

# Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al cambio climático

Sebastian Vicuna, Ingeniería y CCG UC

XIV JORNADAS PROFESOR FRANCISCO JAVIER DOMINGUEZ



Environment  
Canada

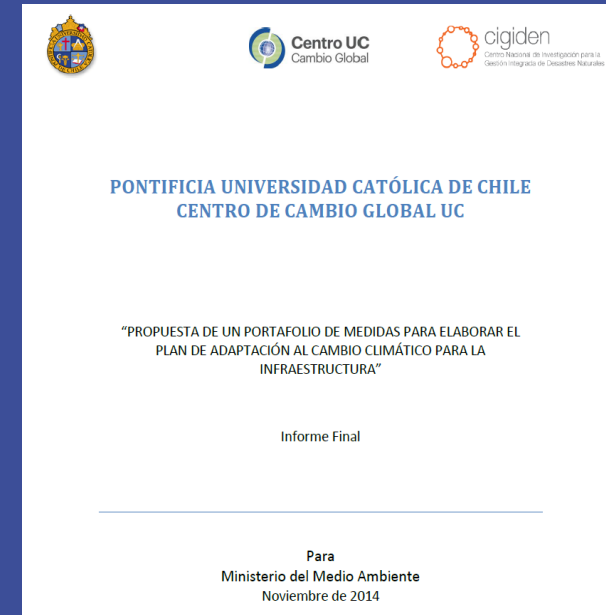


**Centro UC**  
Cambio Global



# Trabajo desarrollado en tres partes

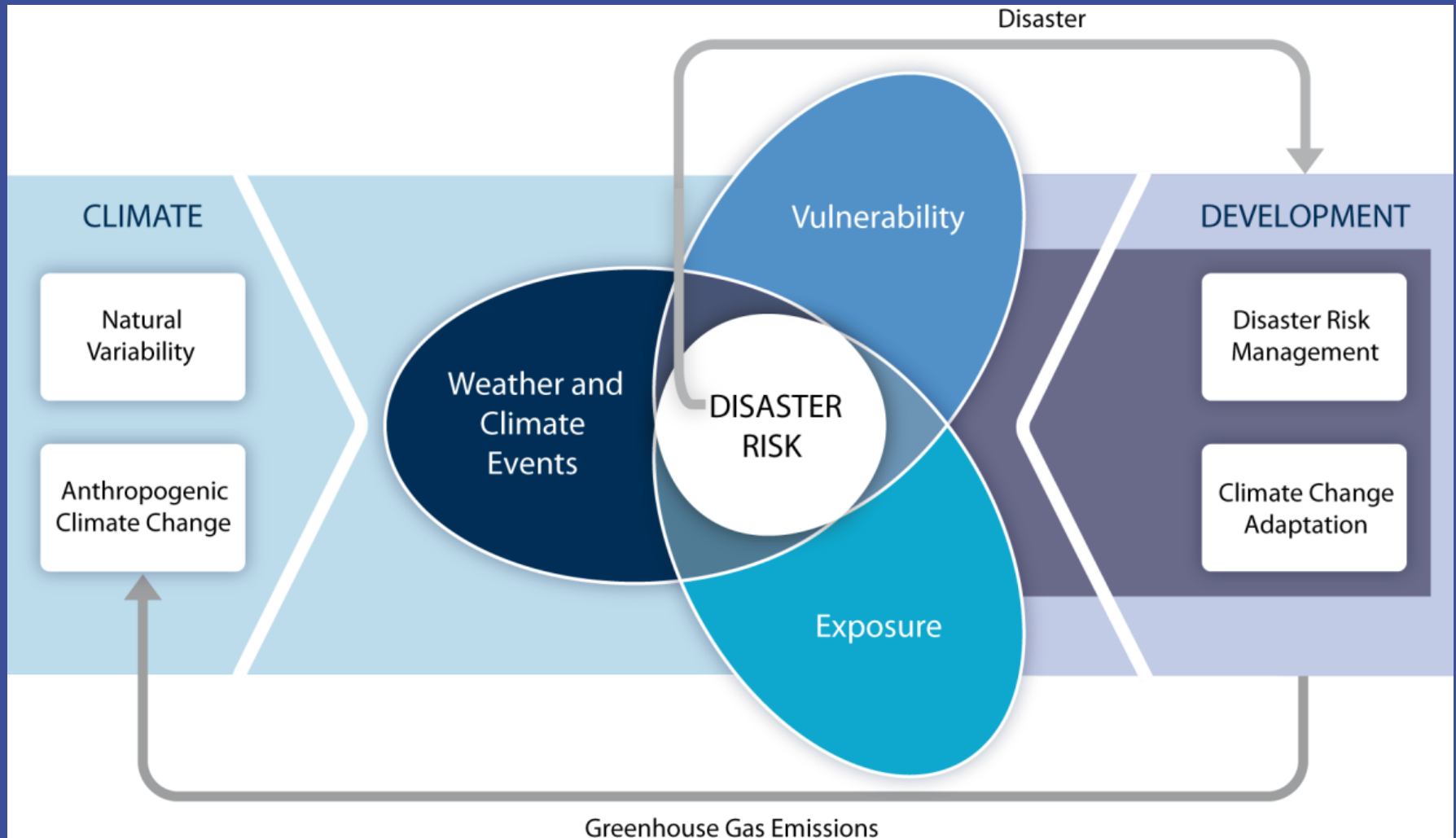
(financiados por MOP, Environment Canada y MMA)



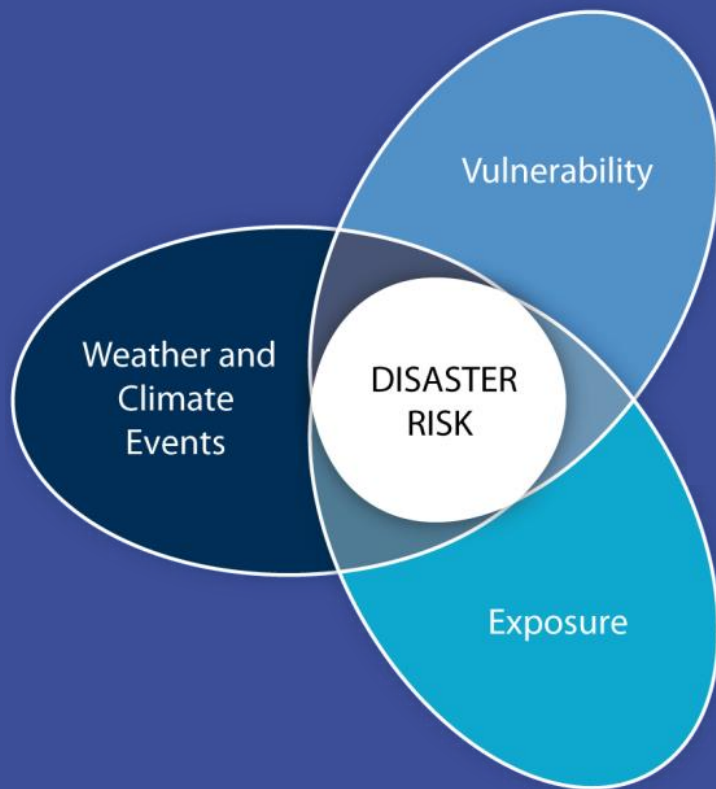
# Agenda

- Marco conceptual que relaciona el cambio climático con la infraestructura
- Propuesta metodológica
- Crecidas y cambio climático

# Marco conceptual que relaciona adaptación al cambio climático y gestión de riesgos de desastres



# ¿Como se relaciona esto con las actividades y funciones relacionadas con construcción de infraestructura del MOP?

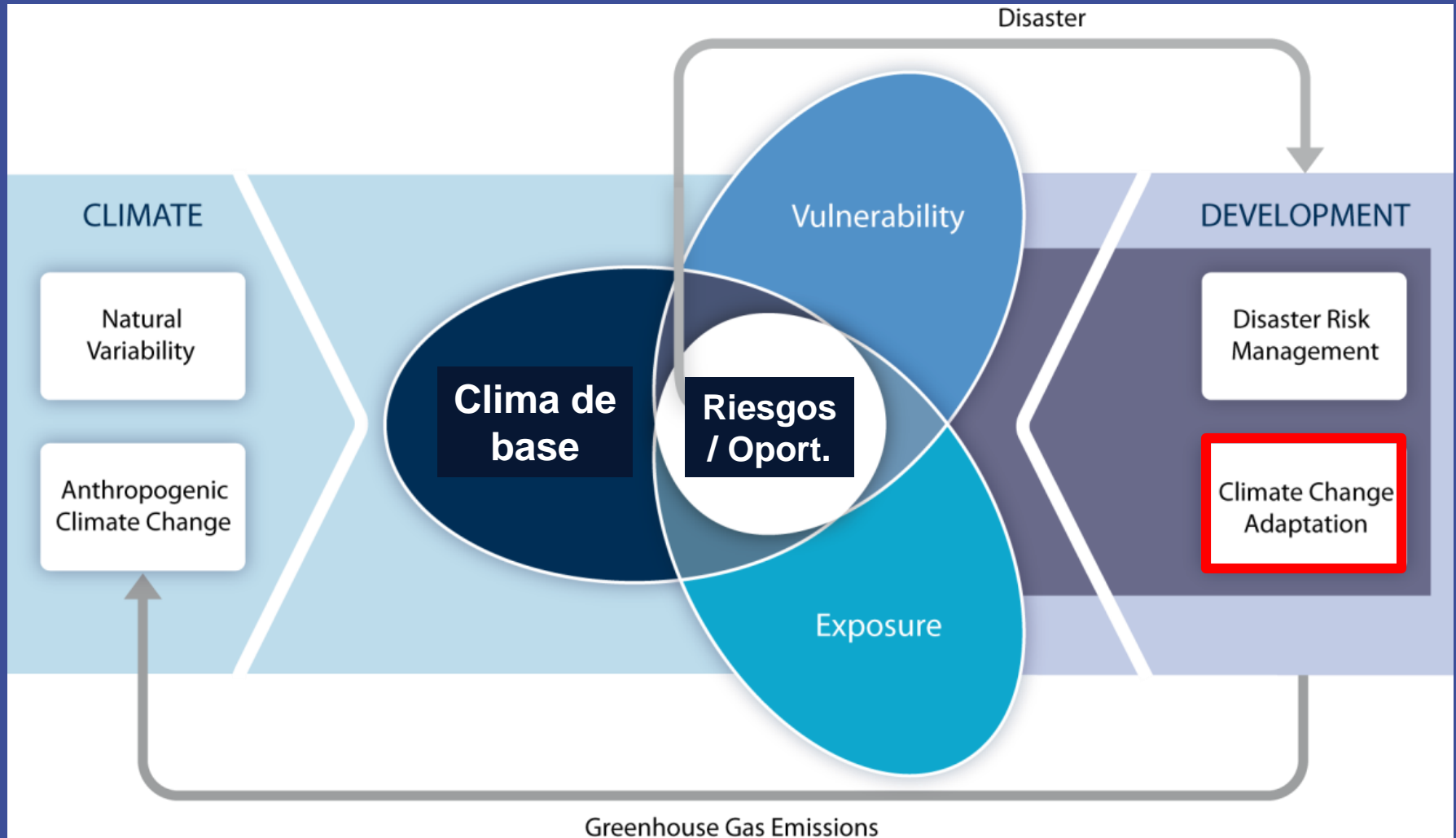


**Las obras de infraestructura propias del MOP pueden verse afectadas por las amenazas climáticas.**

En este caso las obras propiamente tal son vulnerables. Esto implica revisar **criterios de diseño y de mantención de obras** para que estas mismas no sufran los impactos de los desastres (camino, puertos).

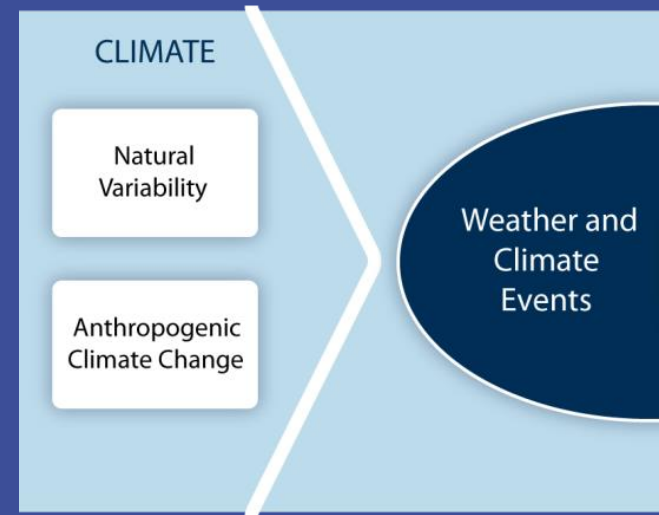
**Las amenazas asociadas al cambio climático pueden aumentar la exposición a desastres** (sequías, inundaciones, aluviones). En este caso se deben revisar **los criterios para la planificación (donde, cuando) y diseño (como) de necesidades de obras de infraestructura** destinadas tanto a almacenamiento y distribución de recursos hídricos (embalses, sistemas de riego, APR) como a manejo de desastres (drenaje de aguas lluvia, obras de protección costera y fluvial)

Marco conceptual se puede extender mas allá de eventos extremos. El clima es la agregación en el tiempo de eventos puntuales



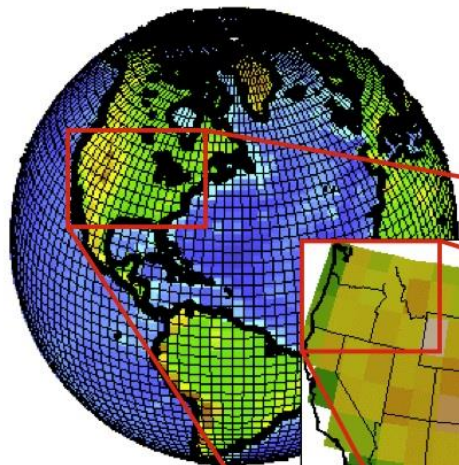
# Estudiar las amenazas climáticas son relevantes

- Asumiendo que la infraestructura existente (o en diseño) es capaz de enfrentar la variabilidad climática... la pregunta es cuanta amenaza adicional puede agregar el Cambio Climático
- Este es un problema complejo de resolver:
  - Limitados datos observaciones, muchos factores que cofunden la señal
- Un poco más fácil cuando trabajamos:
  - En escalas temporales y espaciales grandes pero aumenta la incertidumbre

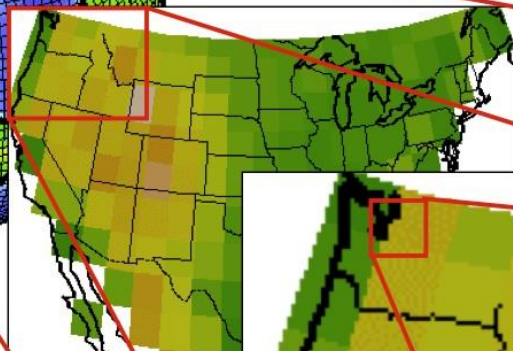




**Global**



**Regional**

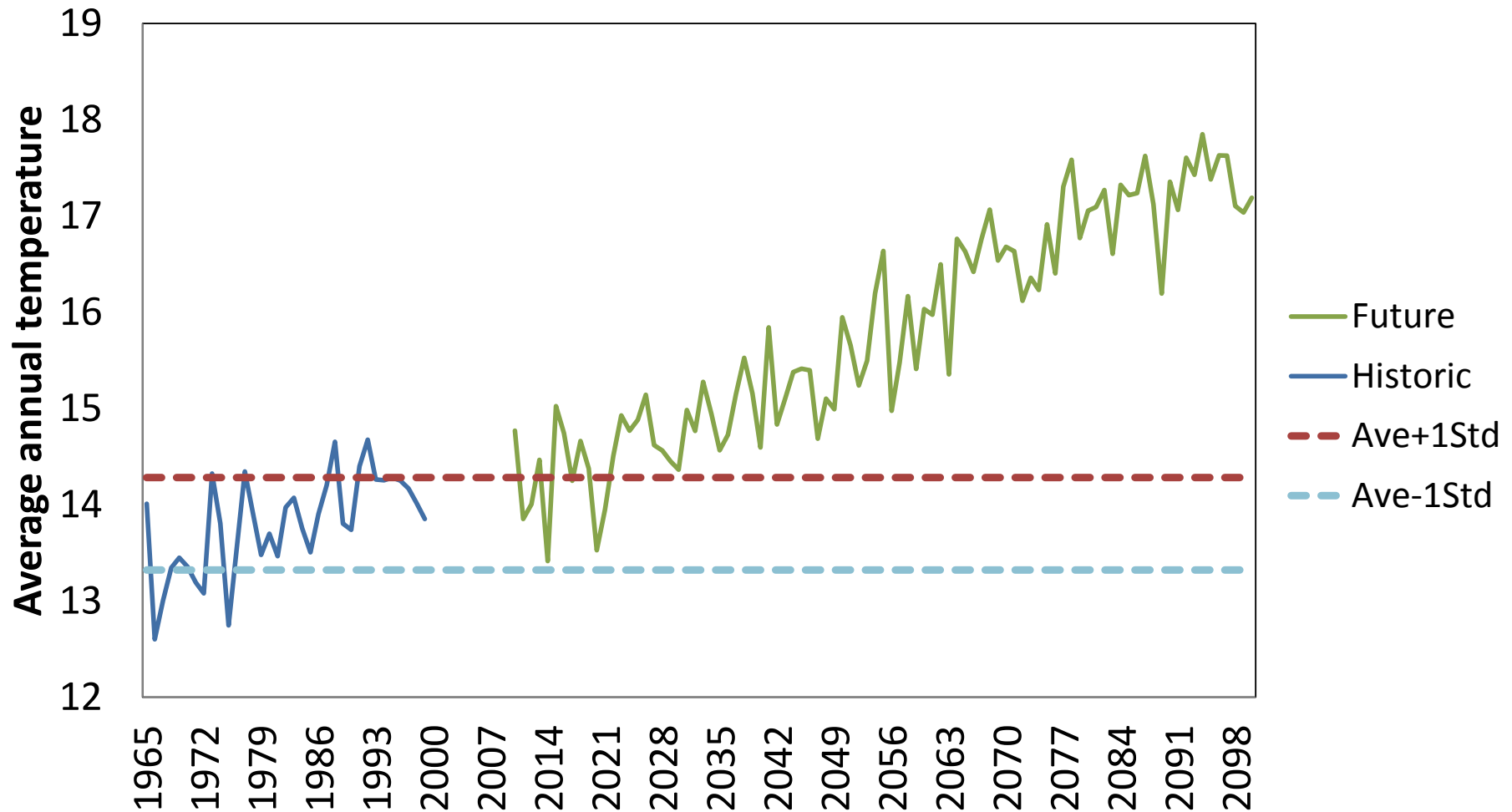


**Local**

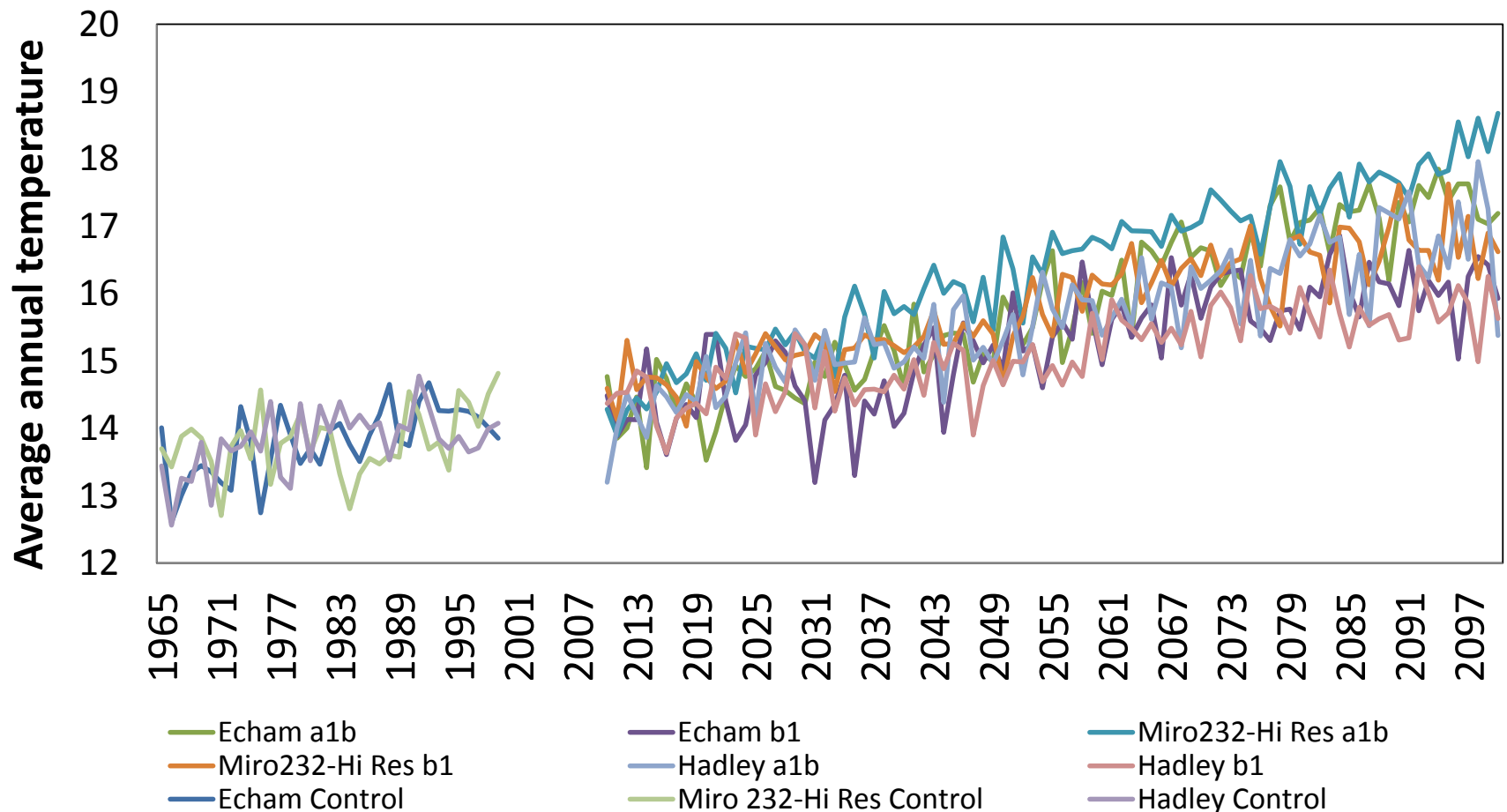




# Ejemplo: Promedio de temperatura histórica y proyectada en la Cuenca del Rio Maule



# Ejemplo: Promedio de temperatura histórica y proyectada en la Cuenca del Rio Maule



# Agenda

- Marco conceptual que relaciona el cambio climático con la infraestructura
- **Propuesta metodológica**
- Crecidas y cambio climático

# Primera parte: Screening inicial

## Pregunta inicial

*¿Cuál es el enfoque que debe seguirse para evaluar la adaptación al cambio climático en la infraestructura del MOP?*

## Se abre en dos preguntas

*¿Cuál es la metodología que debe seguirse para decidir si es necesario incorporar la evaluación de la adaptación al cambio climático en una obra determinada?*

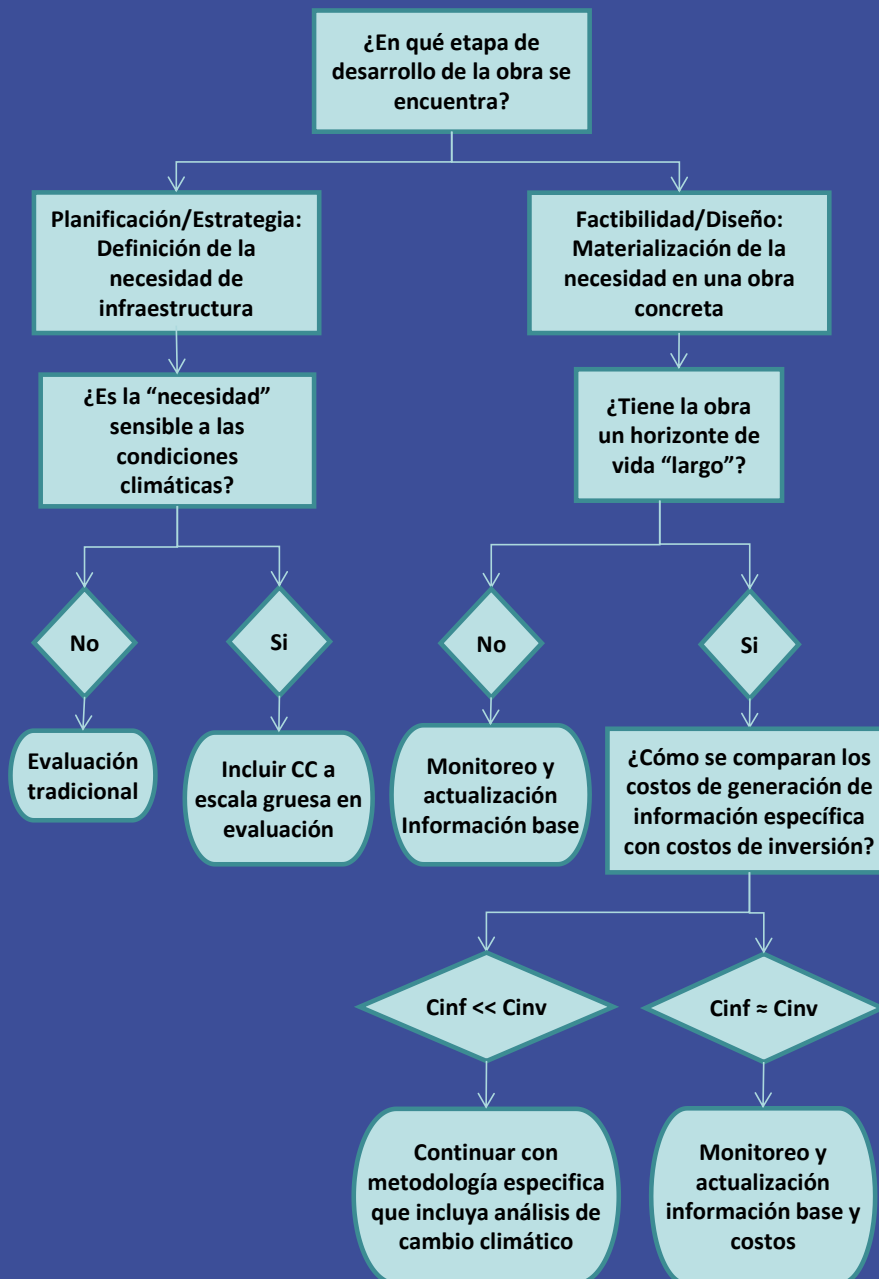
*Una vez que se ha tomado esta decisión ¿cuál es la metodología que debe considerarse para llevar a cabo esta evaluación?*

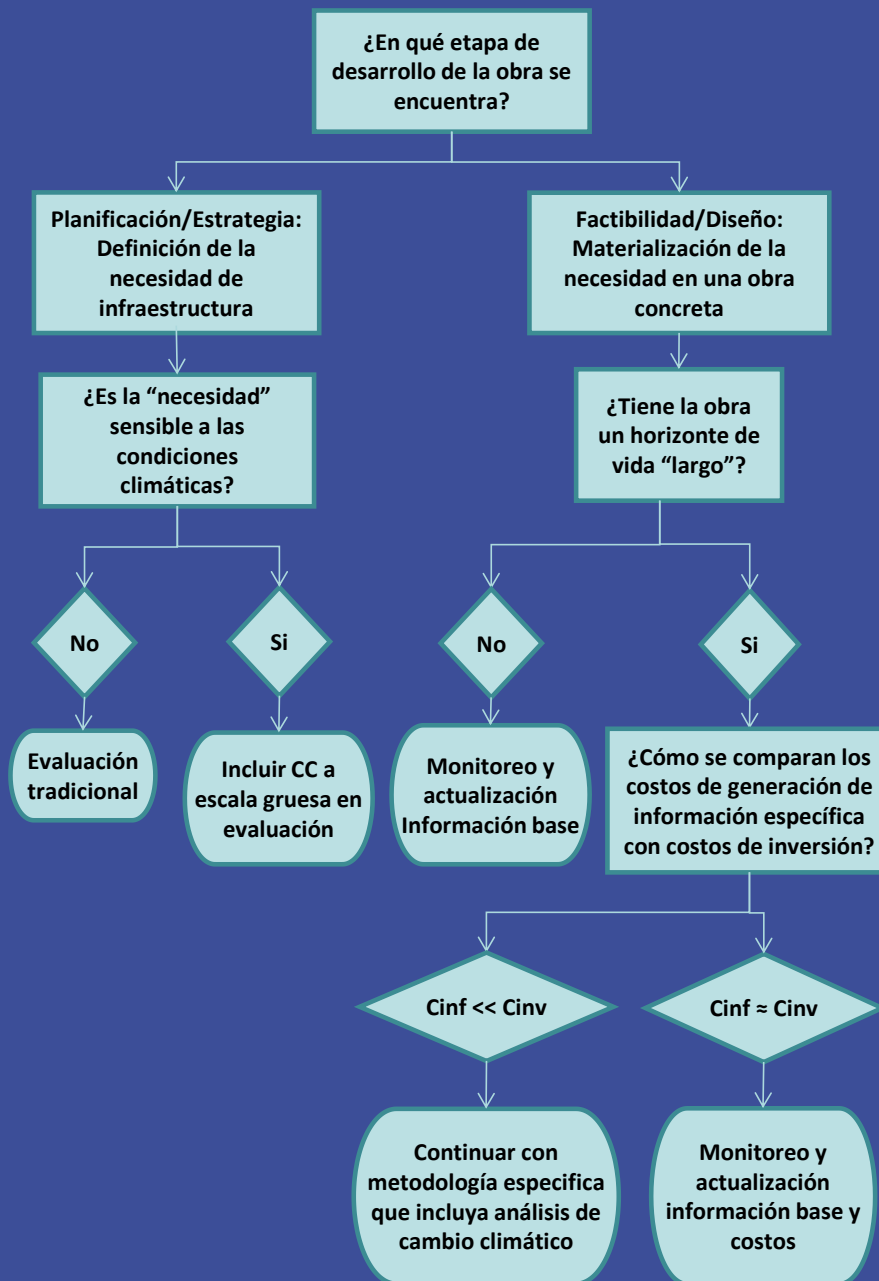
# Screening inicial

Pasar a fase 2 si...

Ciclo de vida del proyecto es suficientemente largo

Costos/Beneficios del proyecto muy superiores a costo de obtener información





# Candidatos a Fase 2

## Embalse Puentes Puertos



# Metodologías específicas para poder incorporar el cambio climático en la planificación de obras de infraestructura

- Cambios metodológicos en la evaluación económica de obras de infraestructura con perspectivas de largo plazo
- Cambios metodológicos específicos a distintos tipos de obras

# Medidas transversales

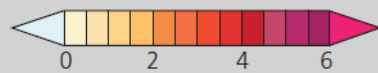
- Coordinación institucional y temática (ej. desastres)
- Mejoras en sistemas de monitoreo de amenazas y vulnerabilidad

# Agenda

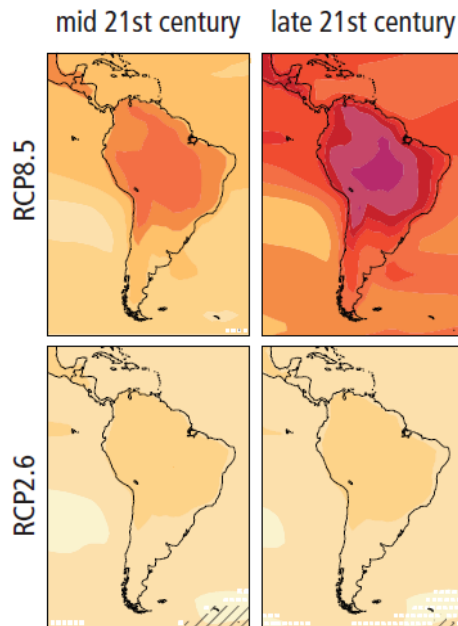
- Marco conceptual que relaciona el cambio climático con la infraestructura
- Propuesta metodológica
- Crecidas y cambio climático

# Amenazas asociadas al Cambio Climático (IPCC-AR5)

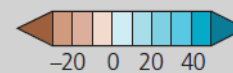
## Annual Temperature Change



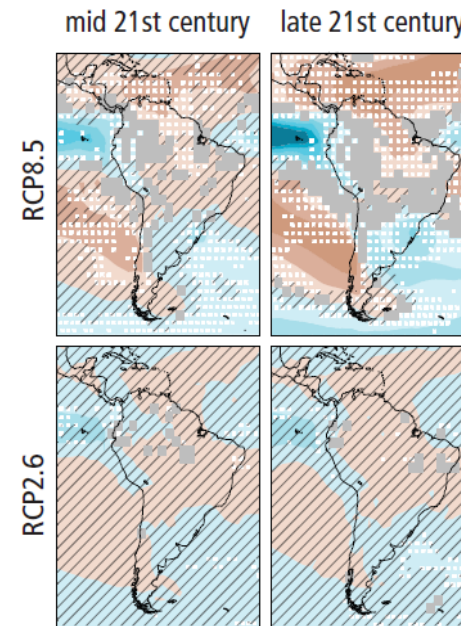
Difference from  
1986–2005 mean (°C)



## Annual Precipitation Change



Difference from  
1986–2005 mean (%)



Solid Color

Very strong  
agreement

White Dots

Strong  
agreement

Gray

Divergent  
changes

Diagonal Lines

Little or  
no change

# Escenarios en cuenca del rio Mataquito

## Tendencia de precipitación

## Tendencia de temperatura

Figura 4D.12

Tendencia de precipitación media en la cuenca, simulada mediante GCM

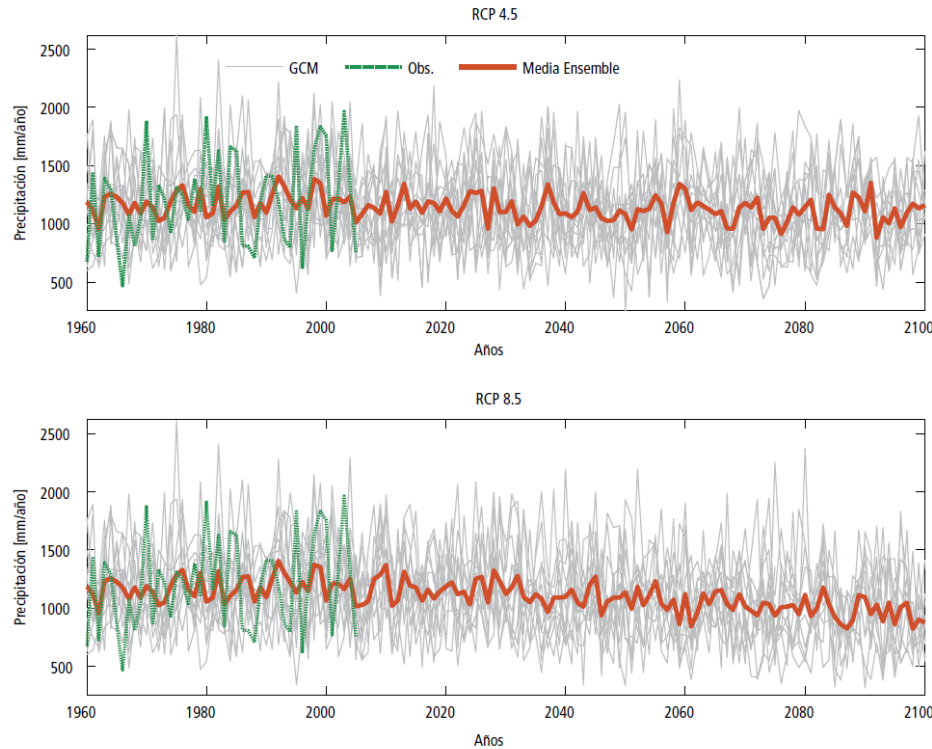
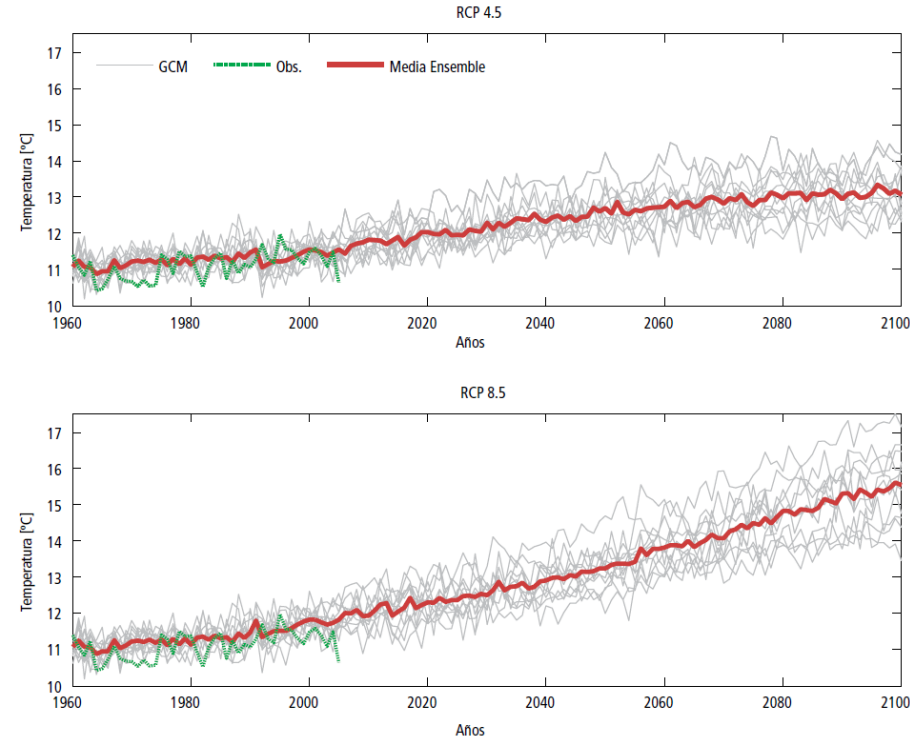


Figura 4D.13

Tendencia de temperatura media anual en la cuenca, simulada mediante GCM



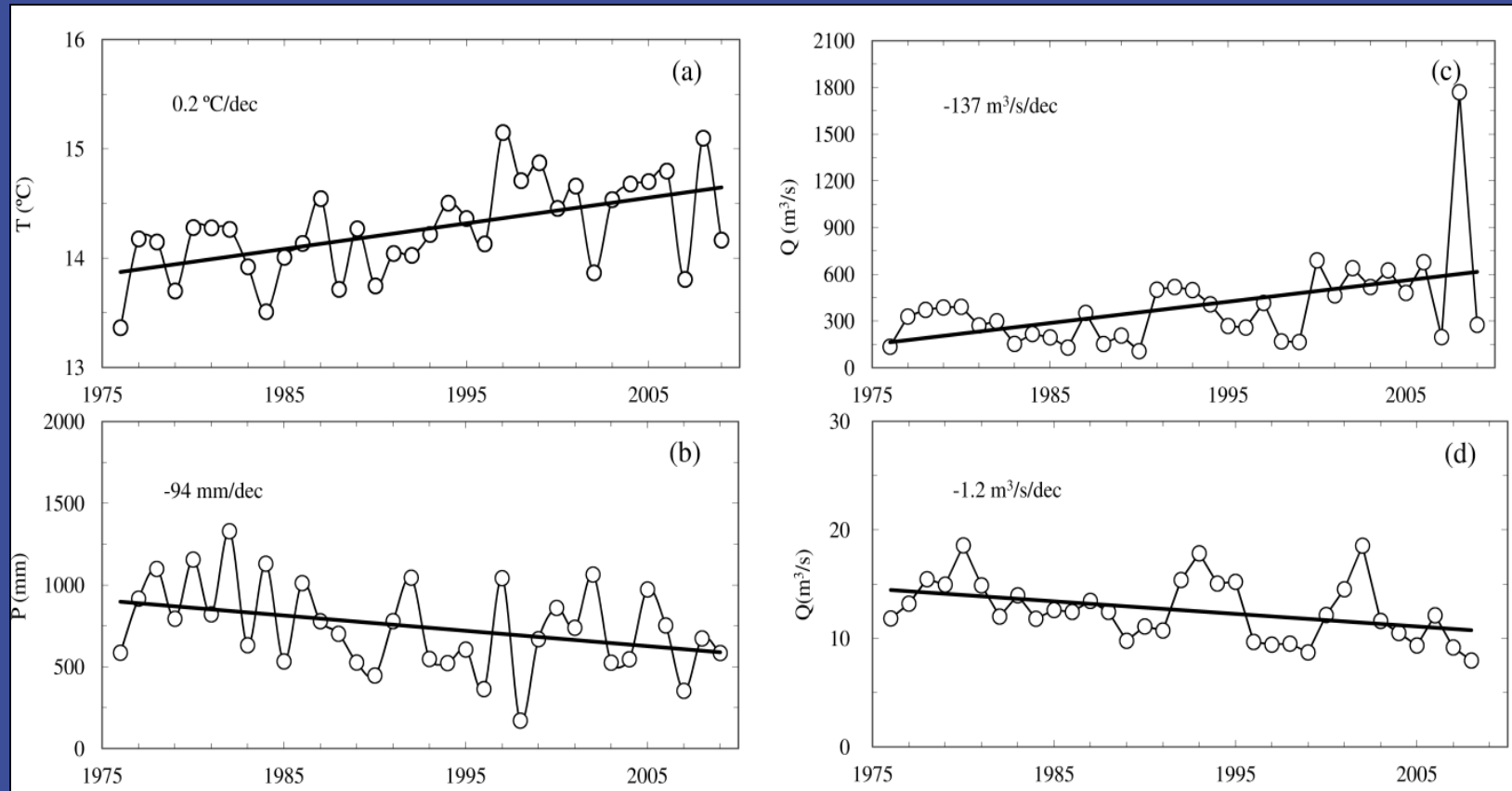
más seco

más cálido

Precipitación anual en la cuenca disminuye (6-14%) acompañado con un aumento de 2-3.5°C a finales del siglo XXI.

Demaria et al, 2013

# Amenazas que al parecer ya están ocurriendo (observaciones recientes en cuenca Mataquito)





# Puentes: candidato a Fase 2

Tabla 4D.1

Períodos de retorno, vida útil y riesgo de falla para el diseño y verificación de puentes\*

Obra	Tipo de ruta	Período de retorno T (años)		Vida útil supuesta (años)
		Diseño	Verificación	
Puentes	Carreteras	200	300	50
	Caminos	100	150	50

Fuente: MOP (2012).

# Actualidad: Manual de Carreteras (Dirección de Vialidad) y el diseño hidrológico de infraestructuras

- Supuesto de estacionaridad
- Herramientas fundamentales: análisis de frecuencia y distribuciones de probabilidad, lluvias de diseño y modelación lluvia-escorrentía, y cálculo hidráulicos

## Futuro

- Caracterización del riesgo en condiciones no estacionarias
- Modelación hidrológica continua y no en base a eventos

# Actualidad: Manual de Carreteras (Dirección de Vialidad) y el diseño hidrológico de infraestructuras

- Supuesto de estacionaridad
- Herramientas fundamentales: análisis de frecuencia y distribuciones de probabilidad, lluvias de diseño y modelación lluvia-escorrentía, y cálculo hidráulicos

## Futuro

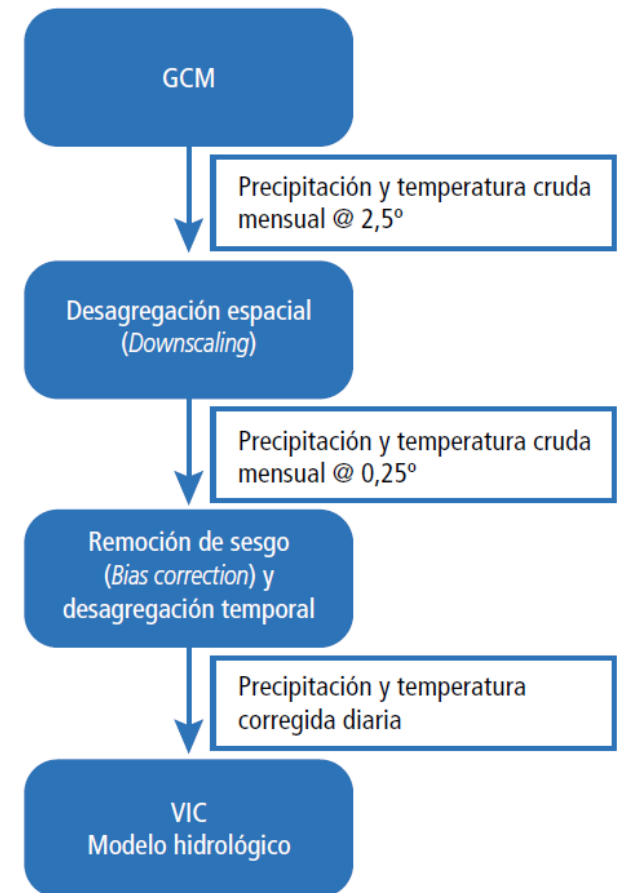
- Caracterización del riesgo en condiciones no estacionarias
- **Modelación hidrológica continua y no en base a eventos**

# Metodología en base a modelación continua

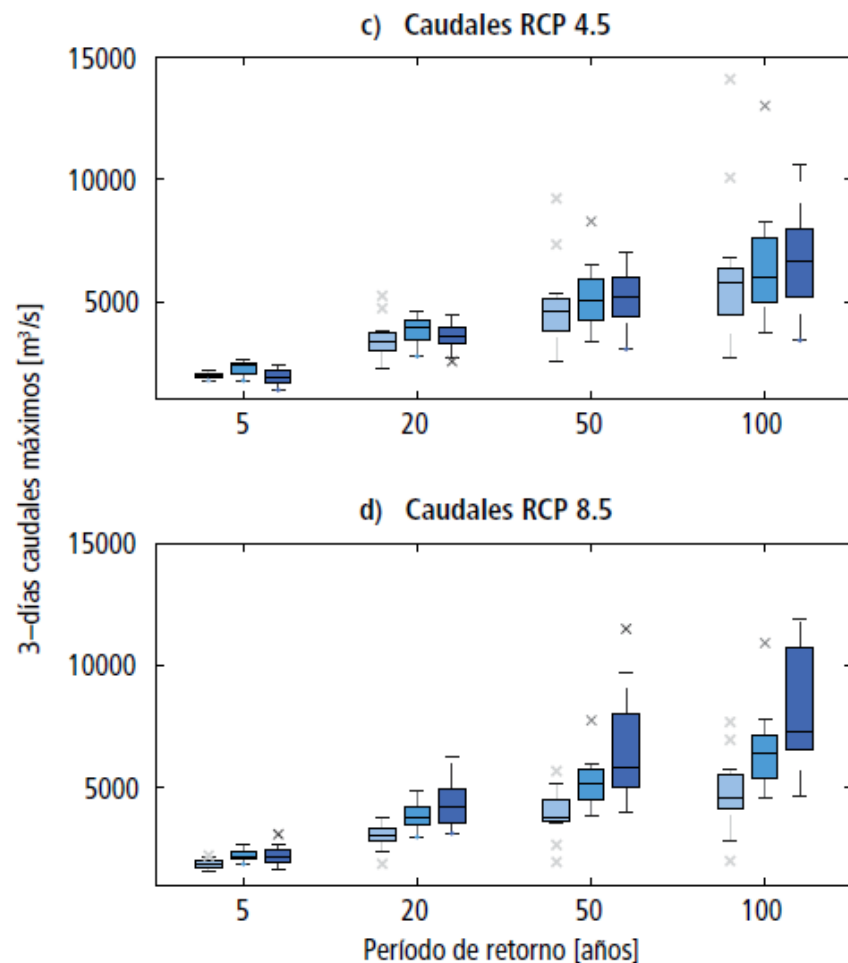
- 4 ETAPAS
  - Generación de series de tiempo y distribuciones espaciales de temperaturas y precipitaciones.
  - Desagregación espacial
  - Corrección de sesgo y desagregación temporal
  - Simulación de régimen hidrológico utilizando un modelo hidrológico (VIC).

Figura 4D.6

Representación esquemática de los pasos necesarios para utilizar proyecciones climáticas en simulaciones hidrológicas



# Efectos en el diseño de un puente (rio Mataquito)



Caudales futuros para T bajos parecen relativamente similar a lo históricamente observado

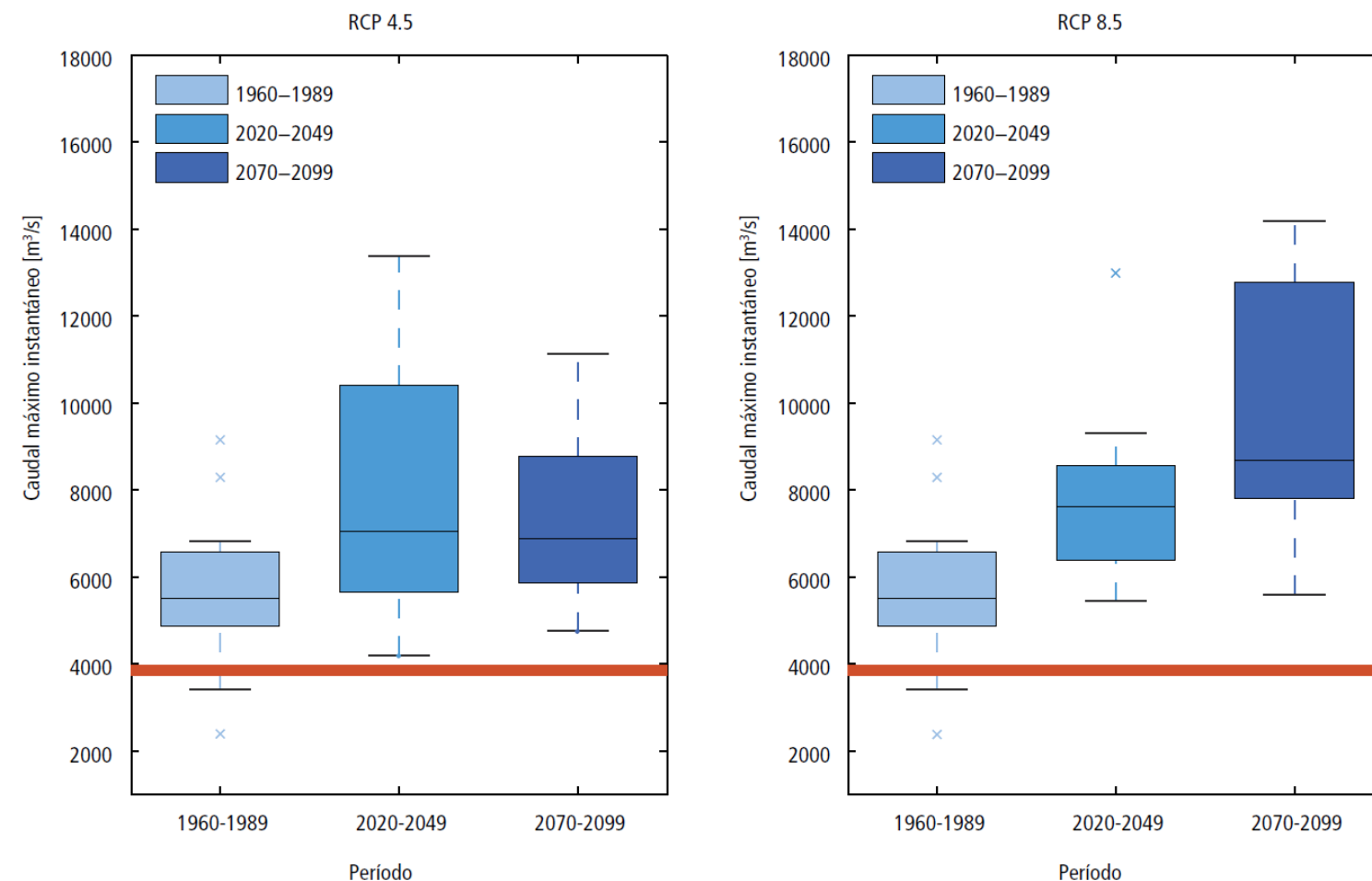
Lo anterior es menos claro para RCP8.5

Esto afecta el diseño tanto para crecidas extremas como para controlar la socavación.

# Efectos en el diseño de un puente (rio Mataquito)

Figura 4D.18

Caudal máximo anual instantáneo para una recurrencia de 100 años para el período histórico (1960-1989) y dos períodos futuros (2020-2049 y 2070-2099)



Qmax inst. con  
T = 100 años  
muy superior  
al umbral de  
alerta rojo

CCG et al 2013

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La línea roja representa el caudal de Alerta Roja.



# Conclusiones

- El cambio climático tiene claras relaciones con el diseño y operación de infraestructura
- Es posible pero complejo incorporar nuevas metodológicas respecto de la evaluación de infraestructura y cambio climático
- Los puentes aparecen como una obra relevante en el contexto de las amenazas específicas para el caso de Chile

Gracias...



Araucarias en el PN Nahuelbuta