



IDRC | CRDI

International Development Research Centre
Centre de recherches pour le développement international



Universidad del Desarrollo
Universidad de Excelencia



Environmental Economics
and Climate Change

***ECONOMIC EVALUATION OF CLIMATIC
CHANGE IMPACTS ON WATER
RESOURCES AT RIVER BASIN SCALE:
INSIGHTS FROM THE VERGARA RIVER
BASIN – CHILE***



F. Vásquez, R. Ponce, S. Orrego, E. Letelier, D. Bojovic, A. Stehr, D. Rivera, F. Fernández.

1. ENFOQUE GENERAL PARA ABORDAR LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMATICO

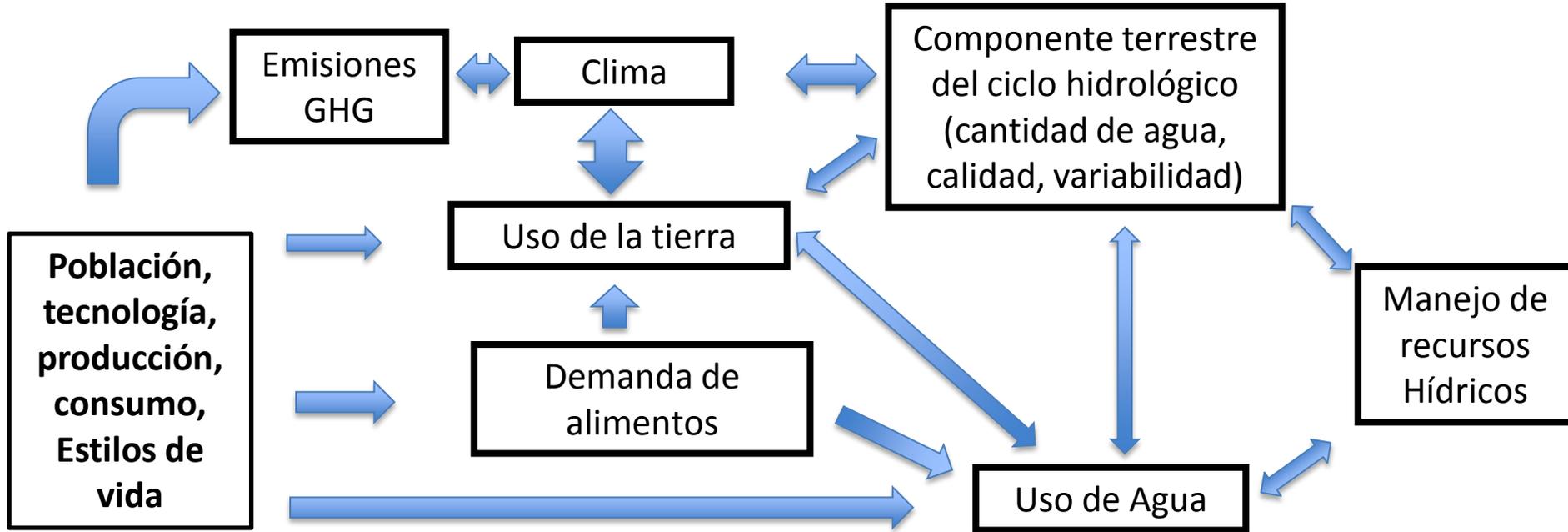


4. Cambio Climático e impactos sobre agua

4. Cambio Climático e impactos sobre agua

- Cambios en el **ciclo del agua dependen del clima e interacciones con respuestas humanas.**
 - Evapotranspiración, derretimiento de nieve y glaciares, infiltración.
 - Migración actividades intensivas en agua (deforestación, quema de biomasa, etc.).
- Esto **afecta el agua superficial y subterránea**, que pueden además afectar precipitaciones.

4.1. Desafíos por complejidad del problema



Oki (2005); IPCC (2007)

4. Cambio Climático e impactos sobre agua

- Es importante mencionar que **muchos de los cambios en recursos hídricos no se deben al cambio climático.**
- **Se requieren métodos para planificación bajo incertidumbre.**

4.1. Cambio Climático y oferta de agua

- ¿Cómo se traducen los escenarios de cambio climático en términos de oferta de agua?
- En algunos casos los cambios en **precipitaciones cuentan toda la historia**.
 - Zonas de secano donde la lluvia es la oferta de agua.
 - Se requiere saber la cantidad y la distribución temporal.
 - Importa la precipitación durante el periodo de crecimiento y la humedad en periodos de plantación.

4.1. Cambio Climático y oferta de agua

- Las cosas son más complejas cuando:
 - **Se extrae agua subterránea.**
 - ***Se extrae agua de distintos cursos de agua superficiales.***
 - Se obtiene de **embalses.**
- Todo esto requiere un modelo hidrológico.

4.1. Cambio Climático y oferta de agua

- Las temperaturas afectan tanto el volumen como la distribución espacial del agua.
 - Áreas montañosas: lluvia o nieve, si escurre o se acumula como nieve, y cuándo se derrite la nieve.
 - Afecta la cobertura del suelo, que a su vez afecta la escorrentía. (ejemplo, incendios).

4.1. Cambio Climático y oferta de agua

- Desde la perspectiva económica importa significativamente tanto la cantidad de escorrentía como el momento en que ocurre.
 - Humedad para plantaciones.
 - En áreas urbanas, los usos no intra-domiciliarios son más importante en el consumo total en el verano.
 - La acumulación es clave.

4.1. Cambio Climático y oferta de agua

- La intensidad de las precipitaciones es importante porque afecta la humedad del suelo.
- Se estima que las precipitaciones serán más intensas y menos frecuentes.
- Con el calentamiento el suelo se seca mas rápido.
- Aumentarían tanto las inundaciones como las sequías.

4.1. Cambio Climático y oferta de agua

- Mayores temperaturas en el verano aumentan la demanda de agua agrícola y residencial exacerbando los efectos de la menor oferta.

5. La Economía del Agua

5. La economía del agua

- El agua en si misma tiene costo cero (lluvia)
- El costo está asociado al costo de hacer el agua disponible en el lugar y en el tiempo adecuado, con la calidad requerida.
- Es decir, el costo del agua es fundamentalmente el costo de los insumos requeridos para cumplir con el objetivo descrito anteriormente.

5. La economía del agua

- Los **costos del CC en la oferta** entonces están asociados a:
 - **Reducciones en la cantidad de agua.**
 - **Costo adicional en la infraestructura** (almacenamiento) necesario para asegurar la oferta de agua en el lugar y tiempo requerido (con la calidad deseada).

5. La economía del agua

- ¿Cómo estimar el costo?
- Hurd et al. La escases de agua se suple solo con **transferencias desde la agricultura** a usos urbanos, no hay necesidad de nuevas fuentes de agua o nueva infraestructura. **Ignora restricciones institucionales y legales.**
- No considera incertidumbre en el conocimiento de los flujos futuros.

5. La economía del agua

- Frederick and Schwarz, asumen que la escases se resuelve **con inversiones en nuevas fuentes y reducciones en los flujos de los ríos**, sin necesidad de cortar el suministro de agua.
- No consideran cambios en el tiempo y la variabilidad en los flujos del agua debido al cambio climático.

4.1. Cambio Climático y oferta de agua

- **Calcular el impacto en la oferta de agua** es más complejo que estimar los cambios en precipitaciones anuales.
- Hay muchas formas en que el cambio climático afecta la oferta de agua.
- Calcular los impactos económicos aún más complejo.

Gestión de recursos hídricos

- Una herramienta para analizar las complejidades de la cuenca son los modelo **hidro-económicos**
 - Combinación de **información hidrológica** (oferta) con **información económica** (demanda)
 - **Modelos holísticos**: resuelven endógenamente todas las variables de decisión.
 - **Modelos compartimentados**: se resuelven por módulos, donde el output de un modelo es el input de otro modelo.

2. Modelo Hidroeconómico

- Modelos hidroeconómicos
 - Representación de las diversas actividades relacionadas con el agua que se desarrollan dentro de una cuenca.
 - Combinación de información hidrológica (oferta) con información económica (demanda)

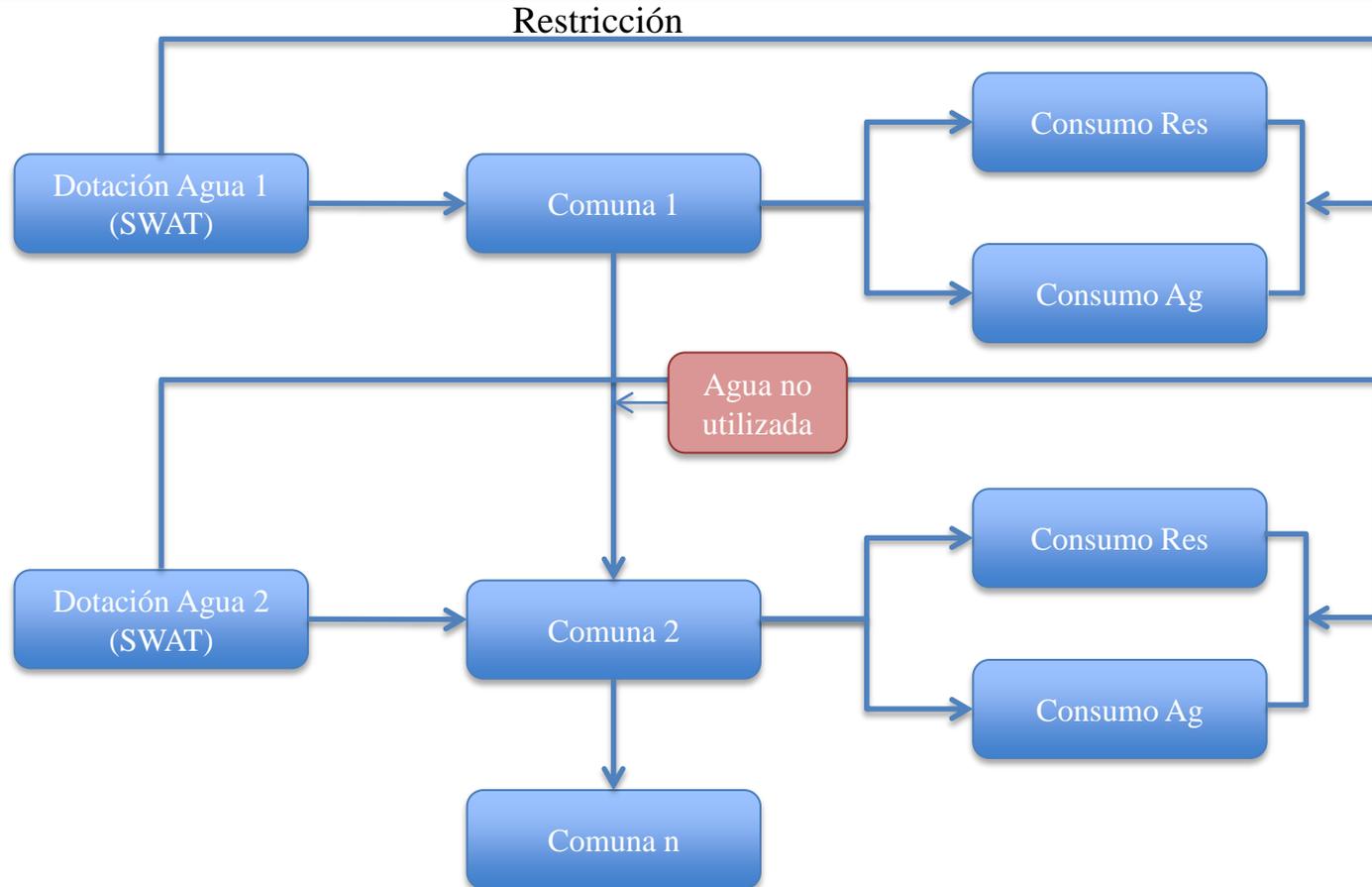
2. Modelo Hidroeconómico



2. Modelo Hidroeconómico

- El Modelo Hidroeconómico considera 2 tipos de usuarios
 - Residencial: Consumo de agua urbano
 - Agrícola: Consumo de agua para riego
- El uso del agua es modelado por medio de la estimación de demandas de agua
 - Residencial: modelo discreto continuo (DCC)
 - Agrícola: modelo de oferta agrícola no-lineal
- La oferta de agua es modelada utilizando SWAT
- El CC es incorporado por medio de escenarios regionalizados

2. Modelo Hidroeconómico



2. Modelo Hidroeconómico

- Objetivo del modelo es maximizar el bienestar de la cuenca: excedente total
 - Bienestar hogares
 - Ingresos de los agricultores
- Restricciones
 - Recursos: tierra, agua, tierra irrigada
 - Espaciales: como el agua fluye dentro de la cuenca
 - Otras: institucionales

3. Datos Utilizados

- Demanda Residencial
 - Información sobre consumo y tarifa por hogar
 - ESSBIO (2011 – 2014)
 - Información socioeconómica
 - Estimaciones actuales: CASEN
 - Trabajo en progreso: encuestas a hogares (550 obs)

3. Datos Utilizados

- Demanda Agrícola
 - Información agrícola del CENSO 2007
 - Superficie
 - Tipo de cultivos
 - Centro AGRIMED U de Chile
 - Rendimientos (riego, seco)
 - Impactos cambio climático (rendimientos)

Formulación

- Objetivo del VHM es maximizar el bienestar de la cuenca: excedente total
 - Excedente hogares
 - Excedente de los agricultores
- Restricciones
 - Recursos: tierra, agua, tierra irrigada
 - Espaciales: como el agua fluye dentro de la cuenca
 - Otras: institucionales

3. Formulación

- Función de demanda de agua residencial

$$W_c^d = \alpha_c + \beta T_c + \gamma P p_c - \vartheta P_c^w$$

- **Función agua-rendimiento por cultivo**

$$y_{c,a,irr} = -\mu(IRRDEM - CIR)^2 + ym_{c,a,irr}$$

3. Formulación

- Excedente del hogar

$$CS = \sum_c \left(\delta W_c^d - \frac{1}{2} \vartheta (W_c^d)^2 \right)$$

- Excedente del agricultor

$$FS = \sum_{c,a,s} \left((y_{c,a,dry} * p_a - AC_{c,a,dry}) + (y_{c,a,irr} * p_a - AC_{c,a,irr}) X_{c,a,s} \right)$$

3. Formulación

- Problema de la cuenca

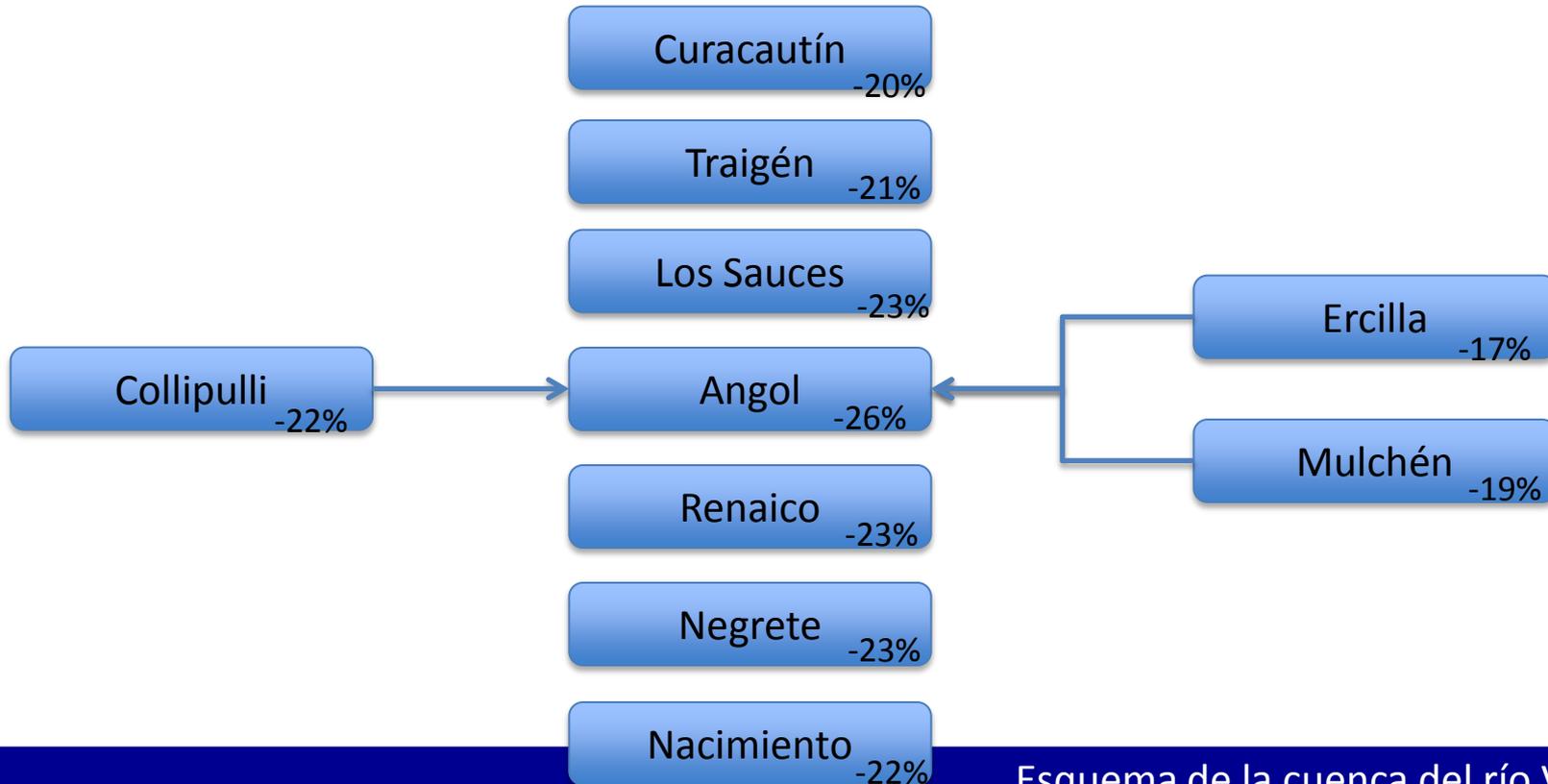
$$\text{Max: } BS = CS + FS \quad [5]$$

$$AC_{r,a,s} = \alpha_{r,a,s} * (X_{r,a,s})^{\beta_{r,a,s}} \quad [6]$$

$$\sum_a \sum_s r_{i,r,a,s} * X_{r,a,s} \leq b_{i,r} \quad [7]$$

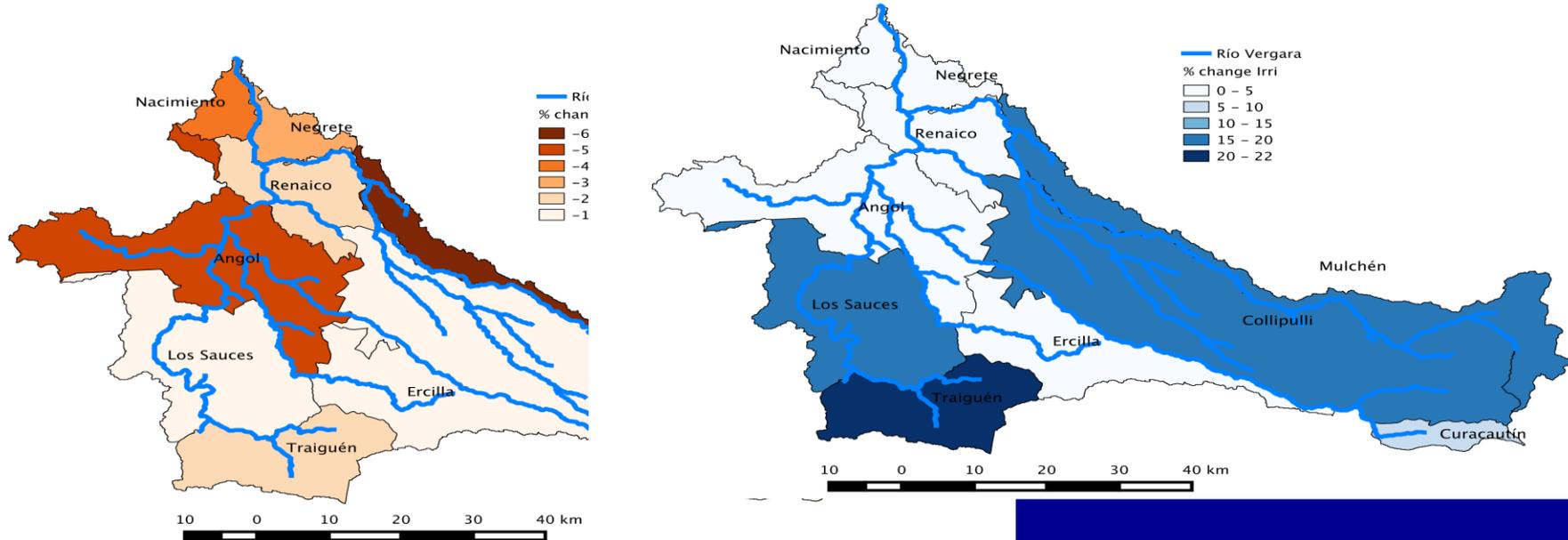
$$W_c^d + \sum_a IRRDEM_{c,a} \leq W_c^s \quad [8]$$

3. Aplicación



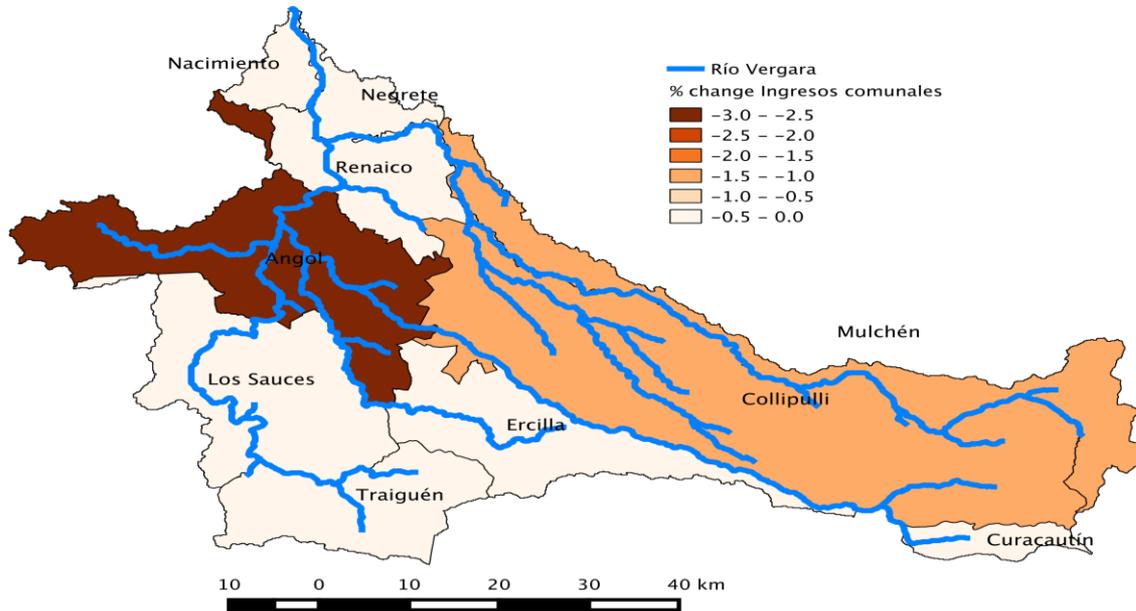
3 Aplicación

- Resultados: Cambio en uso de la tierra



3 Aplicación

- Resultados: Cambio en los ingresos



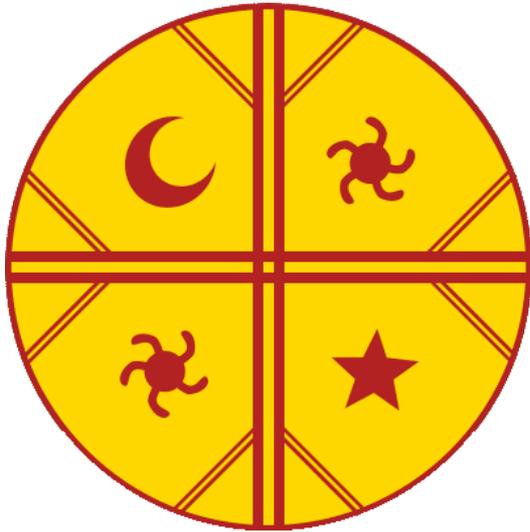
4. Resultados

- Resultados Agregados

Usuarios	Impacto Económico
Urban: Residential	-US167 million households welfare (-22%)
Agriculture	-US 4,4 million Farmers Welfare (-1%)

4. Resultados

- **El análisis espacial indica que aquellas comunidades más afectadas en términos económicos, son también las más vulnerables al cambio climático**



La mayoría de ellos pequeños
agricultores Mapuches
Pobreza
Analfabetismo
Prácticas rudimentarias
Sin acceso a mercados

5. Extensión

“Es necesario integrar las diversas dimensiones tendiendo a evaluaciones multimétricas, donde el componente económico es un componente más de la decisión, pero no el único.”

5. Extensión

- Información necesaria
 - Información detallada sobre la relación con el agua de las zonas rurales
 - Consumo humano y consumo productivo
 - Infraestructura de riego y APR: actual y proyectada (incluye generación energía)
 - Obras de saneamiento rural
 - Calibración local funciones dosis respuesta: cc-rendimientos agrícolas
- Duración: 2 años