



Centro de Cambio Global

Pontificia Universidad Católica de Chile



Centro UC
Cambio Global

Costeo de las medidas de adaptación en el sector silvoagropecuario de Chile

Dr. Francisco J Meza

Centro de Cambio Global UC

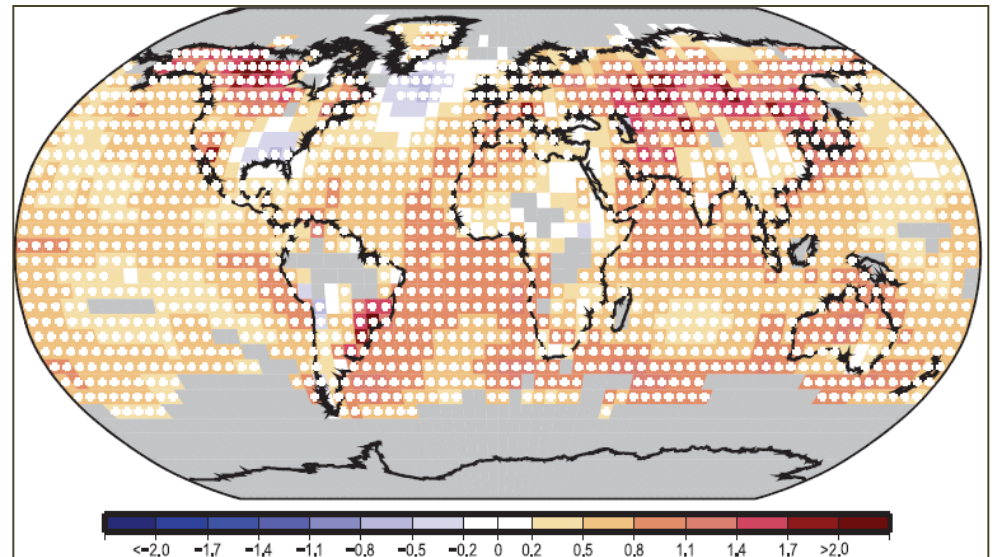
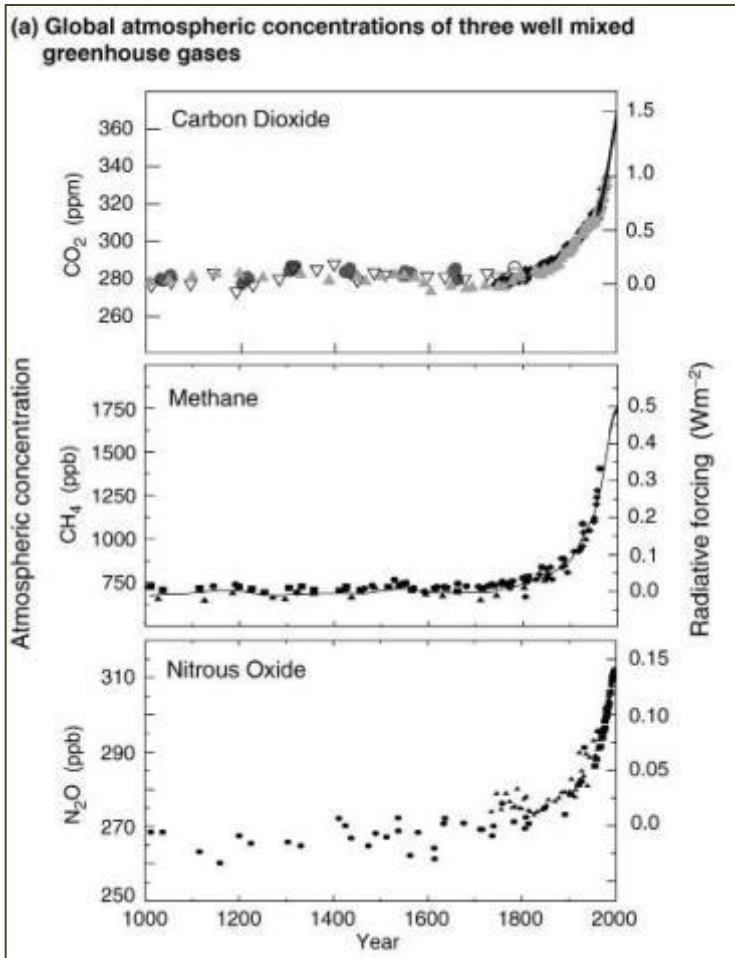
Contenidos

- Introducción
- Objetivo del Estudio
- Síntesis de Impactos en el Sector Agrícola
- Análisis de Medidas Contenidas en Plan de Adaptación
- Metodología propuesta
- Resultados
- Conclusiones

Aumento de Gases de Efecto Invernadero



Impactos en el Clima

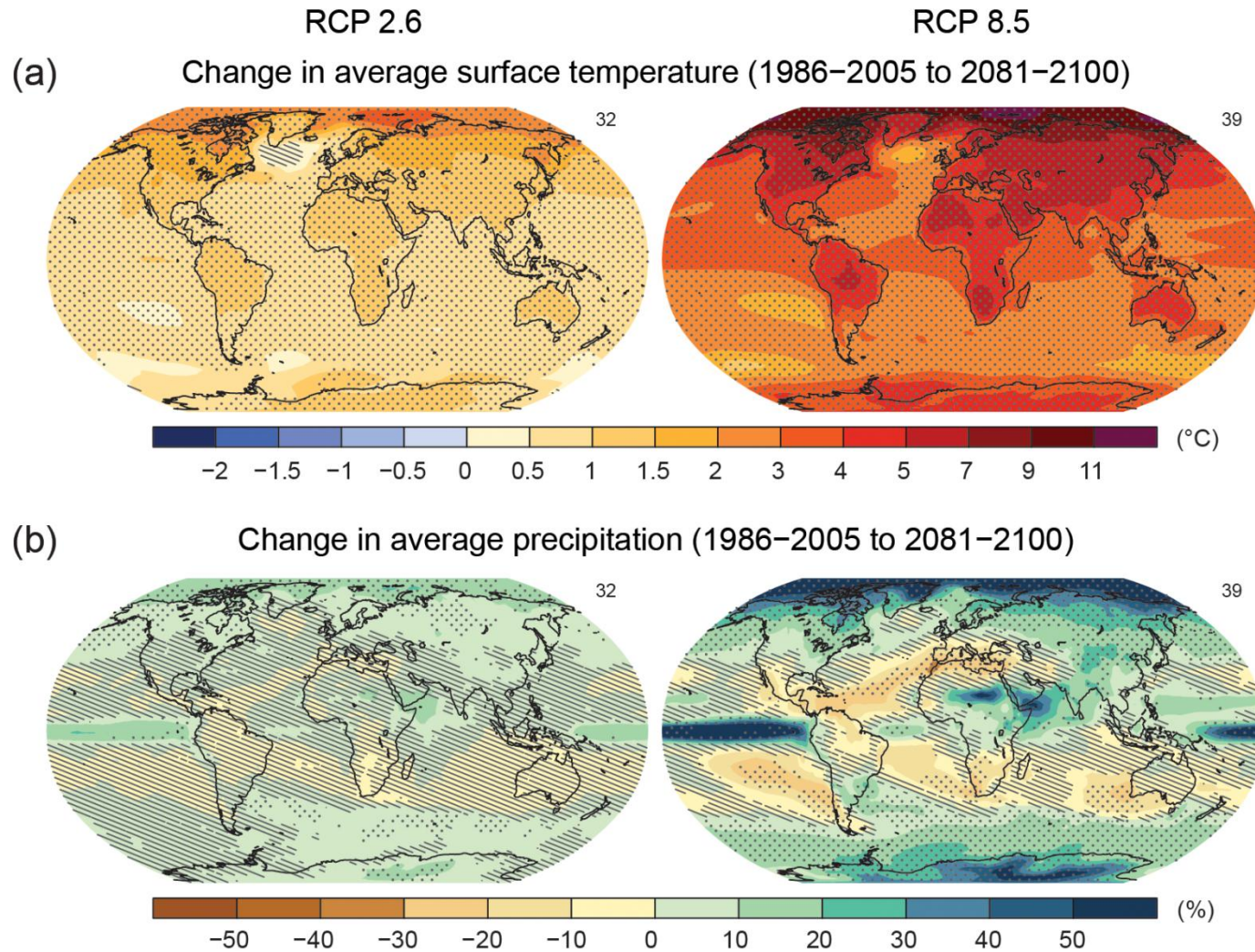


Cortesía de Andrew Jarvis, CIAT

INTRODUCCION

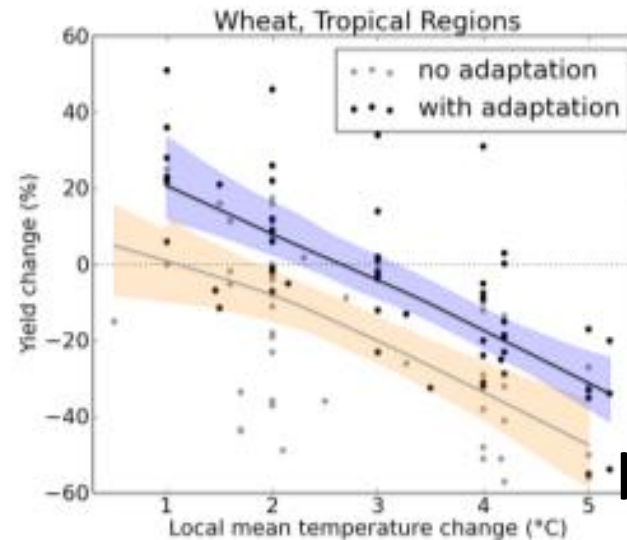
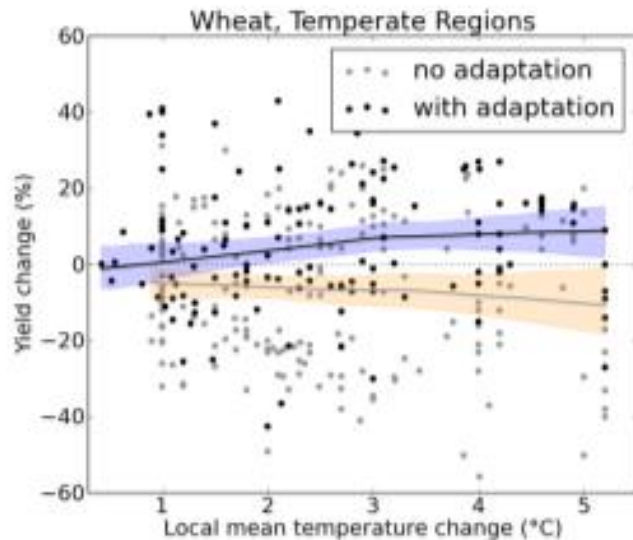
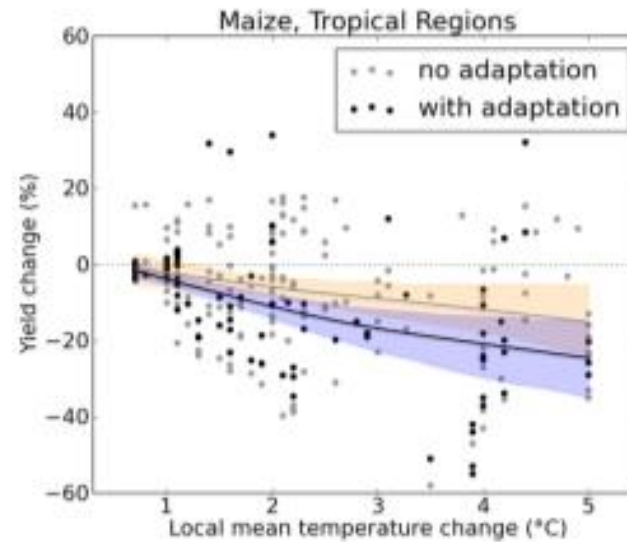
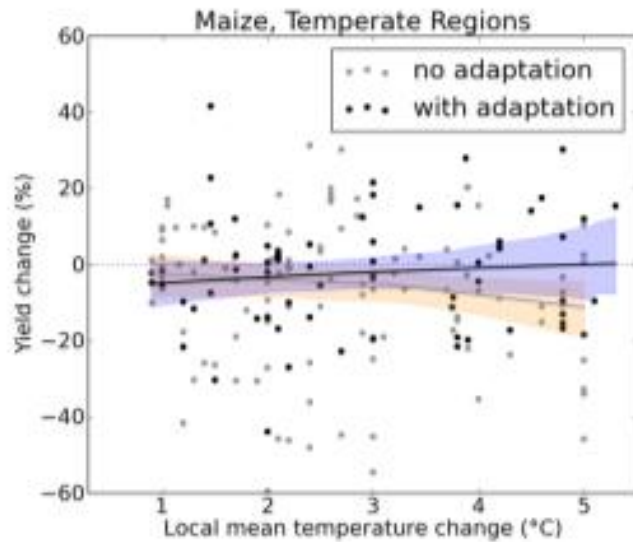
Figure SPM.8a,b

Maps of CMIP5 multi-model mean results

**INTRODUCCION**

Impactos en los principales Cultivos

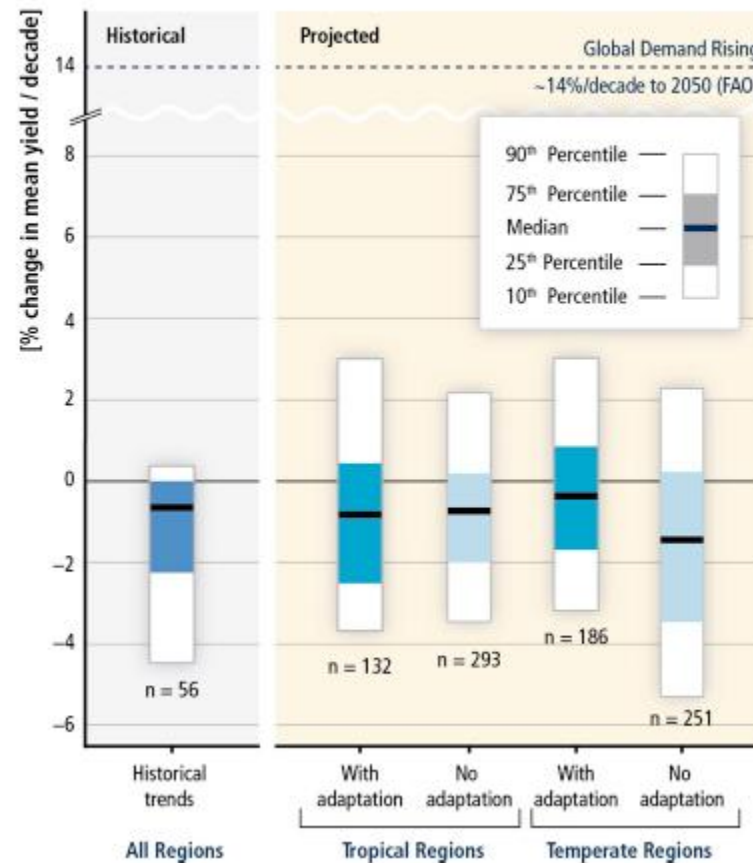
INTRODUCCION



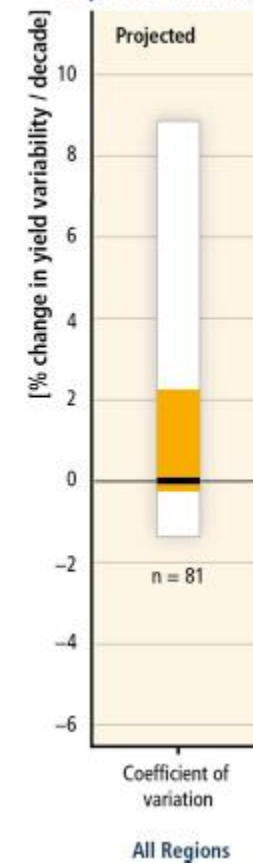
INTRODUCCION

Análisis de Impactos

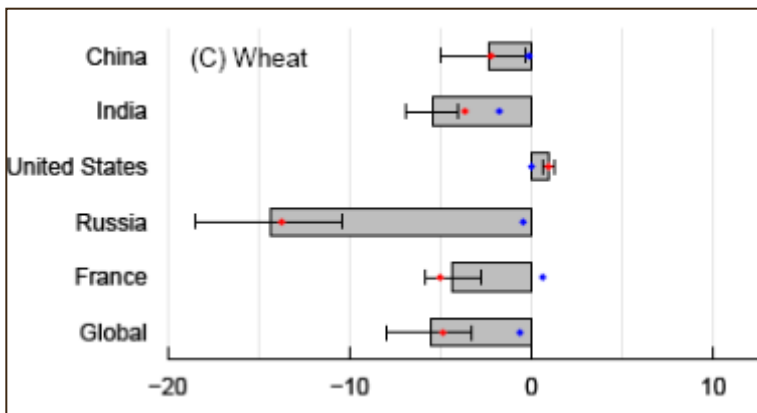
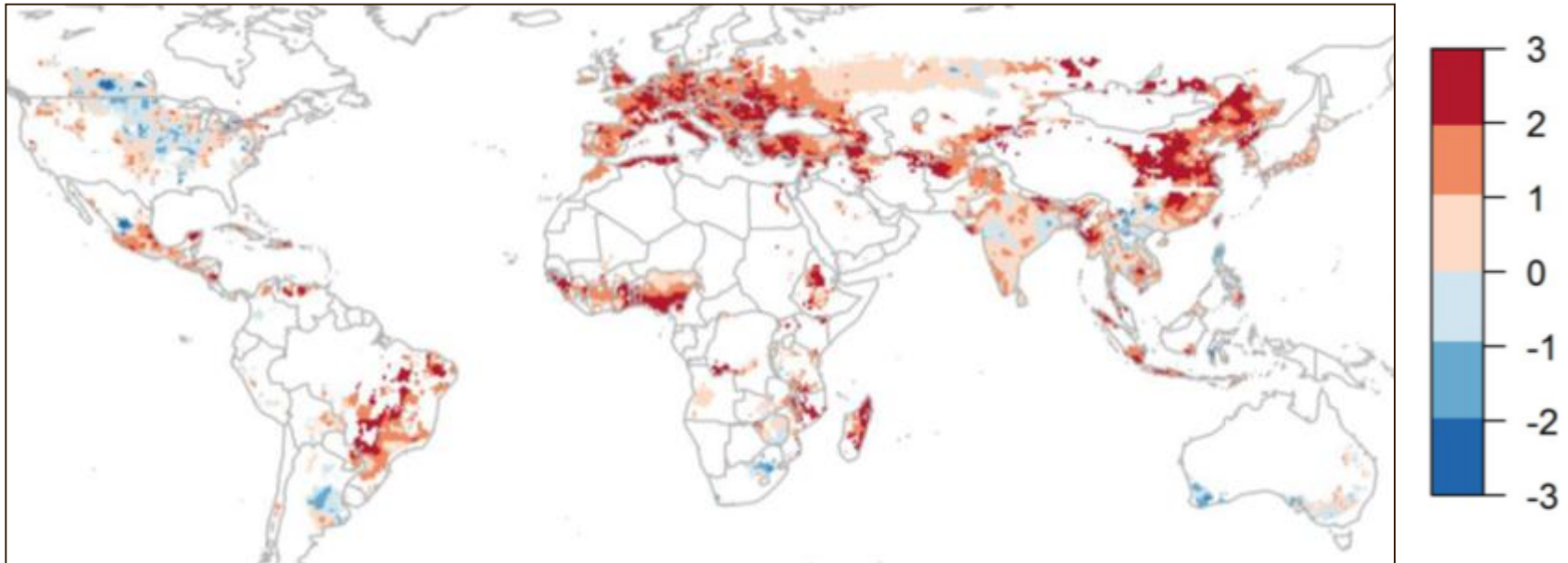
(a) Impact of Climate Trend on Mean Crop Yield



(b) Impact on Year-to-year Crop Yield Variability



Impactos en seguridad alimentaria



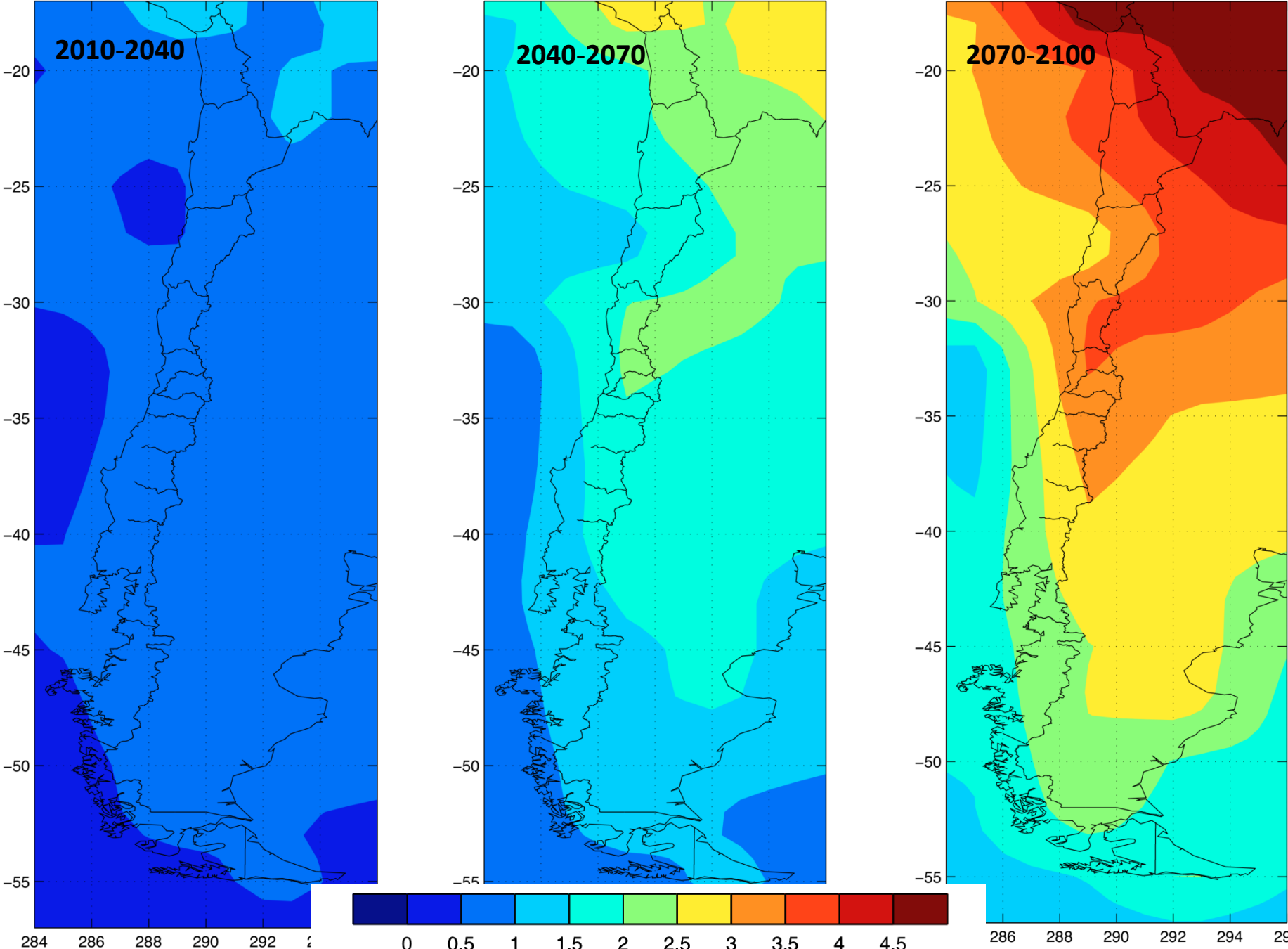
Observed changes in growing season temperature for crop growing regions, 1980-2008.

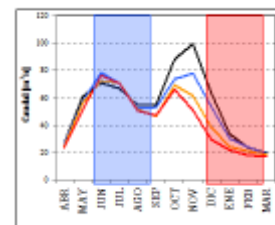
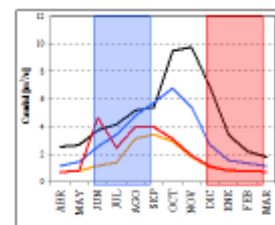
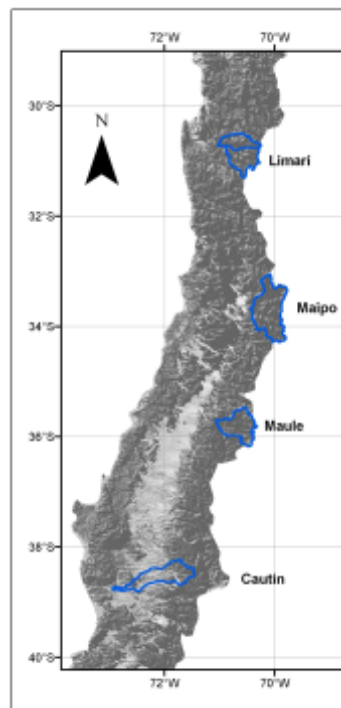
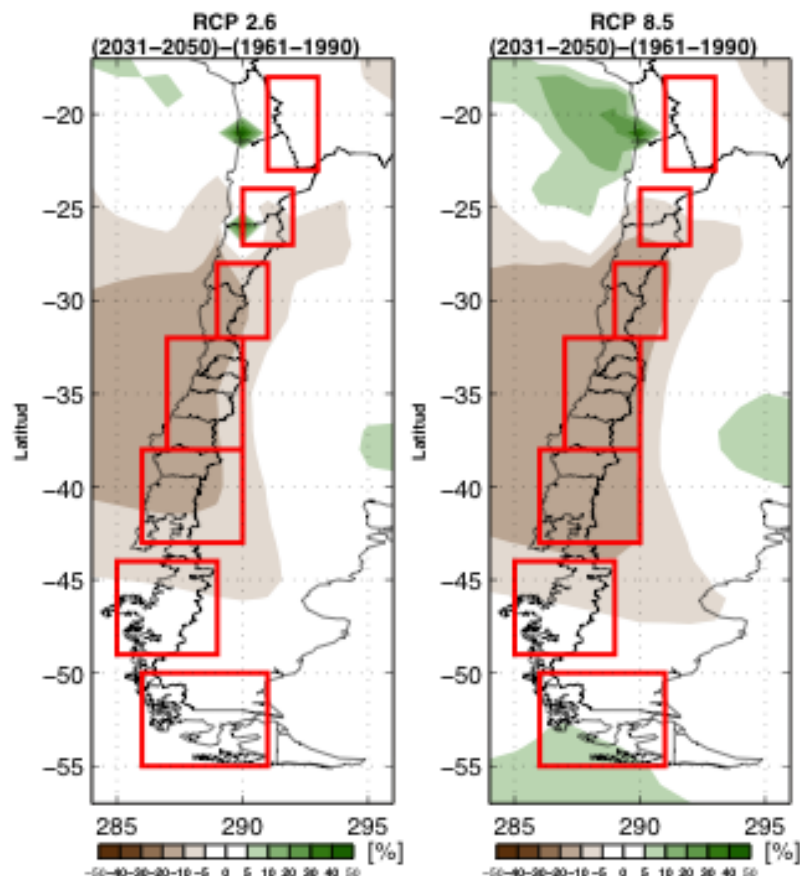
Lobell et al (2011)

% Yield impact for wheat

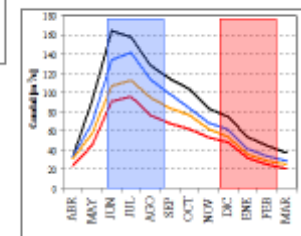
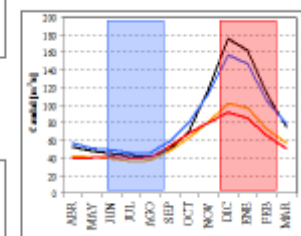
Cortesía de Andrew Jarvis, CIAT

Proyecciones temperatura – HadCM3



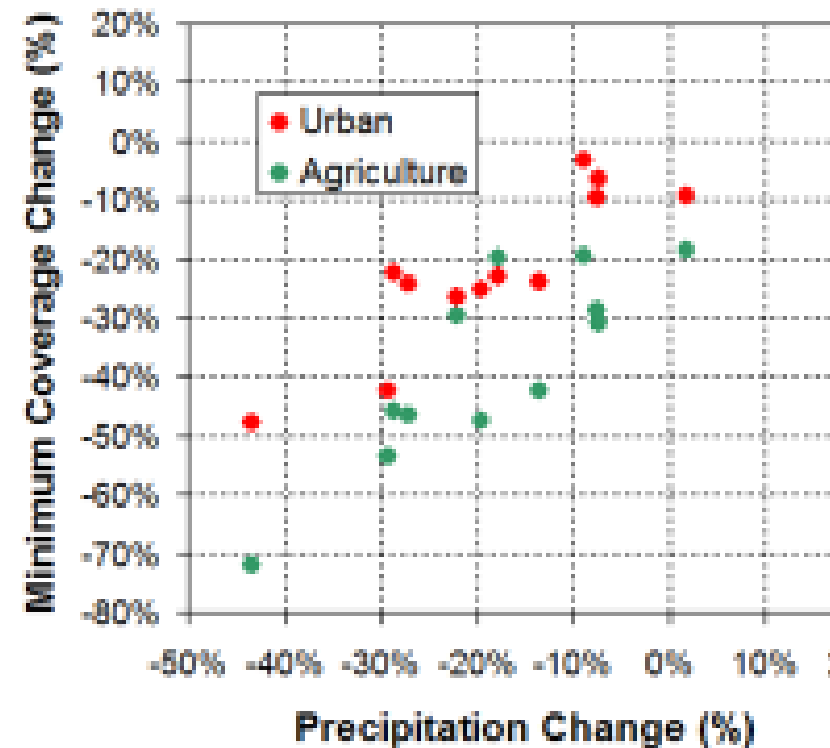
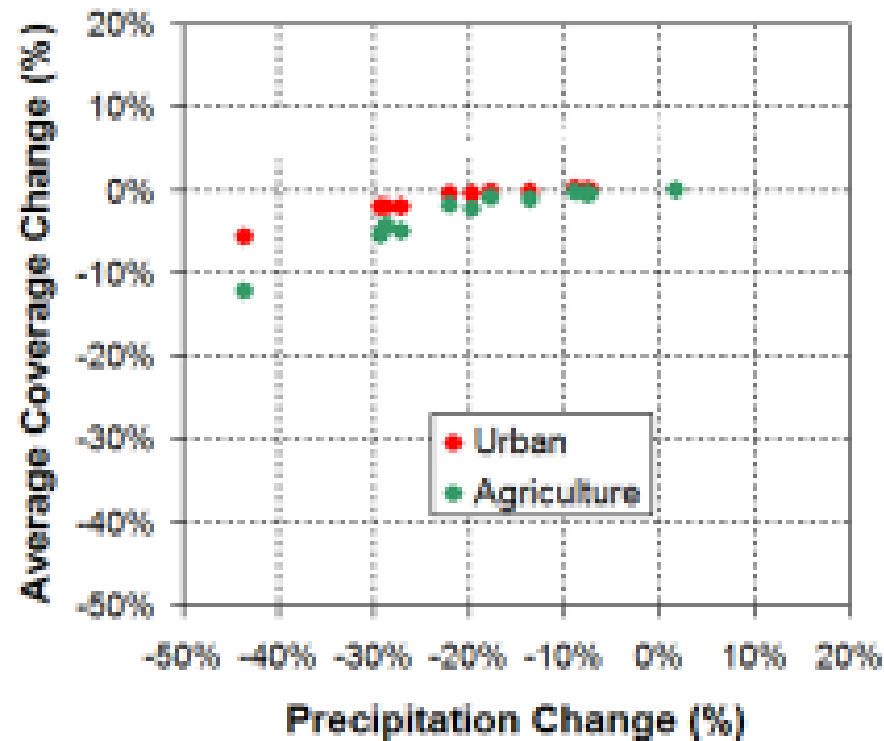


Linea Base 2011 - 2040
2041 - 2070 2071 - 2099



Demand cover

Meza et al., 2014



Objetivo

- Realizar una evaluación de las medidas de adaptación propuestas en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario en Chile, según escenarios considerados, y categorizarlas de manera de definir el camino a seguir para cada medida en términos del proceso de evaluación de costos.

Síntesis de Análisis de Impactos en Chile

Ejemplos de Impactos en el Sector Agrícola

CULTIVO / RECURSO	IMPACTOS
<i>Trigo</i>	RIEGO: Reducción de rendimientos en zonas precordilleranas y costeras, teniendo un rendimiento similar al valle central. SECANO: • Reducción rendimientos norte y centro, debido a la mayor incidencia de sequías. En costa y valle central de la zona central, disminuciones del orden de 10 a 20% • A partir de la precordillera de la Región del Biobío hacia el sur, en todas las zonas, se observa un aumento gradual en los rendimientos del orden del 30%, llegando a un 100% en algunos sectores de la precordillera de las regiones de Los Ríos y Los Lagos.
<i>Maíz</i>	RIEGO: • Desde la Región de Coquimbo hasta la del Biobío, se espera una disminución en los rendimientos en todo el valle central en un rango que varía entre 10% y 20%. • En la costa y precordillera se proyecta un aumento en los rendimientos de hasta un 50%. • En la zona sur, a partir de la Región de la Araucanía, los rendimientos aumentarían hasta situarse en una franja de 60% a 200% de incremento. SECANO: Los rendimientos continuarían siendo marginales, alcanzando potenciales de producción inferiores a cuatro toneladas por hectárea

Síntesis de Análisis de Impactos en Chile

Ejemplos de Impactos en el Sector Agrícola

CULTIVO / RECURSO	IMPACTOS
<i>Frejol</i>	RIEGO: - Los rendimientos se mantienen para toda la zona norte, centro y centro-sur. Desde la Región de la Araucanía hacia el sur la productividad aumentaría entre un 10% y 20%, llegando hasta 100% en la Región de Los Lagos. - En general, los rendimientos tienden a mantenerse muy homogéneos en toda la zona central y sur, en torno a las 4,5 toneladas por hectárea al año SECANO: - En general se mantienen los bajos rendimientos en seco. No obstante, se esperan aumentos en la costa de la zona centro-sur y desde la Región de Los Ríos hasta la de Aysén. Estos aumentos serían en torno a un 100%. En la zona central se mantendrían las fechas de siembra. En algunas localidades de la costa y precordillera de la zona sur cambiarían de octubre a septiembre.
<i>Remolacha</i>	RIEGO: - En el valle central, entre las regiones de Valparaíso y del Maule, se producirían aumentos en los rendimientos de hasta un 50% en algunas comunas. - En la costa y precordillera se reducirían los rendimientos, asemejándose a la productividad del valle central. - Desde la Región de la Araucanía al sur, el aumento de las temperaturas invernales incrementaría el potencial productivo. SECANO: - En el escenario climático actual, la remolacha encuentra mejores condiciones de producción en las zonas costeras, alcanzando rendimientos de hasta 40 toneladas por hectárea. - En la costa entre las regiones del Maule y de la Araucanía, se esperan disminuciones en los rendimientos de hasta un 50%. - En el valle central y precordillera, se producirían aumentos en casi todas las comunas desde la Región de Valparaíso hacia el sur. - En las regiones de la Araucanía y de Los Ríos se producirían cambios en las fechas de siembra en otoño, lo que permitiría aumentar los rendimientos en la mayor parte de las comunas.



Contents lists available at ScienceDirect

Agricultural Water Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agwat



Review

Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe

Ana Iglesias^{a,*}, Luis Garrote^b

^a Department of Agricultural Economics and Social Sciences, Universidad Politécnica de Madrid, Spain

^b Department of Civil Engineering, Universidad Politécnica de Madrid, Spain

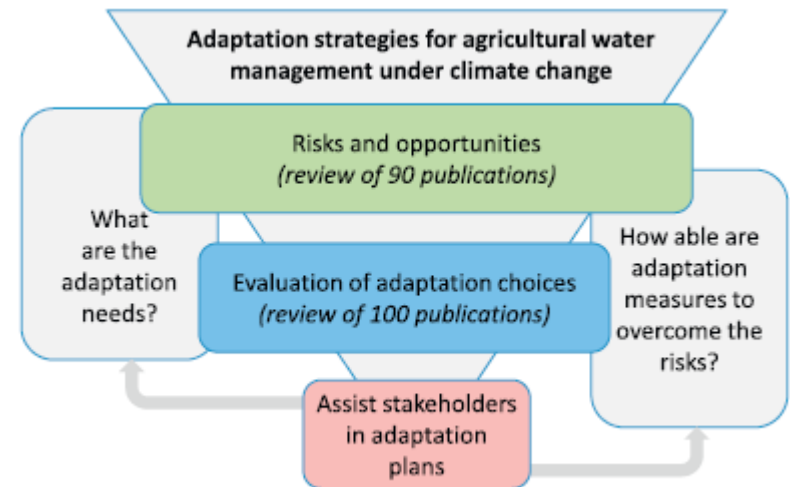


Table 1

Criteria for the evaluation of the adaptation measures.

Attributes of the adaptation measures	Evaluation	Criteria
Level	F (farm)	The scope of the action is local and the initiative is taken privately by the farmer or firm
	P (public)	The scope of the action is regional (extends to more than the single farm) and the initiative is taken by the administration
Category	AG (agronomic)	Requires efforts on research and innovation for implementation of existing knowledge or for new technological development
	MA (management)	Development of institutional and organisational skills needed to improve performance of socio-economic systems
	IN (infrastructural)	Involves construction work and development of new built physical facilities
Timescale	ST (short term)	Time estimated for an action to show an effect since its implementation begins: 0–5 years
	MT (medium term)	Time estimated for an action to show an effect since its implementation begins: 5–10 years
	LT (long term)	Time estimated for an action to show an effect since its implementation begins: more than 10 years
Technical difficulty	L (low)	Measures that are currently available at the present time to agents with no technical skill or formal training
	M (medium)	Measures that are currently available at the present time but they require significant effort to implement
	H (high)	Requires new technological or management developments not currently available in the present time, their implementation is topic of active research
Potential cost	L (low)	Can be supported by individuals or administrations and no additional financing is required, the farmer can do it with its own resources, cost of less than 5 years of production
	M (medium)	Assumed by local institutions through the standard short and medium term financing (less than 10 years) or by standard cost recovery actions (i.e., financed by implementing a canon or tax), cost to farmers between 5 and 20 years of production
	H (high)	Assumed by national or international institutions requiring long term financing (more than 10 years) from international policy or lenders

Table 5
Adaptation measures to climate change risks and opportunities.

Responding to the need of adaptation & measures	Level (1)	Category (2)	Time-scale (3)	Technical difficulty (4)	Potential cost (5)	Potential benefits (6)	Benefit to effort ratio (7)
I. Improving resiliency and adaptive capacity							
(1) Implement regional adaptation plans	P	MA	LT	H	M	H	1.15
(2) Improved monitoring and early warning	P	MA	MT	M	M	H	1.50
(3) Improve coordination planning	P	MA	ST	M	L	H	2.14
(4) Innovation and technology	P	MA	LT	H	H	H	1.00
II. Responding to changes in water availability							
(5) Innovation: water use efficiency	P	MA	MT	M	M	H	1.50
(6) Improve soil moisture retention capacity	F	T	MT	M	M	L	0.50
(7) Small-scale water reservoirs on farmland	F	I	MT	M	M	H	1.50
(8) Improve the reservoir capacity	P	I	LT	H	H	H	1.15
(9) Water reutilisation	P	I	MT	H	H	H	1.25
(10) Improve water charging and trade	P	MA	LT	H	H	H	1.00
(11) Re-negotiation of allocation agreements	P	MA	LT	H	H	H	1.00
(12) Set clear water use priorities	P	MA	LT	H	L	H	1.36
(13) Integrate water demands in conjunctive systems	P	MA	MT	M	L	M	1.25
III. Responding to floods and droughts							
(14) Create/restore wetlands	F	I	LT	H	H	M	1.00
(15) Enhance flood plain management	F	MA	MT	H	H	H	1.07
(16) Improve drainage systems	F	I	LT	M	L	M	1.11
(17) Farmers as 'custodians' of floodplains	P	MA	LT	M	H	H	1.36
(18) Hard defences	P	I	LT	H	H	H	1.15
(19) Increase rainfall interception capacity	P	I	MT	M	M	H	1.88
(20) Introduce drought resistant crops	F	MA	LT	H	M	M	0.77
(21) Insurance to floods or drought	P	MA	MT	M	H	H	1.88

Plan de Adaptación

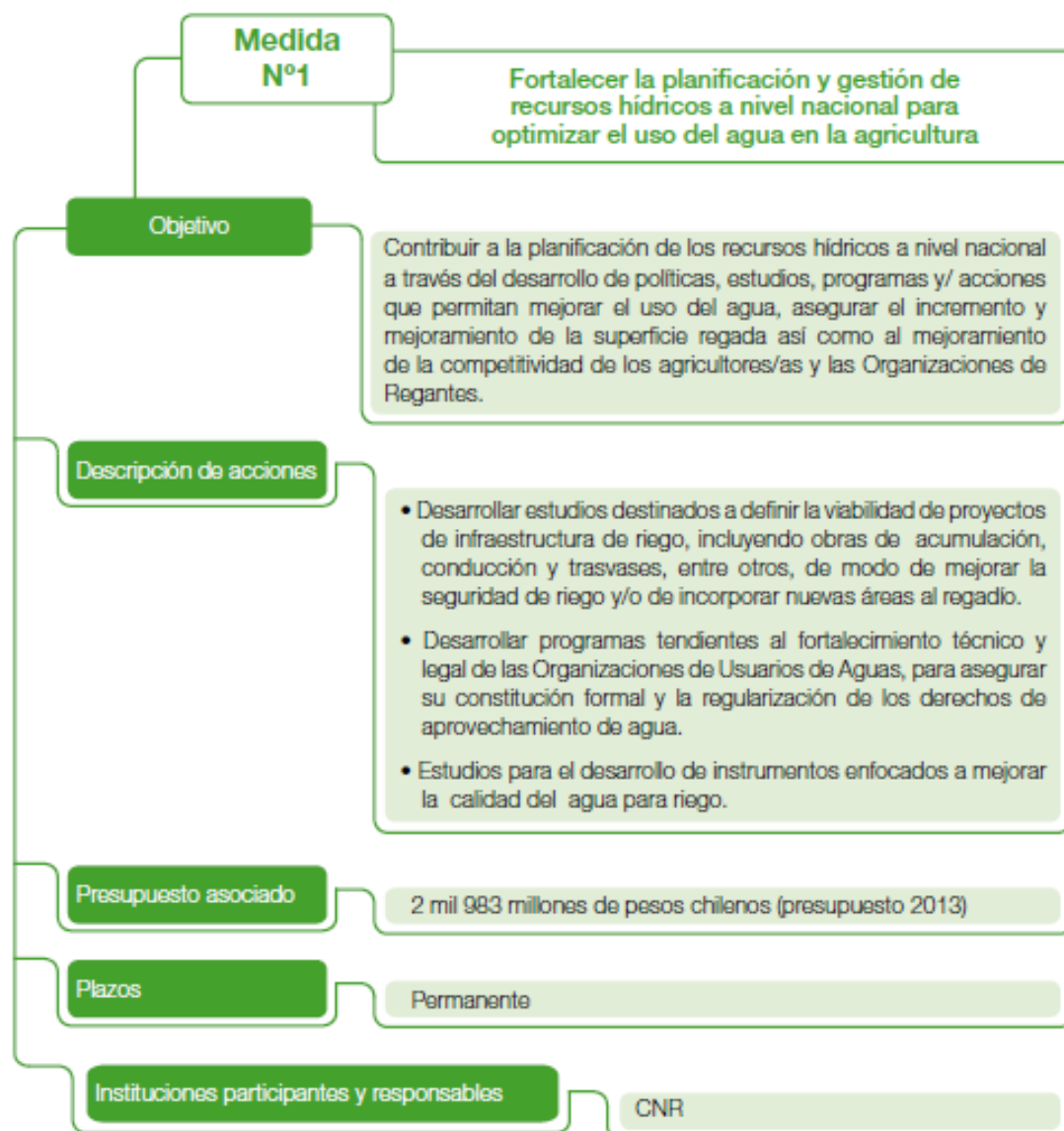
- Competitividad
- Investigación e Innovación
- Sustentabilidad
- Acceso a Mercados
- Modernización del Ministerio



Costeo del Plan

- Estudio de Flujos Financieros

FLUJOS DE INVERSIÓN (FI), FLUJOS DE FINANCIAMIENTO (FF) Y COSTOS DE OPERACIÓN-MANTENCIÓN (OYM) PARA EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO (M US\$2007)			
	Δ FF	Δ FI	Δ OyM
<i>Gobierno</i>	1.505.284	473.047	3.757
<i>Privados (empresas)</i>	0	107.971	0
<i>Hogares</i>	355.214	95.698	0
Total	1.860.498	676.717	3.757



Comentarios

- Plan de Adaptación tiene cifras asociadas (valor de implementación de medidas)
- Faltan métricas de costo efectividad
 - Cuál es el efecto de la medida sobre la adaptación
 - Cuál es la intensidad de la medida X para cerrar la brecha Y
 - No es factible desarrollar una curva similar a la de “Abatimiento”
 - Algunas medidas requieren de estudios más acabados

Medidas del Plan (Relativas a Recursos Hidricos)

MEDIDA 1: Fortalecer la planificación y gestión de recursos hídricos a nivel nacional para optimizar el uso del agua en agricultura.

- **Acción 1.1:** Desarrollar estudios destinados a definir la viabilidad de proyectos de infraestructura de riego, incluyendo obras de acumulación, conducción y trasvases, entre otros, de modo de mejorar la seguridad de riego y/o de incorporar nuevas áreas al regadío.

Medidas del Plan (Relativas a Recursos Hidricos)

MEDIDA 1: Fortalecer la planificación y gestión de recursos hídricos a nivel nacional para optimizar el uso del agua en agricultura.

- Acción 1.2 Desarrollar programas tendientes al fortalecimiento técnico y legal de las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA), para asegurar su constitución formal y la regularización de los derechos de aprovechamiento de agua.

Medidas del Plan

(Relativas a Recursos Hidricos)

- **MEDIDA 2: Establecer un programa nacional para fomentar la gestión eficiente y sustentable del agua en la agricultura de riego.**
 - **Acción 2.2:** Fomento de la inversión privada en obras de riego y drenaje a través de la bonificación de una parte de la inversión de proyectos de tecnificación de riego intrapredial y/o mejoras en los sistemas de conducción de las aguas.

Evaluación Inicial Medidas Plan

- Un número importante de las estrategias apunta en la dirección de reducir la vulnerabilidad de la agricultura frente al cambio climático, enfrentando los impactos que generaría una reducción de disponibilidad de recursos hídricos.
- Sin embargo, por la forma en que han sido formulados y, en muchos casos, por la falta de evaluaciones *ex-ante* de la efectividad de las medidas propuestas en las métricas que permitan su evaluación socioeconómica, no es posible llegar a estimaciones razonables sobre los costos.

Evaluación de Costo/Beneficio de Plan

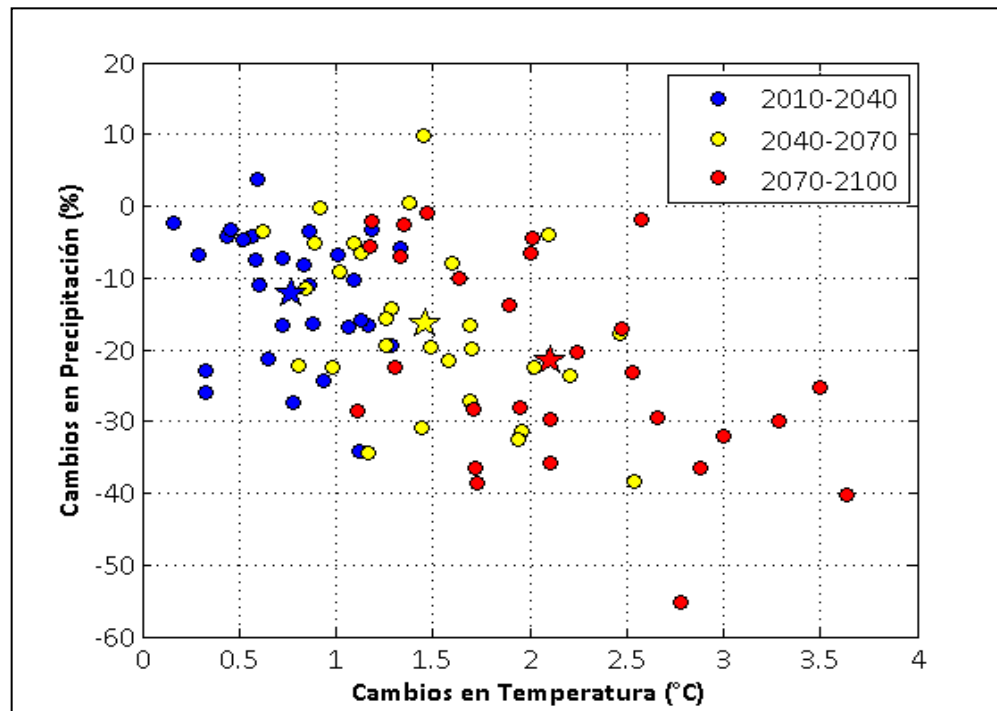
- Se requiere de una metodología que defina
 - Objetivo de Adaptación en función del escenario específico de cambio climático
 - Estime impactos de medidas de adaptación
 - Asigne Costos
 - Seleccione en función de Minimizar Costo (PRIORIZACION)

Marco Metodológico

- El análisis cuantitativo requiere de herramientas
- Modelo Hidrológico WEAP
 - Capaz de traducir cambios climáticos de distinta intensidad en cambios de disponibilidad de agua
- Modelo de Cultivos Plant Growth Model
 - Capaz de traducir restricciones de suministro de agua en pérdidas de rendimiento de los cultivos

Marco Metodológico

- A) ESCENARIOS CLIMATICOS
 - Combinación de cambios que indican niveles de severidad (+1°C -10% ; +2°C -20%; +3°C -30%; +4°C -40%)



Marco Metodológico

- B) Estimación de Demanda Actual y Futura
 - Aplicación del modelo PGM con la rutina de evapotranspiración de Penman-Monteith
- C) Traducción de escenarios de cambio climático en escenarios de brecha en disponibilidad de agua.
- C) Modelación de Impactos y Costos de No Adaptación
- D) Estimación de Costos e Impactos Residuales de Medidas de Adaptación

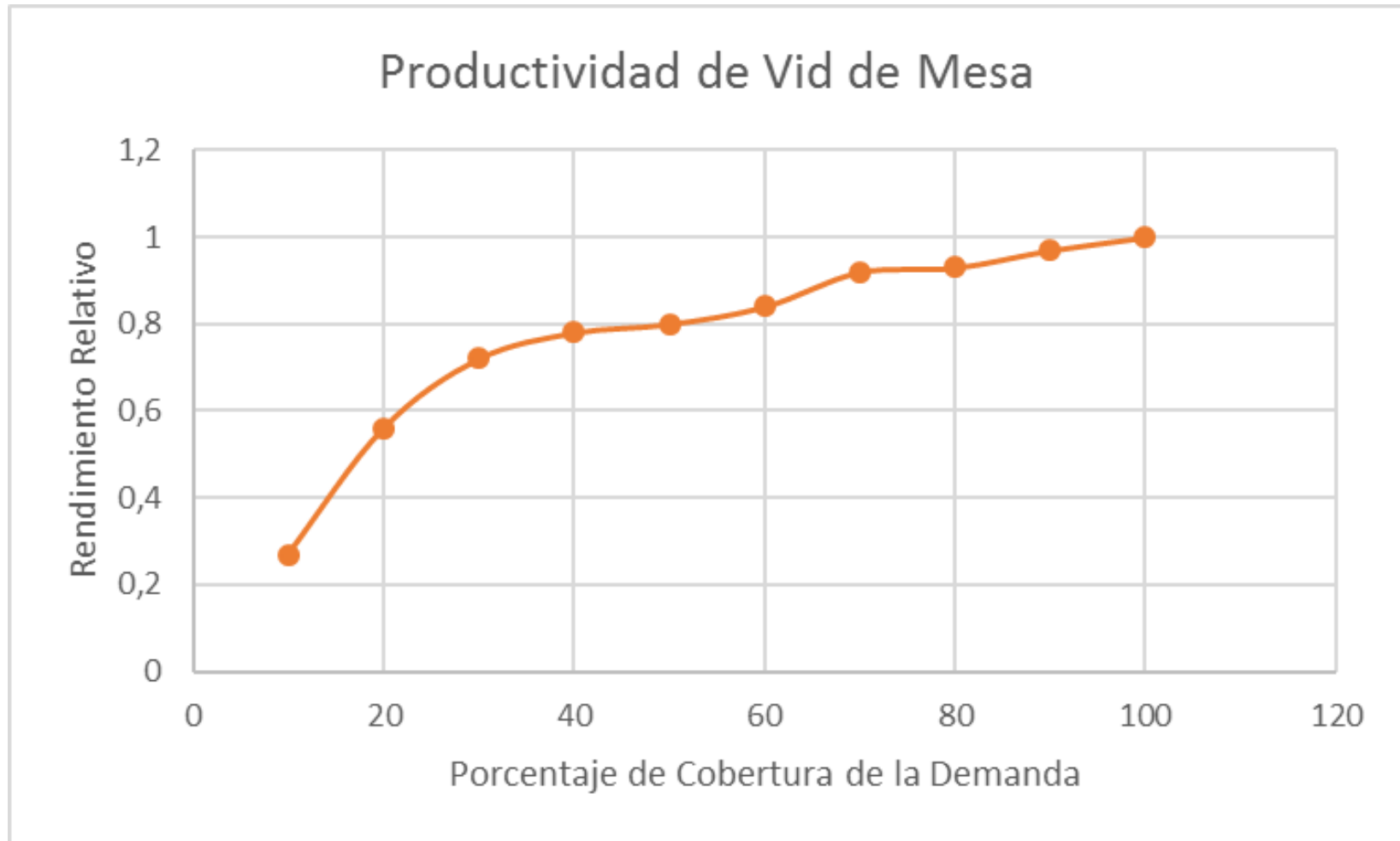
Marco Metodológico

- B) Estimación de Demanda Actual y Futura
 - Aplicación del modelo PGM con la rutina de evapotranspiración de Penman-Monteith
- C) Traducción de escenarios de cambio climático en escenarios de brecha en disponibilidad de agua.

Marco Metodológico

- D) Clasificación de Medidas
 - a) Gestión y Eficiencia: Aumentan la efectividad del sistema actual (No hay cambios en el tipo de riego) llevándolo de su valor mínimo teórico a su máximo teórico
 - b) Cambios en el sistema de riego: Evalúa la introducción de sistemas de riego más eficientes (Según el tipo de cultivos) tal que se cierre la brecha. Para ello se desarrolla un pequeño sistema de optimización Minimización del costo de asignar superficie con sistema de riego más eficiente sujeto a cubrir la brecha
 - c) Invertir en pequeños embalses intraprediales. Proyectos de mayor envergadura requieren de análisis técnicos más completos y no gozan de aceptación social

Marco Metodológico



de

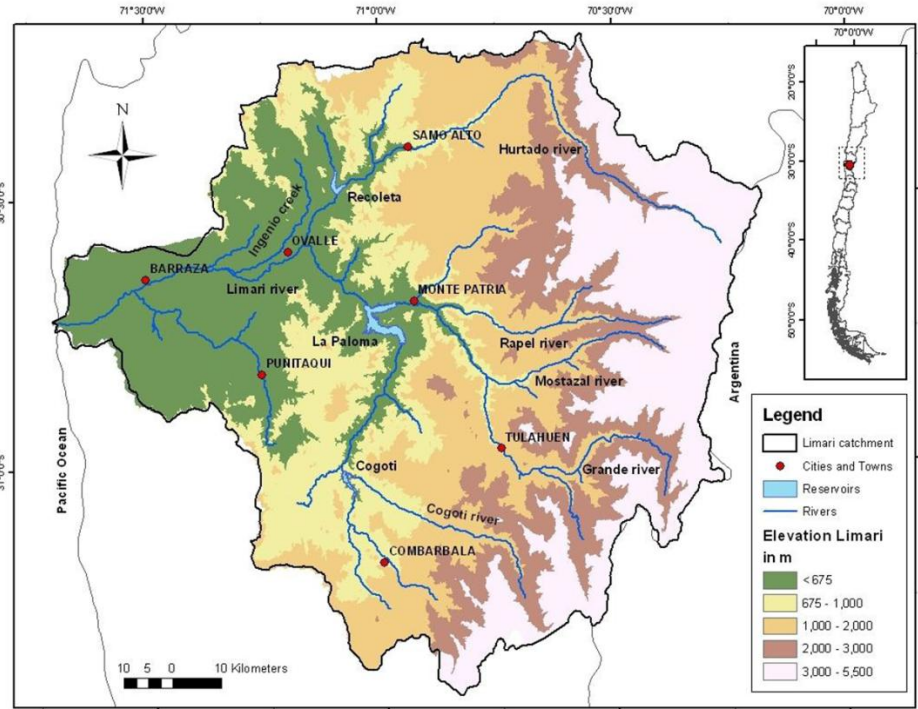
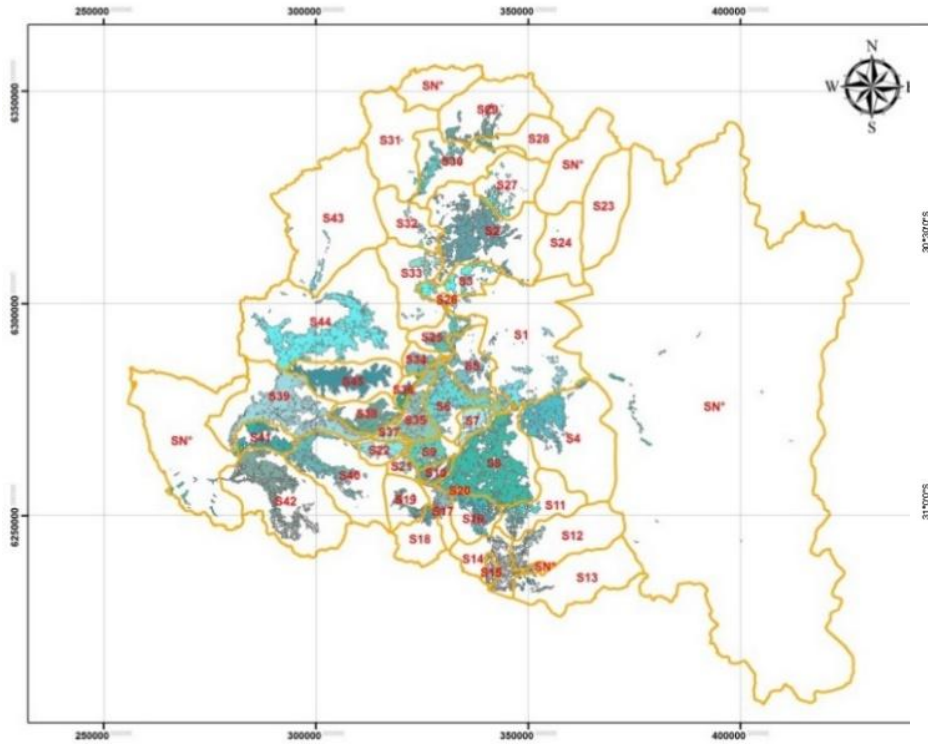
Marco Metodológico

- F) Obtener la función de costos
 - Simular rendimiento actual y futuro con y sin medidas de adaptación
 - No adaptación: Pérdida de productividad (Límite corresponde al valor del margen entre ingresos y costos de producción)
 - Adaptación: Corresponde al costo de inversión y de operación más el costo residual de pérdida de productividad
 - Selección de mejor medida; Minimización de costos

Supuestos

- Los esfuerzos de reducción de demanda deben ser hechos para mantener la proporcionalidad de impactos aguas arriba y aguas abajo
- Aumentos de eficiencia que impliquen mejorar disponibilidad de agua no se usan en nuevos proyectos (Incorporación de mayor superficie)

Estudios de Caso



Estudio de Caso

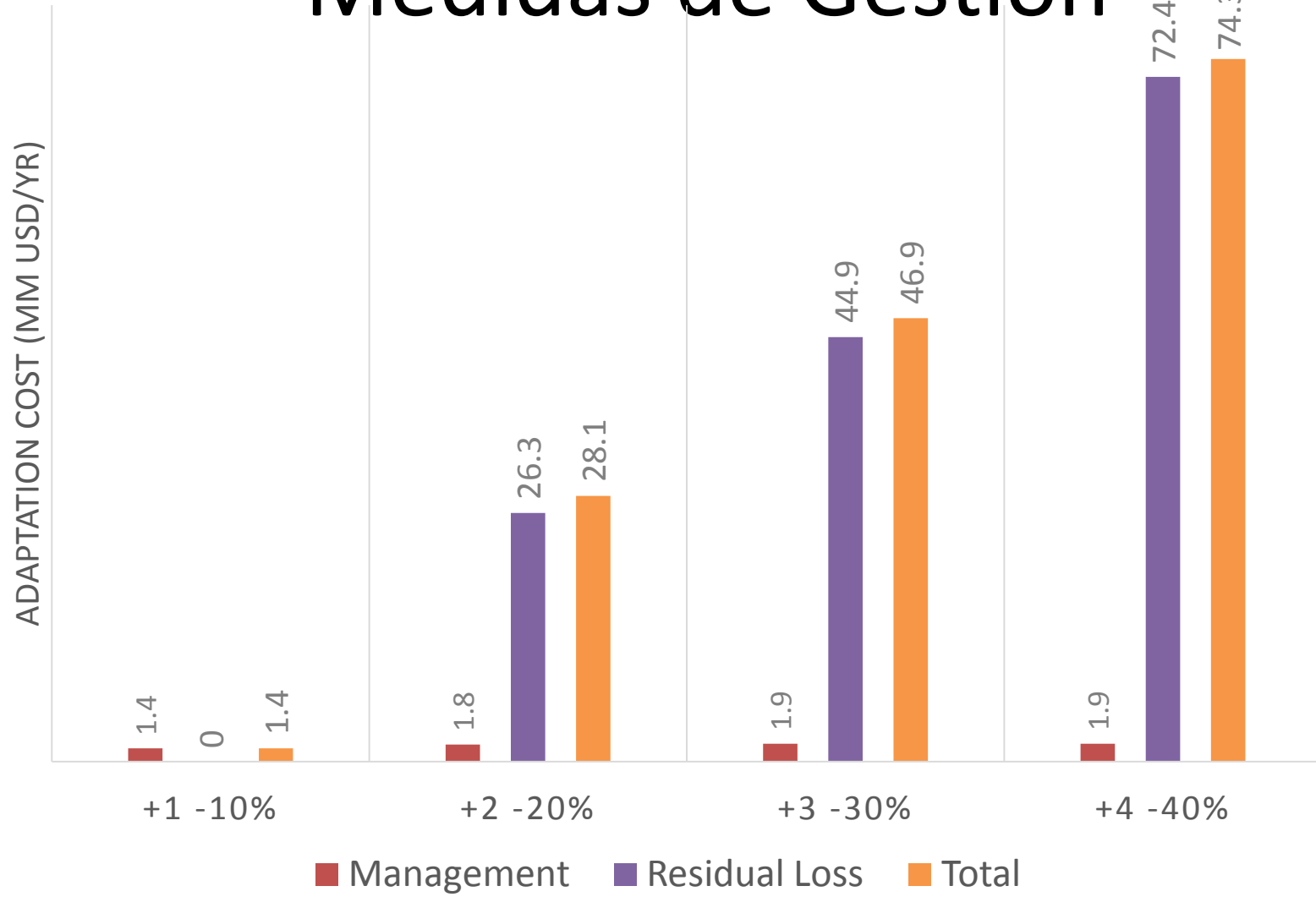
- Primera Sección del Maipo y Valle del Limarí
- Supuesto 1: Se pretende mantener la estructura productiva actual
- Supuesto 2: Los tranques de acumulación son capaces de satisfacer la demanda puesto que la estacionalidad permite acumulación de agua en períodos de baja (supuesto optimista)
- Infraestructura se deprecia en 10 años por lo que se presentan costos anualizados

Resultados

- Costo de No Adaptación Maipo

Escenario	1	2	3	4
	(+ 1 ; -10 %)	(+ 2 ; -20 %)	(+ 3 ; -30 %)	(+ 4 ; -40 %)
Costo de No Adaptación (MM USD/año)	28,6	46,1	70,4	101,2
Costo de No Adaptación con Límite de pérdida (MM USD/ año)	28,3	44,7	65,8	87,9

Medidas de Gestión



Costos Adaptación Riego Maipo

Escenario	1	2	3	4
	(+ 1 ; -10 %)	(+ 2 ; -20 %)	(+ 3 ; -30 %)	(+ 4 ; -40 %)
Costo de Adaptación (MM USD/año)	3,1	8,2	15,1	23,7
Costo por unidad de superficie (USD/ha/año)	54,6	145,0	266,8	419,2

Costos Adaptación Tranques Maipo

Escenario	1	2	3	4
	(+ 1 ; -10 %)	(+ 2 ; -20 %)	(+ 3 ; -30 %)	(+ 4 ; -40 %)
Volumen a embalsar para suplir déficit (m3)	124,0	243,4	363,1	453,5
Costo de Adaptación (MM USD/año)	22,9	44,9	67,0	83,7
Costo por unidad de superficie (USD/ha/año)	404,0	793,3	1183,3	1478,0

Síntesis de Costos Maipo

Escenario	1	2	3	4
	(+ 1 ; -10 %)	(+ 2 ; -20 %)	(+ 3 ; -30 %)	(+ 4 ; -40 %)
No Adaptación	28,3	44,7	65,8	87,9
Alternativas Basadas en Gestión	1,4	28,1	46,9	74,3
Alternativas Basadas en Modificación de sistemas de riego	3,1	8,2	15,1	23,7
Alternativas basadas en Tranques	22,9	44,9	67,0	83,7
Mejor Opción	1,4	8,2	15,1	23,7
Daño Evitado	27,0	36,5	50,7	64,1

Síntesis de Costos Adaptación Limarí

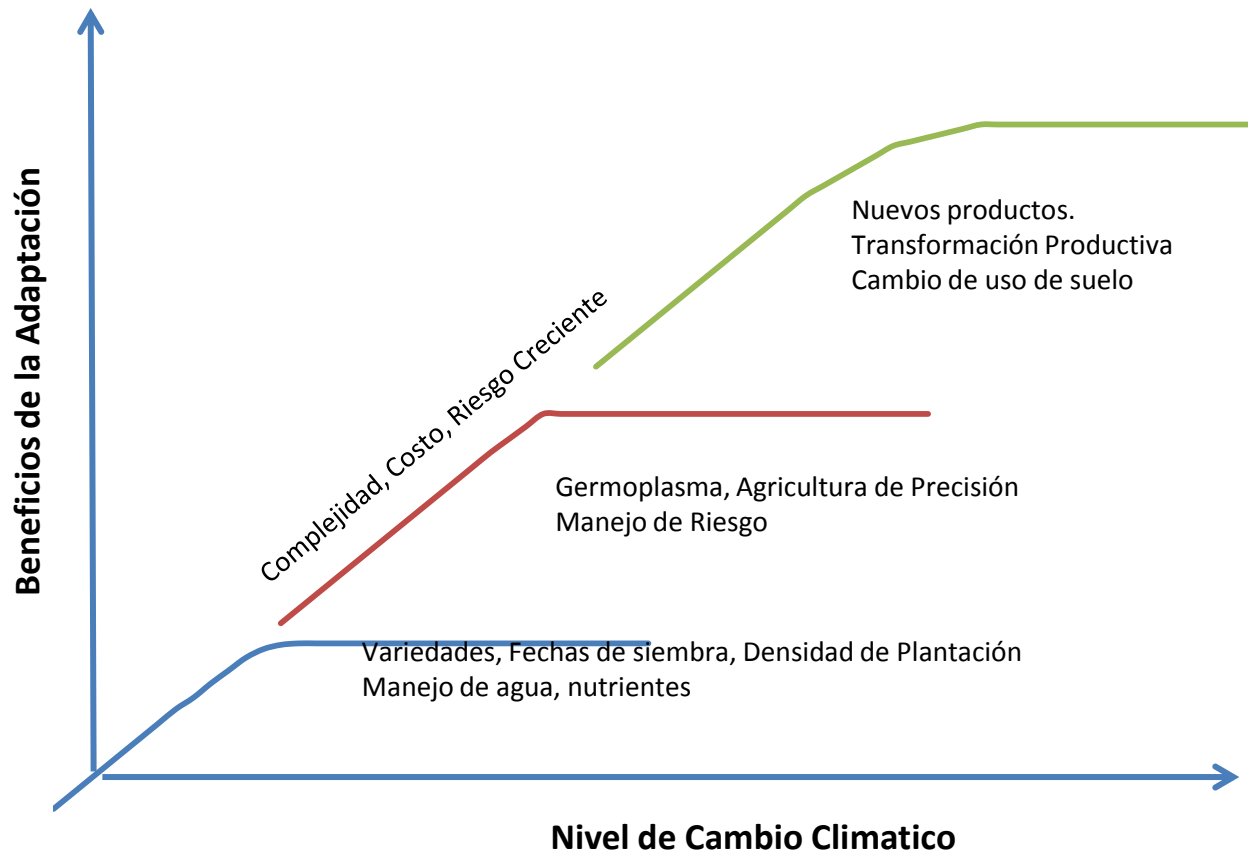
Escenario	1	2	3	4
	(+ 1 ; 10 %)	(+ 2 ; 20 %)	(+ 3 ; 30 %)	(+ 4 ; 40 %)
No Adaptación	19,7	30,9	45,7	61,3
Alternativas Basadas en Gestión	9,7	23,6	36,2	54,1
Alternativas Basadas en Modificación de sistemas de riego	3,8	8,6	14,8	23,1
Alternativas basadas en Tranques	26,5	53,1	79,7	100,1
Mejor Opción	3,8	8,6	14,8	23,1
Daño Evitado	15,9	22,2	30,9	38,1

Conclusiones

- La (adaptación de) agricultura debe tener un programa de investigación en sustentabilidad y en mejoramiento genético.
- Dependiendo de las características de cada zona, las medidas de gestión pueden ser o no costo efectivas. (Maipo vs Limarí)
- Medidas de ampliación de infraestructura para dotar de mayor oferta deben ser evaluadas en forma integral

Adaptación: Un Desafío Pendiente

- Adaptación Autónoma es usualmente reactiva
- Se focalizan en mecanismos de reestablecer la los valores tradicionales (“Coping Mechanisms”)
- Se requiere de cambios transformacionales



Adaptado de Howden (2010)

Muchas Gracias!



Centro UC
Cambio Global

Dr. Francisco Meza
fmeza@uc.cl

<http://cambioglobal.uc.cl>