.

Cuadro 4. Cambios en productividad de cultivos en la Zona Agroclimática Valle Regado Centro.

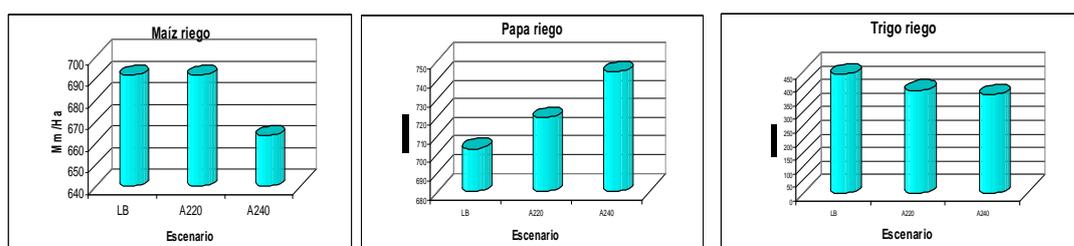
	Productividad (ton ha <sup>-1</sup> año)		
	LB	A2 2020	A2 2040
Maíz Riego	15,0	14,7	13,9
Maíz Secano	0,0	0,0	0,1
Papa Riego	38,9	35,7	32,9
Papa Secano	0,0	0,2	0,8
Trigo Riego	9,2	9,2	9,2
Trigo Secano	3,9	3,7	3,5

Cuadro 5. Cambios en el mes de siembra de cultivos en la Zona Agroclimática Valle Regado Centro.

	Mes Optimo Siembra		
	LB	A2 2020	A2 2040
Maíz Riego	Octubre	Octubre	Septiembre
Papa Riego	Agosto	Agosto	Agosto
Trigo Riego	Junio	Mayo	Abril
Trigo Secano	Abril	Abril	Abril

A modo de ejemplo, y complementario a lo indicado en los Cuadros 4 y 5, en la Figura 4 se indican los requerimientos hídricos de los cultivos anuales, maíz, papa y trigo en la Zona Agroclimática Valle Regado Centro.

Figura 4. Requerimiento hídrico de maíz, papa y trigo, todos bajo riego en Zona Agroclimática Valle Regado Centro, para los escenarios Línea Base, A2 2020 y A2 2040.



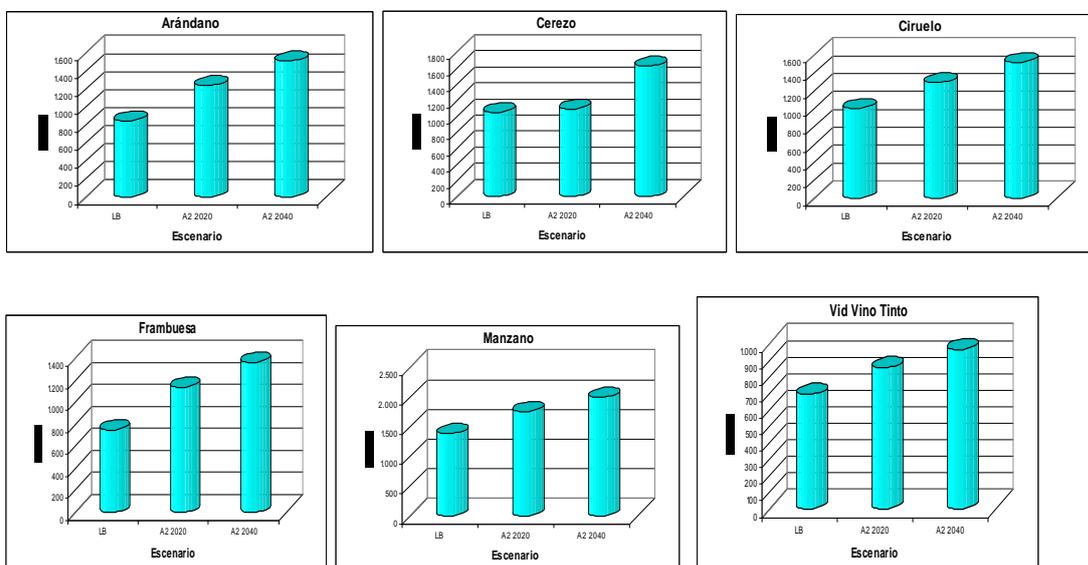
En las especies frutales la tendencia general esperada de acuerdo a otros estudios es a una disminución del rendimiento, fundamentalmente en el escenario A2 2040. En arándano y manzano, preocupantemente, el rendimiento caería a sólo el 40% a 50% del rendimiento actual, en el horizonte A2 2040. En cambio, cerezo y frambuesa bajarían moderadamente su producción futura. Vides para mesa y vinificación presentan un comportamiento relativamente similar y estable en el tiempo. En el Cuadro 6 se puede observar las proyecciones de la productividad por rubro en los distintos escenarios de tiempo.

Cuadro 6. Cambios en productividad de frutales en Zona Agroclimática Valle Regado Centro.

	Productividad (kg ha <sup>-1</sup> año)		
	LB	A2 2020	A2 2040
Arándano	11.002	7.434	4.589
Cerezo	8.041	6.952	2.100
Ciruelo	16.089	12.588	7.315
Frambuesa	8.281	4.836	2.304
Manzano	37.037	29.082	19.055
Vid Mesa	22.734	23.690	18.293
Vid Tinta	19.134	19.971	15.131
Vid Blanca	15.763	17.517	15.808

Este comportamiento de productividad de frutales se encuentra muy asociado a los requerimientos hídricos de las diversas especies, lo que se indica en la Figura 5.

Figura 5. Requerimiento hídrico de algunos frutales estudiados en Zona Agroclimática Valle Regado Centro, para los escenarios Línea Base, A2 2020 y A2 2040.



Las plantaciones forestales experimentarían un deterioro de su rendimiento futuro, lo que corroboraría el desplazamiento de los sitios forestales óptimos hacia el centro sur y sur del país. Por su parte, las praderas mantendrán estable su productividad en el tiempo.

En relación a la *productividad* de la Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur, cabe señalar que maíz y papa regados aumentarán su rendimiento pero, para ello deberían adelantar época de siembra. El trigo en riego mantendrá estable su productividad, y el trigo en secano aumentará en torno a un 20% su potencial de rendimiento, pero deberá cambiar hacia variedades de hábito invernal. Detalle del comportamiento productivo de estos rubros se puede apreciar en los Cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. Cambios en productividad de cultivos en la Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur.

	Productividad (ton ha <sup>-1</sup> año)		
	LB	A2 2020	A2 2040
Maíz Riego	10,5	14,4	15,3
Maíz Secano	0,1	0,0	0,1
Papa Riego	32,5	40,8	40,8
Papa Secano	0,3	0,3	0,8
Trigo Riego	8,8	8,5	8,4
Trigo Secano	5,8	7,0	6,8

Cuadro 8. Cambios en el mes de siembra de cultivos en Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur.

	<b>Mes Optimo Siembra</b>		
	<b>LB</b>	<b>A2 2020</b>	<b>A2 2040</b>
Maíz Riego	Octubre	Octubre	Septiembre
Papa Riego	Septiembre	Septiembre	Septiembre
Trigo Riego	Septiembre	Julio	Abril
Trigo Secano	Abril	Abril	Abril

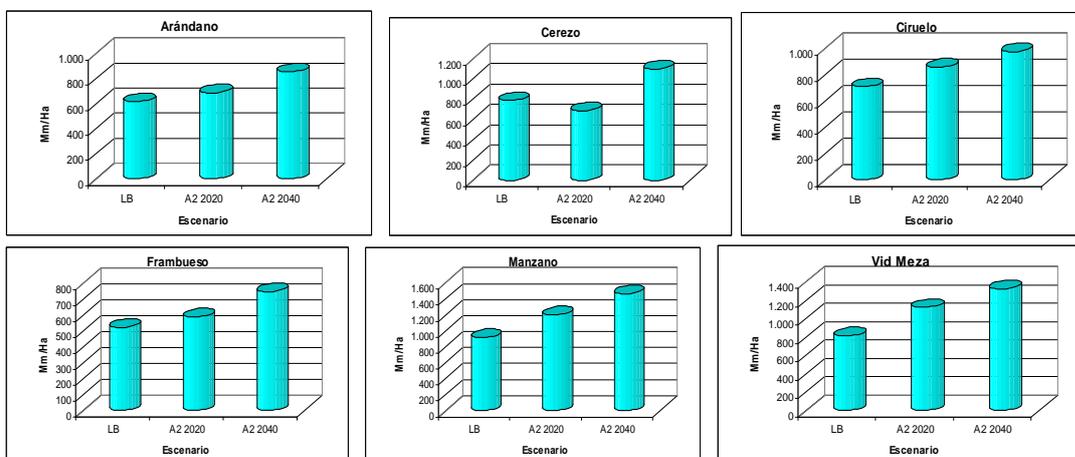
En los frutales de esta zona, contrariamente a Valle Regado Centro, no se observa una tendencia general de cambios bruscos de productividad futura (Cuadro 9), aunque sí se aprecia un fenómeno de aumento de rendimientos hacia A2 2020, que se atenúa en A2 2040 pero siempre superando los rendimientos actuales. Arándano disminuirá moderadamente su rendimiento hacia A2 2040, mientras que algo similar ocurriría en cerezo, frambuesa y manzano, aunque las magnitudes de los cambios divergen. Ciruelo aumentará su productividad, al igual que vid mesa, lo que generará un desafío importante para el rubro dada su poca relevancia actual en esta zona. Los requerimientos hídricos de todas las especies frutales de interés se incrementarían fuertemente a futuro, independiente de que el rendimiento de fruta aumente o disminuya.

Cuadro 9. Cambios en productividad de frutales en la Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur.

	<b>Productividad (kg ha<sup>-1</sup>año)</b>		
	<b>LB</b>	<b>A2 2020</b>	<b>A2 2040</b>
Arándano	11.824	11.586	9.361
Cerezo	8.908	11.586	6.592
Ciruelo	7.271	14.817	13.080
Frambuesa	9.731	9.249	5.695
Manzano	37.599	38.693	33.243
Vid Mesa	12.346	19.268	22.858

Estas productividades se encuentran íntimamente ligadas a los requerimientos hídricos de las diversas especies, como se puede apreciar en la Figura 6.

Figura 6. Requerimiento hídrico de algunos frutales en Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur, para los escenarios Línea Base, A2 2020 y A2 2040.



Por su parte, las plantaciones forestales verán aumentada levemente su productividad o se mantendrá estable, corroborándose con ello la buena aptitud forestal de esta zona. Las praderas presentarán un comportamiento futuro estable, con leve aumento en alfalfa, pero su requerimiento hídrico se incrementará notablemente, lo que impone desafíos de sostenibilidad al rubro.

En cuanto a la *vulnerabilidad* de las explotaciones silvoagropecuarias, el Valle Regado Centro se caracterizó por presentar una vulnerabilidad económica media a muy alta, no existiendo vulnerabilidad baja a muy baja, por lo que es una zona que puede sufrir impactos económicos importantes frente al CC. En cambio en la Precordillera Centro Sur se detectó vulnerabilidad económica predominantemente baja. En las Figuras 7 y 8 se puede observar la vulnerabilidad económica para ambas zonas agroclimáticas.

Figura 7. Vulnerabilidad económica de la Zona Agroclimática Valle Regado Centro, según comunas incluidas.

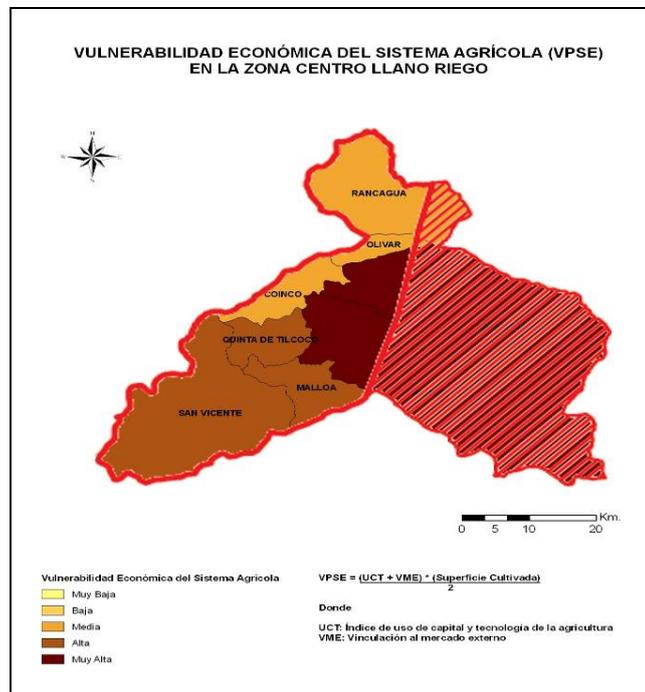
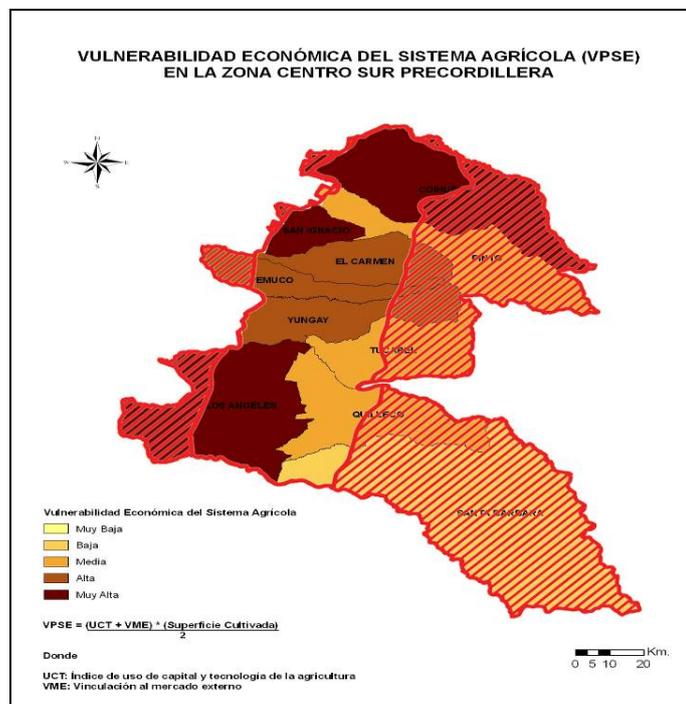


Figura 8. Vulnerabilidad económica de la Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur, según comunas incluidas.



Los componentes *uso de capital y vinculación a mercados* tienen comportamiento similar en Valle Regado Centro, es decir el alto capital se asocia a más desarrollo de negocios y comercialización y, por tanto, mayor vulnerabilidad económica. En cambio en Precordillera Centro Sur estos índices no son tan claros, lo que atenúa la vulnerabilidad económica de esta zona. Por otra parte en Valle Regado Centro, no obstante ser una zona con clara vocación frutícola y exportadora, la vulnerabilidad social de sus comunas integrantes diverge fuertemente. Pero en Precordillera Centro Sur la vulnerabilidad social es alta a muy alta, luego es factible señalar que en zonas como ésta, el impacto social del CC puede “superar” al impacto económico asociado. En último término, dado que entre los agricultores de ambas zonas hay factores como predominio de ocupación principal agrícola y bajo nivel educacional, desde el punto de vista de vulnerabilidad social podría generarse rigidez en las decisiones de incorporar adaptaciones al CC. Otros elementos importantes detectados entre los agricultores y vulnerabilidad que deben considerarse son: la disponibilidad de agua, nueva infraestructura, capital propio limitado y acceso restringido al crédito.

En términos de *impacto económico*, este resultó ser más relevante y negativo en la Zona Agroclimática Valle Regado Centro, fundamentalmente en el escenario más lejano, A2 2040. Así, los rubros que evidencian mayor deterioro económico en A2 2020 y A2 2040 son las especies frutales. Sin embargo, cabe destacar que en cerezo, ciruelo y vid mesa en Precordillera Centro Sur, el impacto económico es positivo en A2 2020. En los Cuadros 10 a 13 se observan los resultados resumidos para frutales y cultivos anuales.

Cuadro 10. Impacto económico en frutales en Zona Agroclimática Valle Regado Centro.

<b>MANZANO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>CEREZO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	1.469.014	LB	499.017
A2 2020	594.096	A2 2020	52.773
A2 2040	-508.884	A2 2040	-1.936.259

<b>CIRUELO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>ARÁNDANO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	393.731	LB	1.229.252
A2 2020	-79.025	A2 2020	-376.302
A2 2040	-790.920	A2 2040	-1.656.732

<b>FRAMBUESA</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>VID MESA</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	2.484.750	LB	3.620.657
A2 2020	-374.382	A2 2020	3.859.632
A2 2040	-2.475.993	A2 2040	2.510.282

<b>VID TINTA</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>VID BLANCA</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	784.438	LB	773.825
A2 2020	863.924	A2 2020	966.787
A2 2040	404.134	A2 2040	778.819

Cuadro 11. Impacto económico en frutales en Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur

<b>MANZANO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>CEREZO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	1.657.119	LB	885.797
A2 2020	1.777.448	A2 2020	1.983.572
A2 2040	1.177.948	A2 2040	-63.639

<b>CIRUELO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>ARÁNDANO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	-413.913	LB	1.609.967
A2 2020	527.050	A2 2020	1.502.642
A2 2040	377.538	A2 2040	501.752

<b>FRAMBUESA</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>VID MESA</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	3.783.123	LB	1.520.364
A2 2020	3.383.229	A2 2020	3.250.739
A2 2040	433.492	A2 2040	4.149.439

Cuadro 12. Impacto económico en cultivos anuales en Zona Agroclimática Valle Regado Centro

<b>TRIGO RIEGO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>TRIGO SECANO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	530.991	LB	114.654
A2 2020	535.041	A2 2020	93.054
A2 2040	525.591	A2 2040	56.604

<b>MAÍZ</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>PAPA</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	492.959	LB	1.390.499
A2 2020	461.059	A2 2020	1.070.499
A2 2040	377.459	A2 2040	780.499

Cuadro 13. Impacto económico en cultivos anuales en Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur.

<b>TRIGO RIEGO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>TRIGO SECANO</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	649.356	LB	363.625
A2 2020	614.256	A2 2020	525.625
A2 2040	598.056	A2 2040	491.875

<b>MAIZ</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>	<b>PAPA</b>	<b>Margen Bruto \$/ha</b>
LB	179.056	LB	950.216
A2 2020	606.956	A2 2020	1.780.216
A2 2040	703.756	A2 2040	1.770.216

Por su parte, las praderas no muestran impacto significativo, conservando un comportamiento económico estable hacia A2 2020 y A2 2040, especialmente en Precordillera Centro Sur. Trébol blanco pudiera ser interesante como alternativa de riego en el Valle Regado Centro. En rubros forestales, Pino radiata se mantendría como buena alternativa futura para ambas zonas con la debida atención de no ocupar suelos agrícolas. Por su parte, Eucalipto decrece económicamente en interés hacia A2 2020 y A2 2040 en Valle Regado Centro, en cambio, en Precordillera Centro Sur podría consolidarse.

El impacto del CC para el escenario A2 2020 en Valle Regado Centro alcanza a una pérdida superior a los \$ 4.700.000.000, donde los frutales representan \$ 4.200.000.000 y los cultivos anuales casi \$ 560.000.000 de pérdida. En A2 2040 el impacto negativo es mayor aún, alcanzando a \$ 26.000.000.000, como se puede observar en los Cuadros 13 y 14.

Cuadro 13. Impacto económico en Zona Agroclimática Valle Regado Centro en escenario A2 2020.

	<b>Superficie, ha</b>	<b>Impacto, \$</b>
<b>CULTIVOS ANUALES</b>	15.734	-556.325.250
<b>FRUTALES</b>	19.772	-4.245.265.102
<b>PRADERAS</b>	8.269	106.707.781
<b>PLANTACIONES FORESTALES</b>	206	-10.374.160
<b>TOTAL ZONA ESTUDIO</b>		-4.705.256.731

Cuadro 14. Impacto económico en Zona Agroclimática Valle Regado Centro en escenario A2 2040.

	<b>Superficie, ha</b>	<b>Impacto, \$</b>
<b>CULTIVOS ANUALES</b>	15.734	-1.880.879.250
<b>FRUTALES</b>	19.772	-24.041.378.325
<b>PRADERAS</b>	8.269	47.477.181
<b>PLANTACIONES FORESTALES</b>	206	-15.451.030
<b>TOTAL ZONA ESTUDIO</b>		-25.890.231.424

Por su parte, el impacto económico en Precordillera Centro Sur para A2 2020 es positivo en poco menos de \$ 11.000.000.000, con fuerte aporte de cultivos anuales como el trigo. Para el escenario A2 2040 el impacto aumenta a más de \$ 13.000.000.000, como se aprecia en los Cuadros 15 y 16.

Cuadro 15. Impacto económico en Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur en escenario A2 2020.

	<b>Superficie, ha</b>	<b>Impacto, \$</b>
<b>CULTIVOS ANUALES</b>	47.388	10.738.296.900
<b>FRUTALES</b>	3.397	184.707.908
<b>PRADERAS</b>	110.576	83.131.225
<b>PLANTACIONES FORESTALES</b>	141.541	-112.760.570
<b>TOTAL ZONA ESTUDIO</b>		10.893.375.463

Cuadro 16. Impacto económico en Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur en escenario A2 2040.

	<b>Superficie, ha</b>	<b>Impacto, \$</b>
<b>CULTIVOS ANUALES</b>	47.388	10.019.809.700
<b>FRUTALES</b>	3.397	-4.528.459.038
<b>PRADERAS</b>	110.576	-2.643.065
<b>PLANTACIONES FORESTALES</b>	141.541	8.061.145.043
<b>TOTAL ZONA ESTUDIO</b>		13.549.852.640

Existen rubros como frambuesa, arándano, cerezo y manzano que necesariamente deberán ser materia de mayor preocupación y análisis sectorial, pues los resultados de productividad simulada y de margen económico indican caídas significativas del negocio, ya en el escenario A2 2020. Medidas de adaptación sólo de estricto orden agronómico y de riego pueden no compensar el deterioro del rubro.

Referente a *medidas de adaptación N1* (a nivel predial), las más reconocibles y recomendables dicen relación con: uso y cambio de variedades, mejoramiento y adecuación del riego actual, cambios de sistema de riego, manejo sustentable del recurso agua en el suelo, plantación de árboles, incremento de la disponibilidad de agua, fertilización más eficiente y eficaz, elaboración y aplicación de compostaje, uso e incorporación de residuos agrícolas, uso (no quema) de fuego, manejo rebaño-riego-praderas e infraestructura ganadera.

En términos más concretos, en Valle Regado Centro, en cultivos las adaptaciones prediales de corto plazo valorizables en forma "inmediata", dicen relación mayoritariamente con recursos hídricos y temperatura y fertilidad de los suelos; en frutales mayores y menores con recursos hídricos; en vides con recursos hídricos y temperatura y con fertilidad; en praderas con recursos hídricos, lo mismo que en plantaciones forestales.

En Precordillera Centro Sur se mantienen en términos generales las tendencias del tipo de adaptaciones prediales de corto plazo valorizables en forma "inmediata". Pero en el caso de los cultivos y praderas, existe mayor dispersión de medidas según la especie vegetal. Dos aspectos son importantes de mencionar; primero, se determinó que las adaptaciones que generan mayor sensación de riesgo o temor en los agricultores son los créditos bancarios, el cambio de especies o rubros, cambio de rotaciones, aumento de la mecanización, cambio de raza animal o ajustes en la superficie anual de cultivos. Contrariamente, la capacitación, la adopción de nuevas formas de comercialización, cambio de variedades, cambios en el manejo, cambios en el sistema de riego, en la infraestructura de captación y colecta de agua, son adaptaciones consideradas menos riesgosas. También se observó que existe relación entre adaptación, riesgo de adopción y vulnerabilidad. Así, productores que se perciben más vulnerables económicamente asumirían menos riesgos de adopción. Luego, no es tan claro que quienes sean más vulnerables frente al CC, estarían más dispuestos a adaptarse.

Aunque todas las situaciones productivas podrían requerir medidas de adaptación al CC, en concreto la decisión de su implementación depende del margen de utilidad obtenido con adaptación versus sin adaptación. En el estudio se determinó que los costos de adaptación más relevantes en frecuencia y monto son los referidos al riego. El costo del agua adicional por incremento de déficit hídrico también es frecuente, y otros costos de adaptación importantes son la incorporación de residuos, el análisis químico de suelo y foliar, sistemas de cosecha de agua y semilla certificada en papa.

A continuación se indican algunas cifras de *márgenes con adaptación*. En Valle Regado Centro, el trigo con riego con adaptación generaría un margen de utilidad no superior a \$ 150.000/ha, y en riego de Precordillera Centro Sur los márgenes alcanzan \$ 500.000/ha, muy similar al trigo secano (\$400.000/ha). Por su parte, el maíz en Valle Regado Centro tiene un margen de \$350.00/ha y en Precordillera Centro Sur en A2 2040 supera los \$ 600.000/ha. La papa en Valle Regado Centro con adaptación genera márgenes de utilidad entre \$500.000/ha a \$700.000/ha, mientras que en Precordillera Centro Sur el margen de la papa adaptada puede superar \$ 1.000.000/ha.

Entre los frutales, el manzano - importante por su superficie en Valle Regado Centro - debe generar al menos 32.000 kilos para obtener márgenes atractivos, y en Precordillera Centro Sur los márgenes de utilidad son del orden de \$ 1.500.000/ha. El arándano en Precordillera Centro Sur, con adaptaciones referidas al regadío, los márgenes superarían \$ 1.200.000 en A2 2020, pero serían algo menores en A2 2040. Frambuesa tendría su mejor comportamiento con adaptaciones en Precordillera Centro Sur con márgenes del orden de \$ 3.200.000/ha para A2 2020 y algo menores para el A2 2040. Vid mesa en Valle Regado Centro mantiene un

comportamiento económico de interés, generando márgenes de \$ 3.600.000/ha, mientras que en Precordillera Centro Sur, con rendimiento futuro creciente, generaría márgenes de utilidad notables, del orden de \$ 3.150.000/ha en A2 2020 y \$ 4.000.000/ha en A2 2040. Por último vid vinífera, tinta y especialmente blanca, se presentan con buenas expectativas en escenarios A2 2020 y A2 2040 destacándose en Precordillera Centro Sur con margen de utilidad cercano a \$ 850.000/ha.

Como se indicó, el presente estudio también aproximó cifras de *impacto de las adaptaciones* y generó *propuestas* respecto a implementarlas o no. Los principales antecedentes relacionados son los siguientes. En el escenario A2 2020, tanto en Valle Regado Centro como en Precordillera Centro Sur, el impacto económico neto de las adaptaciones N1 es negativo. En cambio, en A2 2040 el impacto neto es positivo en \$ 9.500.00.000 en Valle Regado Centro dado que, principalmente, los frutales generan mejor margen con adaptación, y en \$ 1.300.000.000 en Precordillera Centro Sur, también debido a los frutales.

Luego, como estrategia general, las decisiones de adaptación debiesen ser tomadas prontamente, pero con visión de futuro o largo plazo respecto las inversiones que involucran las medidas de adaptación. Sin embargo, no todas las medidas de adaptación justificarían económicamente su implementación, incluso algunos rubros parecieran no reunir condiciones para ello.

En Valle Regado Centro en A2 2020, los cultivos son menos rentables con la implementación de adaptaciones. Pero manzano, cerezo, ciruelo, arándano y frambuesa incrementan su margen de utilidad cuando adoptan medidas de adaptación. Las praderas no soportarían económicamente adaptaciones al CC, lo mismo que las plantaciones forestales. También en Valle Regado Centro, en A2 2040 los frutales mejoran con la implementación de adaptaciones, debido a que los rendimientos y márgenes sin adaptación caen dramáticamente y responden mejor a las adaptaciones para recuperar rendimiento.

En Precordillera Centro Sur, escenario A2 2020, los márgenes de los cultivos anuales con adaptación son menores que los márgenes sin adaptación, la misma situación ocurre en frutales, aunque en ciruelo, frambuesa y vid mesa una buena respuesta productiva de las adaptaciones podría justificar su implementación. Las praderas y plantaciones forestales no soportan el costo de implementar adaptaciones. En A2 2040 en cultivos anuales podrían implementarse adaptaciones siempre que las respuestas productivas sean elevadas, es decir las adaptaciones son consideradas como condicionales. Manzano, cerezo, arándano y frambuesa tienen una respuesta neta favorable a la adaptación. Ciruelo y vid mesa están en una situación neutra. En el Cuadro 17 se indican, para el escenario A2 2040, algunas cifras que resumen el análisis de impacto neto económico de las adaptaciones recién descritas.

Cuadro 17. Resumen de impacto neto económico de eventual implementación de adaptaciones en escenario A2 2040.

	<b>Valle Regado Centro</b>	<b>Precordillera Centro Sur</b>
	<b>Impacto, \$</b>	<b>Impacto, \$</b>
<b>CULTIVOS ANUALES</b>	-893.850.175	-1.246.783.044
<b>FRUTALES</b>	10.454.684.288	2.540.323.895
<b>PRADERAS</b>	S/ adaptaciones	S/ adaptaciones
<b>PLANTACIONES FORESTALES</b>	S/ adaptaciones	S/ adaptaciones
<b>TOTAL ZONA ESTUDIO</b>	9.560.834.113	1.293.540.850

En consecuencia, para Valle Regado Centro se propone implementar medidas de adaptación en manzano, cerezo, ciruelo, arándano, frambuesa y vid mesa, pues el margen generado con las adaptaciones supera al obtenido sin las adaptaciones. En vides para vino, la adaptación es condicional a la obtención o recuperación de altos rendimientos y a variables de precio. Lo anterior podría permitir la permanencia de estos rubros en forma económicamente atractiva, dando espacio al análisis de eventuales decisiones futuras de desplazamiento de huertos a sectores ubicados al sur del país. Para alfalfa, trébol blanco/ballica y pradera natural no se debieran incorporar adaptaciones explícitas por el CC, al igual que para plantaciones forestales.

Por su parte, para Precordillera Centro Sur se propone que la implementación de adaptaciones en maíz, papa y trigo de riego debe ser es condicional a una alta respuesta de rendimiento y precio atractivo. En el trigo seco se justifica sólo el ajuste de variedades. En frutales se propone implementación de adaptaciones en manzano, cerezo, arándano y frambuesa. Para praderas y plantaciones forestales tampoco se debieran implementar medidas de adaptación al CC, pues no generan mayor margen que sin adaptación.

A modo orientativo para políticas e instrumentos, el costo anual promedio que representaría la implementación de medidas de adaptación N1, es decir sólo aquellas a nivel predial, que económicamente justifican su implementación corresponde a \$ 6.625.000.000 (US\$ 12.500.000) en la Zona Valle Regado Centro, y \$ 3.480.000.000 (US\$ 6.600.000) en la Zona Precordillera Centro Sur. Un resumen de esta información se describe en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Costo total estimado anual de medidas de adaptación prediales N1 que justifican su implementación; escenario A2 2040.

	<b>Valle Regado Centro</b>	<b>Precordillera Centro Sur</b>
	<b>Impacto, \$</b>	<b>Impacto, \$</b>
<b>CULTIVOS ANUALES</b>	1.989.266.300	2.509.064.926
<b>FRUTALES</b>	4.636.254.646	972.594.529
<b>PRADERAS</b>	S/ adaptaciones	S/ adaptaciones
<b>PLANTACIONES FORESTALES</b>	S/ adaptaciones	S/ adaptaciones
<b>TOTAL ZONA ESTUDIO</b>	6.625.520.946	3.481.659.455

Del análisis y propuesta de medidas de *mitigación* coherentes con BPA, se determinó que aquellas de aplicación directa adecuadas en cultivos anuales serían: disminuir o evitar quema de rastrojos, uso eficiente de fertilizantes tradicionales y orgánicos, conservación y recuperación de suelos, uso eficiente de la maquinaria, tratamientos de aguas y manejo de residuos agropecuarios. En frutales: disminuir o evitar quema de rastrojos, uso eficiente de fertilizantes tradicionales y compost, conservación y recuperación de suelos, uso eficiente de maquinaria, uso eficiente de energía, tratamientos de sólidos y líquidos. En plantaciones forestales: disminuir o evitar quema de rastrojos, manejo adecuado de residuos o desechos vegetales, uso eficiente de fertilizantes tradicionales, conservación y recuperación de suelos y uso eficiente de maquinaria. En ganadería bovina y praderas: adecuado manejo y empleo de purines y guano, manejo y disposición de residuos, manejo de emisiones atmosféricas, recolección, disposición y aplicación de residuos de plántulas bovinas, manejo de aguas sucias, disminuir o evitar quema de rastrojos, uso eficiente de fertilizantes tradicionales, conservación y recuperación de suelos, uso eficiente de maquinaria.

Respecto a las medidas de mitigación de mediano a largo plazo, en general dicen relación con aspectos de evaluación predial de la huella de carbono, identificar de procesos que más favorecen la emisión de GEI, establecer micro programas prediales de reducción de emisiones, establecer mecanismos relacionados con instrumentos de fomento actuales, investigación técnica y económica de uso de residuos agrícolas y lodos, nueva tecnología de biofertilizantes, nanofertilizantes, alimentación de ganado bovino, y planes de entrenamiento para profesionales, técnicos, autoridades locales de nivel medio, productores y estudiantes para enfrentar los desafíos del CC.

Finalmente, el estudio profundizó respecto a estado y propuestas generales de mejoramiento de *políticas e instrumentos de fomento* relacionadas con el CC. El tema se analizó desde las perspectivas: Institucionalidad y Políticas, Investigación, Capacitación y Educación, e Instrumentos de Apoyo y Fomento.

Aspectos relevantes de la institucionalidad y políticas dicen relación con que no debiera focalizarse esfuerzos en redefiniciones conceptuales e instancias consultivas o técnicas existentes, sino en: potenciar la eficacia de la coordinación de organismos y sus acciones; dotar de coherencia nacional a las decisiones e iniciativas de los grandes sectores de la economía nacional relacionados con CC; delimitar las jerarquías y responsabilidades institucionales; evaluar y evaluar permanentemente los aspectos de financiamiento y establecer mediante Decreto Ley financiamiento suficiente para la operatividad de instancias claves como una Comisión Nacional de CC y otras. En las estrategias de aplicación de políticas y normativas actuales y por generar, debe tenerse en cuenta que en definitiva su objetivo es que tengan impacto a nivel local o predial y que deben ser implementadas considerando expresamente la zona agroclimática objetivo, el sistema productivo dominante, tipo y características de cada productor y, especialmente, la capacidad asociativa de los productores. No obstante lo anterior, no es descartable analizar iniciativas que cambien o mejoren aspectos trascendentes de la institucionalidad, como por ejemplo: (i) creación de una Contraloría de Medio Ambiente y CC; (ii) creación de tribunales regionales de solución de diferendos derivados del CC; (iii) Ley Orgánica Constitucional de CC y; (iv) creación de una Subsecretaría de CC.

Respecto a los instrumentos de apoyo y fomento, se estableció que la totalidad de ellos tuvieron su génesis por motivos distintos al CC, lo no implica que no sean pertinentes para apoyar medidas de adaptación o disminución de la vulnerabilidad. Paralelamente, y tal como en la aplicación de estrategias y políticas, los instrumentos de fomento deben, también, ser

implementados considerando especialmente la zona agroclimática objetivo, el sistema productivo dominante, el tipo y características de cada productor, y la asociatividad de los productores.

Respecto los instrumentos de fomento en ejecución por parte de diversas instituciones públicas estudiados en el presente trabajo, se proponen algunos de ellos que se consideran de *alta* pertinencia con el tema de la adaptación al CC, y que pudieran ajustarse, flexibilizarse o adecuarse con este fin. Son instrumentos que administran principalmente la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), la Comisión Nacional de Riego (CNR) y la Comisión Nacional de Medioambiente (CONAMA). También se clasificaron instrumentos que, actualmente, tendrían pertinencia *media* con el tema de adaptación al CC.

Finalmente, en el presente resumen ejecutivo ampliado se entregan, como resultado analítico concreto, las consideraciones finales que se obtuvieron en el presente estudio, de acuerdo a los objetivos específicos definidos para su ejecución.

## **Objetivo Especifico 1**

***Evaluar el impacto del Cambio Climático en los principales rubros productivos del sector SAP, con focalización en cambios en productividad y producción, en dos zonas agroclimáticas definidas.***

### **Productividad Valle Regado Centro**

- Los cultivos anuales bajo condición de riego artificial presentarán caídas futuras moderadas de rendimiento pero, en general, se mantendrán con productividades del mismo orden de magnitud actual. Maíz y trigo debieran adelantar la época óptima de siembra, transformándose trigo en un cultivo invernal. La papa, dada su caída de rendimiento e incremento de requerimiento hídrico, tendría dificultades de permanencia.
- En las especies frutales la tendencia es a una disminución del rendimiento, fundamentalmente en el escenario A2 2040. En arándano y manzano, preocupantemente, cae el rendimiento a sólo entre el 40% a 50% del actual en A2 2040. En cambio, cerezo y frambuesa bajan moderadamente su producción futura. Vides para mesa y vinificación presentan un comportamiento relativamente similar y estable en el tiempo.
- Las plantaciones forestales experimentarían un deterioro de su rendimiento futuro, lo que corroboraría el desplazamiento de la zona forestal óptima hacia el centro sur y sur del país. Por su parte, las praderas mantendrán estable su productividad.

### **Productividad Precordillera Centro Sur**

- Maíz y papa bajo riego incrementarán rendimiento pero debieran adelantar siembras. El trigo en riego mantendrá su productividad y en secano aumentará un 20% su potencial de rendimiento, pero con hábito invernal.
- En los frutales no hay una tendencia general de cambio de productividad aunque, luego de elevarse algo en A2 2020, se atenúa en A2 2040, pero siempre superior a los rendimientos actuales. Arándano disminuirá moderadamente su rendimiento hacia A2 2040 y algo similar ocurriría en cerezo, frambuesa y manzano, aunque con diversas magnitudes. Ciruelo aumentará su productividad, al igual que vid mesa, lo que generará un desafío importante para el sector dada su poca relevancia actual. Los requerimientos hídricos de todas las especies frutales de interés se incrementarían fuertemente a futuro, independientemente de que el rendimiento de fruta aumente o disminuya.
- En plantaciones forestales la productividad aumentará levemente o se mantendrá estable, corroborando la buena aptitud forestal de esta zona. Por su parte, las praderas presentarán un comportamiento futuro estable, con leve aumento en alfalfa, pero el requerimiento hídrico se incrementará notablemente.

### **Vulnerabilidad de las explotaciones silvoagropecuarias**

- En Valle Regado Centro, con vocación agrícola frutícola/vitivinícola de exportación, se detectó vulnerabilidad económica media a muy alta, no existiendo vulnerabilidad baja a muy baja. Luego, sus comunas presentan una vulnerabilidad económica importante frente al CC. En cambio en Precordillera Centro Sur, de vocación agrícola cultivo/ganado, se

detectó vulnerabilidad económica predominante baja. Sus comunas presentan una vulnerabilidad económica variable, pero menor que Valle Regado Centro. Los componentes *uso de capital* y *vinculación a mercados* tienen comportamiento similar en Valle Regado Centro, es decir el alto capital se asocia a más desarrollo de negocios y comercialización y, por lo tanto, mayor vulnerabilidad económica. En cambio, en Precordillera Centro Sur estos índices no son tan claros, lo que atenúa la vulnerabilidad económica de esta zona.

- En Valle Regado Centro, no obstante ser una zona con clara vocación frutícola y exportadora, la vulnerabilidad social entre sus comunas integrantes diverge. Pero en Precordillera Centro Sur se detectó vulnerabilidad social alta a muy alta, de donde es factible señalar que zonas como ésta pueden presentar vulnerabilidad social alta y mayor a su vulnerabilidad económica.
- Dado que entre los agricultores de ambas zonas hay factores como ocupación principal agrícola y bajo nivel educacional, desde el punto de vista de vulnerabilidad social podría generarse rigidez en las decisiones de incorporar adaptaciones al CC. Otros elementos importantes detectados entre agricultores y vulnerabilidad que deben considerarse son: la disponibilidad de agua, nueva infraestructura, capital propio limitado y acceso al crédito restringido. Se puede concluir que estudios locales de vulnerabilidad son fundamentales para orientar política, instrumentos, recursos y medidas de adaptación al CC.

### **Magnitudes de orden económico**

- El efecto económico negativo es más relevante en la Zona Agroclimática Valle Regado Centro, fundamentalmente en el escenario más lejano, A2 2040. Los rubros que evidencian mayor deterioro económico en los escenarios A2 2020 y A2 2040 son las especies frutales. En los casos de cerezo, arándano y frambuesa Precordillera Centro Sur el efecto económico es mejor.
- En general, medidas de adaptación agronómicas y de riego pueden tener un rol vital con respecto al efecto económico del CC.
- Las praderas no se muestran significativamente afectadas por el CC, conservando un comportamiento económico estable hacia A2 2020 y A2 2040, especialmente en la zona Precordillera Centro Sur. Trébol blanco pudiera ser interesante como alternativa de riego en el Valle Regado Centro.
- Pino radiata se mantendría como buena alternativa futura para ambas zonas, con la debida atención de no ocupar suelos agrícolas. Eucalipto decrece económicamente hacia A2 2020 y A2 2040 en Valle Regado Centro, mientras que en Precordillera Centro Sur podría consolidarse.
- El impacto del CC para el escenario A2 2020 en Valle Regado Centro es de una pérdida superior a los \$ 4.700.000.000, de los cuales los frutales representan \$ 4.200.000.000 y los cultivos anuales \$ 560.000.000. En A2 2040 el impacto negativo es mayor aún, llegando a unos \$ 26.000.000.000.

- El impacto en Precordillera Centro Sur para A2 2020 es positivo en \$ 11.000.000.000, con aporte fuerte de cultivos anuales (trigo). Para el escenario A2 2040 el impacto aumenta a \$ 13.000.000.000.
- Existen rubros como frambuesa, arándano, cerezo y manzano que necesariamente deberán ser materia de mayor preocupación y análisis sectoriales, pues los resultados de productividad simulada y de margen económico indican caídas significativas del negocio, ya en el escenario A2 2020. Medidas de adaptación sólo de estricto orden agronómico y de riego pueden no compensar el deterioro del rubro simulado.

## Objetivo Específico 2

***Determinar, evaluar y proponer alternativas técnicas de adaptación, e identificar limitantes de orden socioeconómico y de riesgo para el proceso de adopción por parte de la AFC.***

### Adaptación

- Las medidas seleccionadas e identificadas de adaptación al CC se agruparon en *categorías* relevantes, que son: recursos hídricos y temperatura, fertilidad de los suelos, recuperación y conservación de suelos y, ganadería bovina.
- También se determinó la necesidad de otorgar a las medidas de adaptación *niveles* relevantes según el grado de complejidad técnica, económica, social, financiera, organizacional e institucional que una medida o un conjunto de ellas poseen o deben cumplir para ser, finalmente, adoptadas a nivel predial. A mayor complejidad, mayor nivel.
- Un primer nivel identificado como N1, incluye medidas tecnológicas de rápida aplicación, existentes y probadas en el país, de pronta respuesta. Estas adaptaciones son de valorización económica “inmediata”, por lo tanto, deben ser parte de estrategias o planes que consideren acciones de corto plazo, incluida la focalización de recursos financieros.
- Las N1 más reconocibles dicen relación con: variedades, riego actual, cambios de sistema de riego, manejo sustentable del recurso agua en el suelo, plantación de árboles, disponibilidad de agua, fertilización, compostaje, tratamiento de residuos agrícolas, uso del fuego, manejo rebaño-riego-praderas e infraestructura ganadera.
- Medidas de mayor nivel (N2 y N3) requerirían mayor grado de acuerdo entre actores públicos y privados, con decisiones de inversión que exceden el ámbito predial. Pueden, en el hecho, constituir una medida de política o ser parte de una de ellas, al incorporar aspectos que requieren decisiones intersectoriales o de Estado.
- En cultivos de la Zona Agroclimática Valle Regado Centro, las adaptaciones prediales de corto plazo valorizables en forma “inmediata”, dicen relación mayoritariamente con recursos hídricos y temperatura y fertilidad de los suelos; en frutales mayores y menores con recursos hídricos; en vides con recursos hídricos y temperatura y con fertilidad y; en praderas y plantaciones forestales con recursos hídricos.

- En la Zona Agroclimática Precordillera Centro Sur se mantienen en términos generales las adaptaciones prediales de corto plazo valorizables en forma “inmediata”. Pero en el caso de los cultivos y praderas, existe mayor dispersión de medidas según la especie vegetal.

### **Limitantes de Riesgo**

- Entre los agricultores predomina fuertemente una alta y moderada sensación de riesgo frente a los impactos del CC, mientras que quienes perciben una oportunidad son muy minoritarios.
- Las alternativas de adaptación que generan mayor sensación de riesgo o temor en los agricultores son los créditos bancarios, el cambio de especies o rubros y los cambios en el manejo. Por su parte, la capacitación y la adopción de nuevas formas de comercialización son estrategias consideradas menos riesgosas.
- Entre los productores predomina la percepción de que el cambio de variedades, cambios en el manejo, cambios en el sistema de riego y los cambios en la infraestructura de captación y colecta de agua son adaptaciones relativamente menos riesgosas. Más riesgosas son las rotaciones, aumento de la mecanización, cambio de raza animal o ajustes en la superficie anual de cultivos.
- Se analizaron las relaciones que pueden existir entre adaptación al CC, riesgo de adopción de medidas y vulnerabilidad. Así, productores que se perciben más vulnerables económicamente están menos dispuestos a asumir riesgos relacionados con implementación o adopción de medidas. No es tan claro que quienes son más vulnerables al CC, estarían más dispuestos a aplicar medidas de adaptación.

### **Adaptación: evaluación económica**

- Debe estar claro que, aunque en general todas las situaciones productivas podrían requerir medidas de adaptación al CC, la decisión depende del margen de utilidad obtenido con adaptación versus sin adaptación.
- Los costos de adaptación más relevantes en frecuencia y monto son los referidos al riego. El costo del agua adicional por incremento de déficit hídrico también es frecuente, y otros costos de adaptación importantes son la incorporación de residuos al suelo, el análisis químico de suelo y foliar, sistemas de cosecha de agua, semilla certificada en papa y otros.
- En Valle Regado Centro, el trigo con riego con adaptación generaría un margen de utilidad no superior a \$ 150.000/ha, mientras que en riego de Precordillera Centro Sur los márgenes alcanzan unos \$ 500.000/ha, muy similar al trigo seco, con \$400.000/ha.
- El maíz en Valle Regado Centro tiene un margen de \$350.00/ha y en Precordillera Centro Sur en A2 2040 supera los \$ 600.000/ha.
- La papa en Valle Regado Centro con adaptación los márgenes de utilidad son de entre \$500.000/ha a 700.000/ha. Por su parte, en Precordillera Centro Sur los márgenes pueden superar \$ 1.000.000/ha, lo que constituye una alternativa económicamente atractiva.

- Entre los frutales el manzano es una especie importante por la superficie que ocupa. En Valle Regado Centro deben generar un nivel productivo sobre los 32.000 kilos para generar márgenes atractivos. En Precordillera Centro Sur los márgenes de utilidad son del orden de \$ 1.500.000/ha, corroborando que es una atractiva alternativa económica.
- El arándano en Precordillera Centro Sur, con adaptaciones referidas al regadío, los márgenes superarían \$ 1.200.000 en A2 2020, y algo menores en A2 2040. Frambuesa tendría su mejor comportamiento con adaptaciones en Precordillera Centro Sur con márgenes del orden de \$ 3.200.000/ha para A2 2020 y algo menores para A2 2040.
- Vid de mesa en Valle Regado Centro mantiene un comportamiento económico de interés, generando márgenes de \$ 3.600.000/ha. En Precordillera Centro Sur, con rendimiento futuro creciente, generaría márgenes de utilidad notables, del orden de \$ 3.150.000/ha en A2 2020 y hasta \$ 4.000.000/ha en A2 2040, por lo que debiera tener mayor importancia en esta zona.
- Vid vinífera tinta y especialmente blanca se presentan con buenas expectativas en los escenarios A2 2020 y A2 2040, destacándose en Precordillera Centro Sur que presenta márgenes de utilidad cercanos a \$ 850.000/ha.

#### **Adaptación: impacto y decisión de implementación**

- En Valle Regado en A2 2020, el impacto de las adaptaciones N1 valorizadas y propuestas de implementar es negativo. En cambio, en A2 2040 el impacto es positivo, con una magnitud de \$ 9.500.000.000, debido principalmente a que los frutales responderían con un mejor margen con adaptación que sin adaptación. En Precordillera Centro Sur y escenario A2 2020, el impacto de las adaptaciones N1 valorizadas y propuestas de implementar también es negativo. Pero en A2 2040 es positivo en alrededor de \$ 1.300.000.000, también en respuesta al comportamiento de los frutales. Luego, como estrategia general, las decisiones de adaptación debiesen ser tomadas prontamente, pero con visión de futuro o largo plazo respecto a las inversiones que involucran las medidas de adaptación.
- Para Valle Regado Centro en A2 2020, los cultivos son menos rentables con los costos de la implementación de adaptaciones. Manzano, cerezo, ciruelo, arándano y frambuesa incrementan su margen de utilidad cuando adoptan medidas de adaptación. Las praderas no soportarían económicamente adaptaciones al CC, al igual que las plantaciones forestales. En el escenario A2 2040, los frutales mejoran con la implementación de adaptaciones debido a que los rendimientos y márgenes sin adaptación caen dramáticamente y responden mejor a las adaptaciones para recuperar rendimiento.
- En Precordillera Centro Sur, escenario A2 2020, los márgenes de los cultivos anuales con adaptación son menores que los márgenes sin adaptación, que es la misma situación que en frutales, aunque en ciruelo, frambuesa y vid mesa una buena respuesta productiva de las adaptaciones podría justificar su implementación. Praderas y plantaciones forestales no soportan el costo de implementar adaptaciones. En A2 2040, en cultivos anuales podrían implementarse adaptaciones siempre que las respuestas productivas sean elevadas. Manzano, cerezo, arándano y frambuesa tienen una respuesta neta favorable a la adaptación, mientras que ciruelo y vid de mesa están en una situación neutra.

- No todas las medidas de adaptación justificarían económicamente su implementación, incluso algunos rubros parecieran no reunir condiciones para ello, ya sea porque el impacto del CC les es beneficioso o porque el impacto es muy perjudicial, no permitiendo recuperación económica sólo con adaptaciones agronómicas, o porque no hay respuesta sensible al efecto de las adaptaciones.
- En el Valle Regado Centro, se propone implementar medidas de adaptación en manzano, cerezo, ciruelo, arándano, frambuesa y vid mesa, pues el margen generado con las adaptaciones supera al obtenido sin adaptaciones. En vides para vino la adaptación está condicionada a la obtención o recuperación de altos rendimientos, y a variables de mercado, básicamente precio. Lo anterior podría permitir la permanencia de estos rubros en Valle Regado Centro en forma económicamente atractiva, dando espacio al análisis de eventuales decisiones futuras de desplazamiento de huertos a sectores ubicados al sur del país.
- Alfalfa, trébol blanco/ballica y pradera natural no debieran incorporar adaptaciones explícitas por el CC y lo mismo se propone para plantaciones forestales.
- Para Precordillera Centro Sur sería condicional la implementación de adaptaciones en maíz, papa y trigo de riego. En trigo de secano se justifica el ajuste de variedades. Se propone la implementación de adaptaciones en manzano, cerezo, arándano y frambuesa. Para praderas y plantaciones forestales se propone no implementar medidas de adaptación al cambio climático, pues no generan mayor margen que sin adaptaciones.
- A modo orientativo de políticas e instrumentos, el costo anual promedio que representarían a nivel predial las medidas de adaptación N1 que económicamente justifican su implementación, corresponde a \$ 6.625.000.000 (US\$ 12.500.000) en la Zona Valle Regado Centro, y \$ 3.500.000.000 (US\$ 6.600.000) en la Zona Precordillera Centro Sur.
- También a modo orientativo se determinó que el monto aproximado de inversión en diseño e implementación de sistemas de regadío es de unos \$ 26.610.000.000 (US\$ 50.205.000) en la Zona Valle Regado Centro, mientras que en Precordillera Centro Sur es de alrededor de \$ 8.150.000.000 (US\$ 15.370.000).

### **Objetivo Especifico 3**

***Proponer políticas de apoyo a la adopción de alternativas técnicas sostenibles de adaptación al Cambio Climático del sector SAP, considerando limitaciones y/o restricciones de la AFC, basado en reorientación y/o focalización eventual de instrumentos existentes.***

### **Institucionalidad y políticas**

- La actual institucionalidad para abordar los desafíos que implica el CC sería insuficiente. No obstante los esfuerzos no deben focalizarse en redefiniciones conceptuales de los documentos e instancias consultivas o técnicas existentes, sino en los siguientes temas relevantes: Potenciar la eficacia de la coordinación de organismos y acciones, dotar de coherencia nacional a las decisiones e iniciativas de los grandes sectores de la economía

nacional relacionados con CC (agricultura, forestal, industria, minería, transporte, construcción), delimitar las jerarquías y responsabilidades institucionales, evaluar y mensurar permanentemente los aspectos de financiamiento y establecer mediante D.L. financiamiento suficiente para la operatividad de instancias claves como Comisión Nacional de CC y otras.

- Para perfeccionar y dotar de mayor eficiencia y eficacia las políticas e instrumentos en términos de adaptación y mitigación del CC, es fundamental la generación permanente de mayor información técnica y normativa que retroalimente a quienes hacen o aplican política. El organismo responsable debiera ser CONAMA con la co-responsabilidad de Minagri y universidades que tengan expertise relevante el en tema.
- Para construir política se identifican algunos aspectos de contexto que debieran ser considerados. Ellos son: Implementación gradual de acciones al amparo de estrategias regionales y locales e instrumentos específicos, pero con mirada de largo plazo, pues las respuestas de orden biológico, humano y de recuperación de inversiones son de esta naturaleza frecuentemente, monitoreo de logros y fracasos de implementación de adaptaciones y mitigación. Definición de organismo responsable con respaldo financiero adecuado y permanente, adecuado apoyo técnico y transferencia tecnológica, colocar en un rol protagónico no sólo aspectos biológicos o químico/físicos del CC sino también el soporte financiero, en su más amplia expresión, para enfrentarlo eficazmente, los incentivos de orden financiero, económico, productivo, comercial, impositivo, asociativos, entre otros son fundamentales para que los agricultores tomen decisiones de adoptar medidas de adaptación. Si ellos no adoptan, no hay avance en enfrentar el CC.
- Las estrategias de aplicación de políticas y normativas actuales y por generar, dado que en definitiva su objetivo es que tengan impacto a nivel local o predial, deben ser implementadas considerando expresamente: zona agroclimática objetivo, sistema productivo dominante, tipo y características de cada productor, y asociatividad de los productores.
- No obstante lo señalado inicialmente respecto a la institucionalidad, no debe descartarse que en algún momento puedan llevarse algunas iniciativas que cambien o mejoren en aspectos trascendentes la institucionalidad nacional de CC. Ejemplo de propuestas relacionadas pueden ser:
  - Creación de una Contraloría de Medio Ambiente y CC con un status similar, o dependencia directa, de la Contraloría General de la República.
  - Creación de Tribunales Regionales (con asiento en cada capital regional) de solución de diferendos entre privados o entre privados y el Estado, relacionados con el CC.
  - Ley Orgánica Constitucional de CC que, entre otros aspectos, asegure permanencia de un financiamiento base para la operatividad del Estado en este tema.
  - Creación de una Subsecretaría de CC dependiente del Ministerio del Interior o del Ministerio Secretaría General de Gobierno.

## **Investigación, Capacitación y Educación**

- Dotar al País de una estrategia en Investigación & Desarrollo, que profundice los avances institucionales realizados, por ejemplo en la *Agenda* y el *Plan* de CC reciente. En general, los resultados buscados con la I & D debieran apuntar hacia la generación de “productos” adecuados a escalas locales, obtención de variedades con mayor grado de resistencia a déficit hídrico y condiciones extremas, evaluaciones e impactos económicos, estudios de adaptación, zonificaciones, readecuación de estadísticas y bases de datos, estratificación e identificación de productores según vulnerabilidad y otras variables de interés, homologación nacional de metodologías, entre otras.
- Profundizar estudios respecto los impactos productivo/económicos a nivel local, de agroclimas y sistemas productivos o rubros. Ello es vital respecto la pertinencia, eficiencia y eficacia de las medidas de adaptación propuestas. Adicionalmente, permitiría más y mejores niveles de adopción, focalizando eficazmente los recursos financieros y humanos públicos y privados.
- Es necesario avanzar con los productores en capacitación, educación y transferencia de conocimientos relacionados con el fenómeno del CC, sus efectos, impactos, medidas de mitigación y adaptación posibles, entre otras temáticas. El presente Estudio detectó claramente esa necesidad e interés explícito en agricultores encuestados. La misma estrategia y acciones debe extenderse a técnicos y profesionales de reparticiones públicas, organizaciones privadas de asistencia técnica, comunas y otros entes relacionados.
- Introducir progresivamente en las mallas curriculares de las carreras técnicas y profesionales, no solamente relacionadas con el agro, temáticas del CC, incluyendo temas de institucionalidad, política Chilena, instrumentos, adaptación, mitigación, adopción, entre otros.
- Profundizar, durante las capacitaciones de manejo técnico “normales”, aplicaciones técnicas y/o uso de tecnología inherente a medidas de adaptación y mitigación de CC. Readecuar objetivos y recursos existentes en este aspecto específico.

## **Instrumentos de Apoyo y Fomento**

- La totalidad de instrumentos de fomento actuales tuvieron su génesis por motivos distintos al CC, ello no implica que no sean pertinentes para apoyar medidas de adaptación o disminución de la vulnerabilidad a aquel.
- Algunas áreas que actualmente abordan diversos instrumentos son factibles de adecuar a propósito del CC, pudiendo señalarse las siguientes: que promueven las adaptaciones de carácter “autónomo”, que incrementan la bioseguridad, que fomentan el manejo integrado de recursos hídricos y suelo, la captura, distribución y uso del agua a nivel predial, que apoyan iniciativas de infraestructura *ad hoc* (Ej.- sombreado en frutales, invernaderos climatizados, entre otros).
- Fortalecer a nivel comunal: la actual y exitosa construcción de una Red de Información Meteorológica, instrumentos o adecuación de los existentes para financiamiento de infraestructura de capacidad media en regulación de cauces de ríos, tranques de acumulación nocturna y revestimiento de canales de regadío, la facilitación de acciones

asociativas a propósito del cambio climático, y capacitación en identificación, elaboración y propuesta de proyectos asociativos para optar a recursos de instrumentos que apoyen la adaptación al CC.

- Tal como en la aplicación de estrategias y políticas, los instrumentos de fomento deben, también, ser implementados considerando expresamente: zona Agroclimática Objetivo, sistema productivo dominante, tipo y características de cada productor, y asociatividad de los productores.
- Respecto los instrumentos de fomento actualmente en ejecución por parte de diversas organizaciones públicas, estudiados en el presente trabajo, se proponen algunos de ellos que se consideran de ALTA pertinencia con el tema de la adaptación al CC, y que pudieran ajustarse, flexibilizarse o adecuarse a propósito de ello:
  - Sistema de Incentivo a la forestación y manejo sustentable de los Bosques/Decreto Ley 701: CONAF
  - Sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados (SIRSD): SAG e INDAP
  - Ley 18450 Fomento y Reparación Obras de Riego: CNR
  - Bono legal de aguas: INDAP
  - Programa de estudio de riego y drenaje: INDAP
  - Programa de riego asociativo para pequeños productores agrícolas: INDAP
  - Fondo de protección ambiental (FPA): CONAMA
- Del mismo modo a lo anterior se señalan aquellos instrumentos que se consideran de pertinencia MEDIA con el tema de adaptación al CC:
  - Proyecto conservación y manejo sustentable del bosque nativo (CMSBN): CONAF
  - Subvención a la prima del seguro agrícola: CORFO
  - Consorcios tecnológicos desarrollo: CORFO

#### **Objetivo Especifico 4**

***Proponer alternativas tecnológicas de BPA que contribuyan a la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero GEI, mitigación de impactos ambientales, e incremento de productividad y rentabilidad en el mediano y largo plazo.***

Existen medidas de mitigación que, contrariamente a lo que parece, en numerosas ocasiones son relativamente factibles de adoptar a nivel predial denominadas de aplicación directa. Otras medidas son de perspectiva, análisis, decisión e implementación de mediano a largo plazo.

#### **Aplicación Directa o Corto Plazo**

##### **Cultivos Anuales**

- Disminuir o evitar quema de rastrojos
- Evaluar y mejorar uso eficiente de fertilizantes tradicionales y orgánicos
- Conservación y recuperación de suelos
- Uso eficiente de la maquinaria
- Tratamientos de aguas (servidas o residuales)
- Manejo adecuado de residuos agropecuarios

### **Frutales**

- Disminuir o evitar quema de rastrojos
- Evaluar y mejorar uso eficiente de fertilizantes tradicionales y compost
- Conservación y recuperación de suelos
- Uso eficiente de maquinaria
- Uso eficiente de energía
- Tratamientos de sólidos y líquidos (servidas o residuales)

### **Plantaciones Forestales**

- Disminuir o evitar quema de rastrojos
- Manejo adecuado de residuos o desechos vegetales
- Evaluar y mejorar uso eficiente de fertilizantes tradicionales y otros
- Conservación y recuperación de suelos
- Uso eficiente de maquinaria

### **Ganadería Bovina y Praderas**

- Adecuado manejo y empleo de purines y guano
- Manejo y disposición de residuos
- Manejo de emisiones atmosféricas
- Recolección, disposición y aplicación de residuos de planteles bovinos
- Manejo aguas sucias
- Disminuir o evitar quema de rastrojos
- Evaluar y mejorar uso eficiente de fertilizantes tradicionales
- Conservación y recuperación de suelos
- Uso eficiente de maquinaria

### **Aplicación de Mediano a Largo Plazo**

- Generar un área de trabajo, materializada en un Programa “tipo” PRSD, destinada a evaluar la huella de carbono en sistemas de producción, identificar procesos que favorecen la emisión de GEI y establecer micro programas prediales conducentes a dar soluciones para disminuir los GEI.
- Establecer formalmente mecanismos de relación entre programas como el propuesto e instrumentos de fomento actuales, para a los productores un plus (puntaje adicional, cuotas de asignación de recursos preferente, etc.) para optar a recursos preferenciales para mitigación.
- Implementar programas de investigación, con una estrategia de financiamiento asociada, conducente al estudio técnico y práctico y de beneficio/costo del uso de residuos agrícolas y lodos de diferentes orígenes.
- Apoyar o potenciar la adopción de tecnologías modernas como la agricultura de precisión favoreciendo trabajos relacionados con ahorro y eficiencia de fertilizantes y la investigación básica y adaptativa en nuevas alternativas de fertilizantes, como los biofertilizantes y nanofertilizantes.
- Investigación y diseño de nueva tecnología alimenticias del ganado bovino, integrando capacidades institucionales complementarias.

- Planes de entrenamiento para profesionales, técnicos, autoridades locales de nivel medio, productores y estudiantes para enfrentar los desafíos del CC.

### **Objetivo Especifico 5**

#### ***Generar información cartográfica (SIG) complementaria para expresar espacialmente resultados relevantes relacionados con agricultores de las zonas agroclimáticas***

#### **Comentario**

Fue factible aplicar a información relevante preferentemente de orden productivo de todos los rubros de interés, de las dos zonas agroclimáticas estudiadas, y los escenarios A2 2020 y A2 2040, técnicas computacionales de ordenamiento espacial.

Como se ha señalado anteriormente el propósito, cumplido, fue integrar información capturada que dice relación directa con el CC, por ejemplo cambios en productividad simulada, con las metodologías y herramientas computacionales de última generación que permiten especializar esta información y dar una condición dinámica de los mismo, en este caso en tiempo (por los dos escenarios futuros) y espacio (por las zonas agroclimáticas).

Esta visualización cartográfica puede ser una herramienta poderosa para tener una mayor perspectiva y profundidad de los fenómenos que pueden producirse con el CC, así como incorporar bases de datos con este material a las reparticiones, organismos y profesionales que abordan temas de planificación, y focalización de recursos futuros. Otra área potente que puede beneficiarse dice relación con la descripción de impactos a diferente escala espacial, con la localización o concentración geográfica de diversa variable o características como vulnerabilidad, aversión al riesgo, niveles de ingreso, niveles de educación y capacitación, entre otros.

Cabe mencionar que se generó importante material cartográfico relacionado con la distribución espacial de la productividad de los rubros de interés en los dos escenarios futuros y para cada una de las zonas agroclimáticas. Esto constituye un aporte complementario del presente Estudio.