

# Nuestro clima cambiante

Observaciones, proyecciones e incertidumbres

---

René D. Garreaud

Departamento de Geofísica, Universidad de Chile  
Center for Climate and Resilience Research, CR2

Julio-2018

# Nuestro clima cambiante

Observaciones, proyecciones e incertidumbres

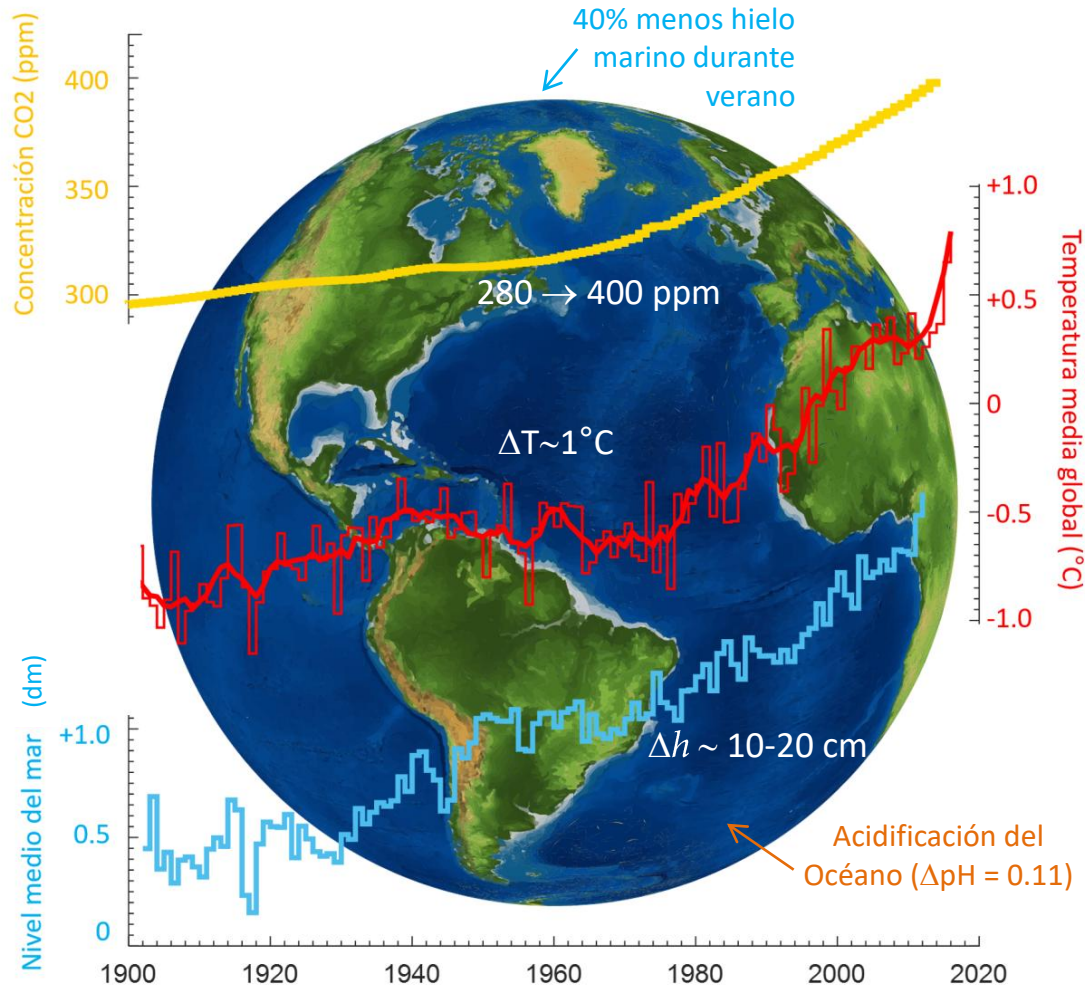
## Agenda

---

- Cambio climático global y su atribución
- Evidencia local (Mega sequía)
- Proyecciones climáticas (y la letra chica)
- Discusión (“Es la economía, estúpido”)

# Nuestro clima cambiante

## Indicadores globales durante el Antropoceno



Desde 1958 medido en Mauna Loa  
Antes de 1958 desde testigos de hielo

Anomalías respecto a  
promedio 1980-1990

Cambios respecto a  
comienzo de siglo XX

# ¿Que produce los cambios anteriores?

Para eso empleamos Modelos de Circulación General (GCM)

Circulación General de la Atmosfera  
y el Océano gobernada por las  
leyes de dinámica de fluidos,  
termodinámica y radiación



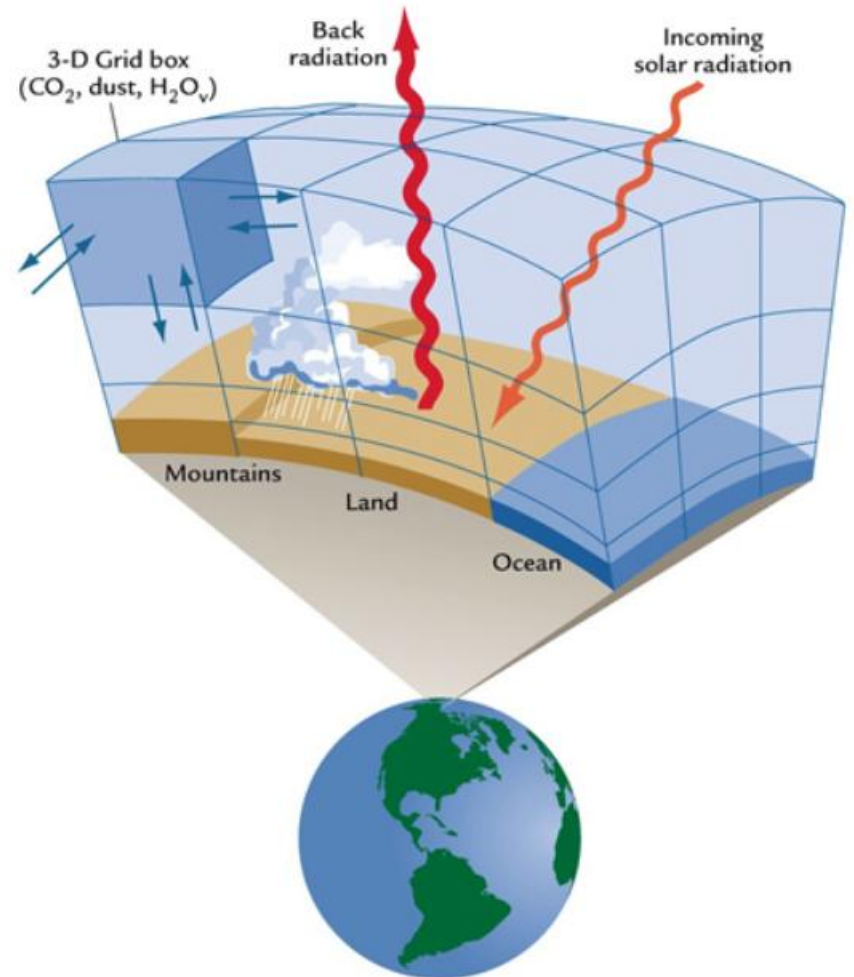
$$\frac{d\vec{V}}{dt} + f\hat{k} \times \vec{V} = -\frac{1}{\rho} \nabla p - \vec{F}_r + \vec{g}$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla\right) T - S_p \omega = Q_{RAD} + Q_{Conv} + Q_{Sfc}$$

$$\nabla \cdot \vec{V} + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0$$

$$\frac{\partial(gz)}{\partial p} = -\frac{RT}{p}$$

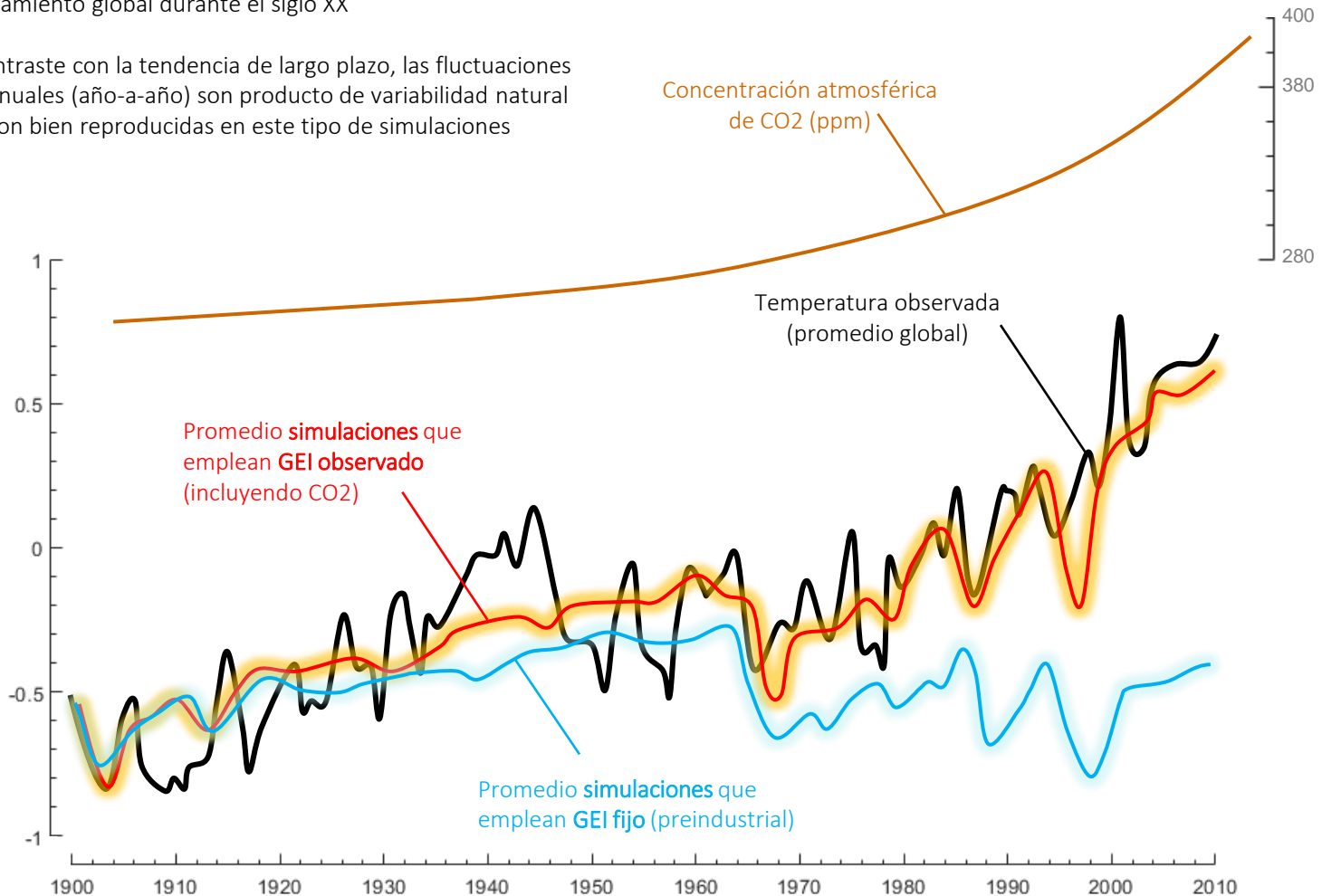
Sub-grid Processes  
Highly parameterized  
CO2 and other gases



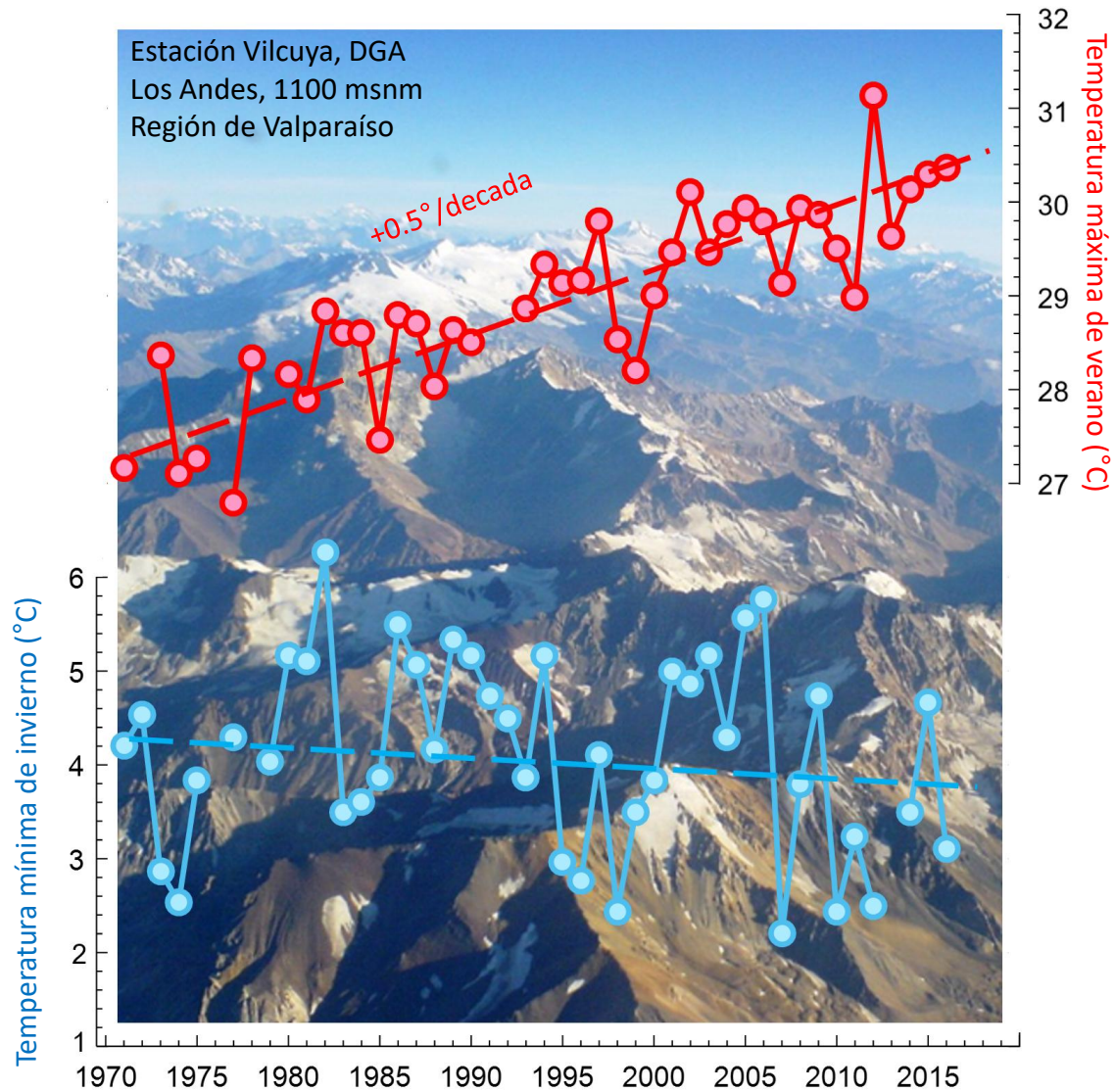
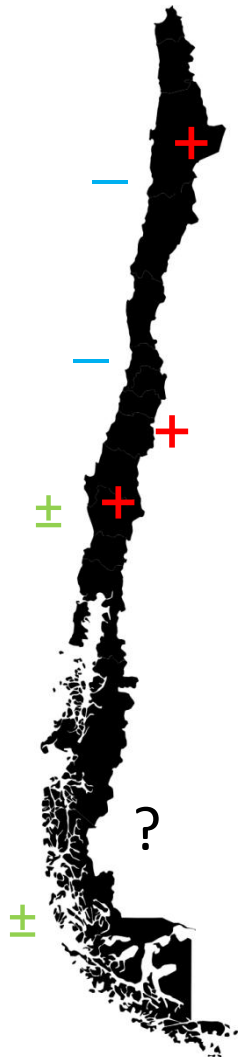
# Cambios observados y simulados de Temperatura

Solo las simulaciones climáticas que consideran el incremento de Gases con efecto invernadero (CO2 y otros) reproducen el calentamiento global durante el siglo XX

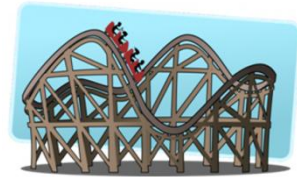
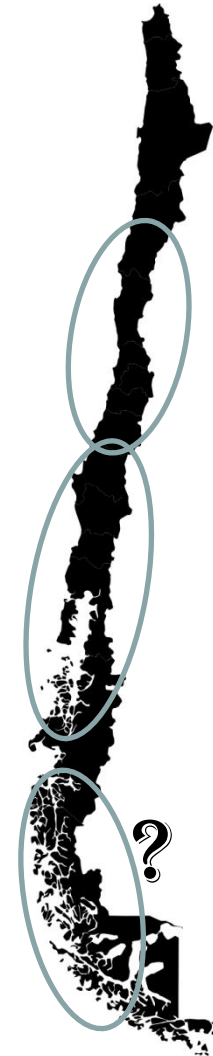
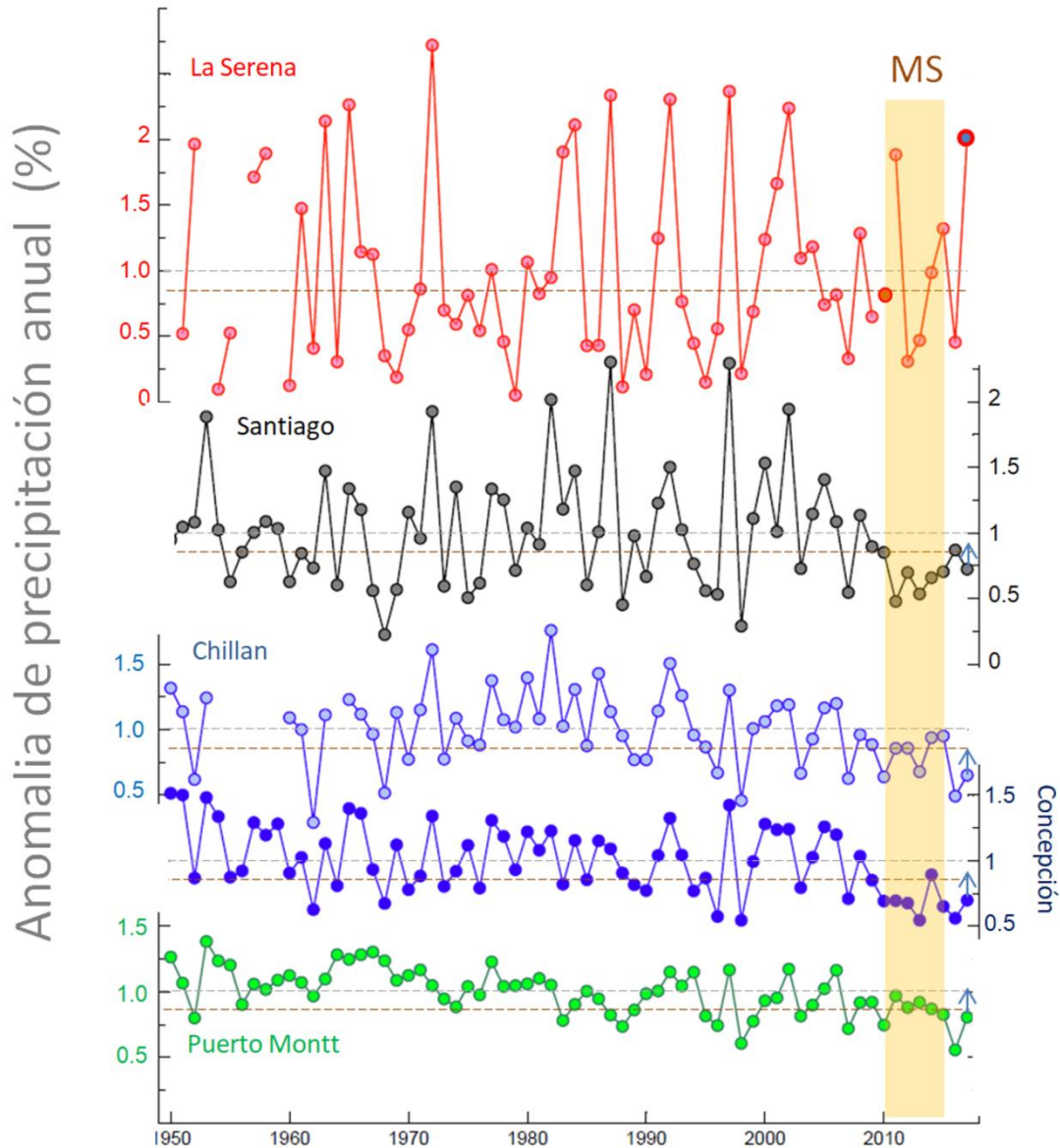
En contraste con la tendencia de largo plazo, las fluctuaciones interanuales (año-a-año) son producto de variabilidad natural y no son bien reproducidas en este tipo de simulaciones



# Cambios de Temperatura en Chile Central



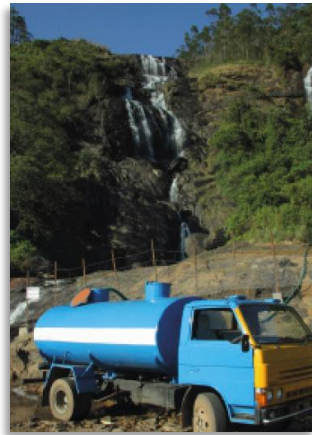
# Y que pasa con la precipitación?



# La Megasequía 2010-2015 X 2018

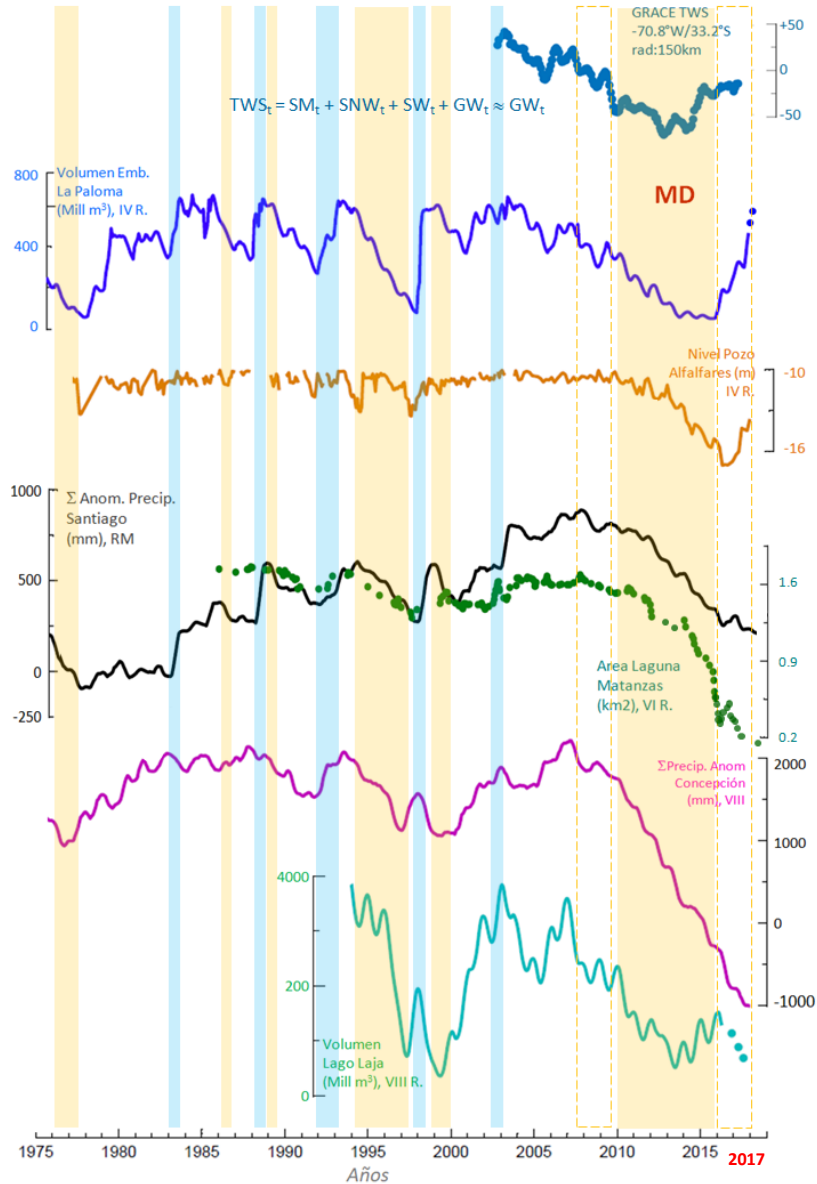
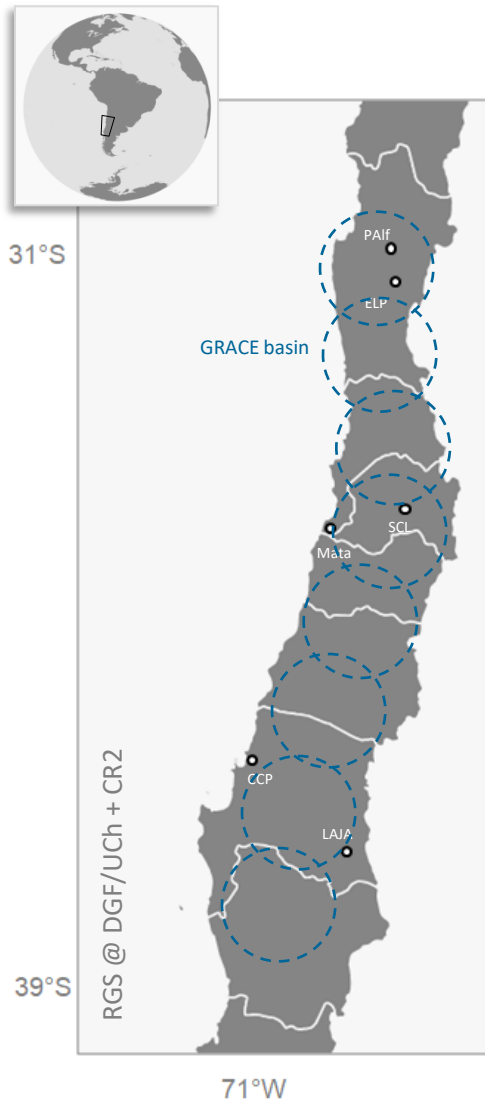
## Una lección para el futuro ???

<http://www.cr2.cl/megasequia/>





# De la Mega Sequía a la Media Sequía...

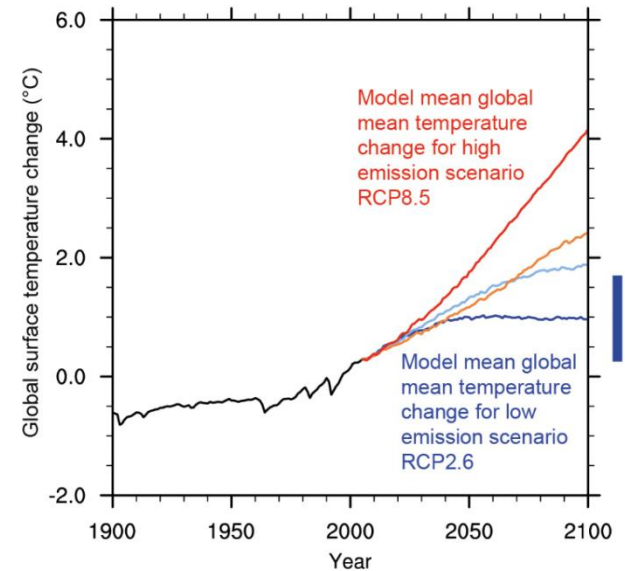
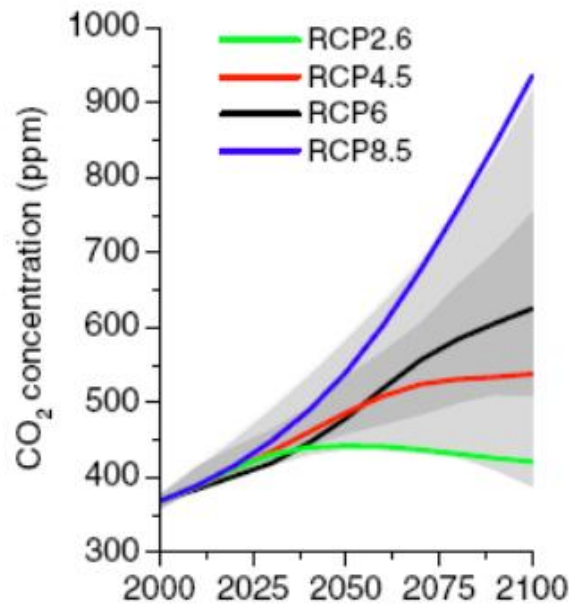
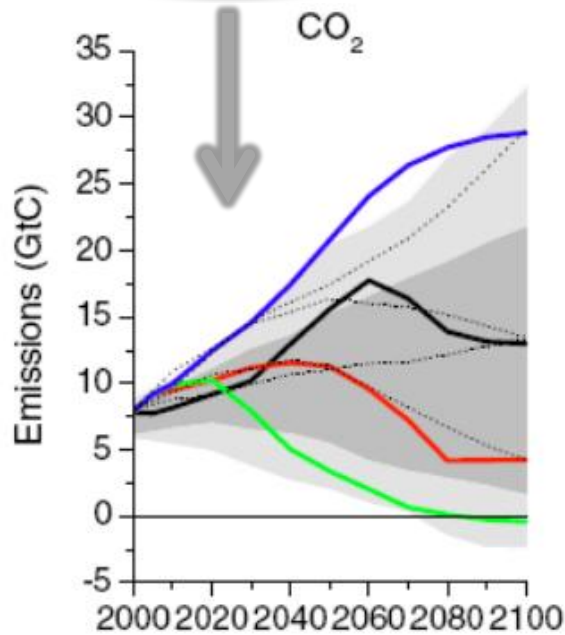


Muy interesante  
doc, pero como es  
el futuro?



# La mayor fuente de incertidumbre del futuro climático... ¿Cuanto CO<sub>2</sub> inyectaremos en el siglo XXI?

Escenarios Desarrollo Económico-Social

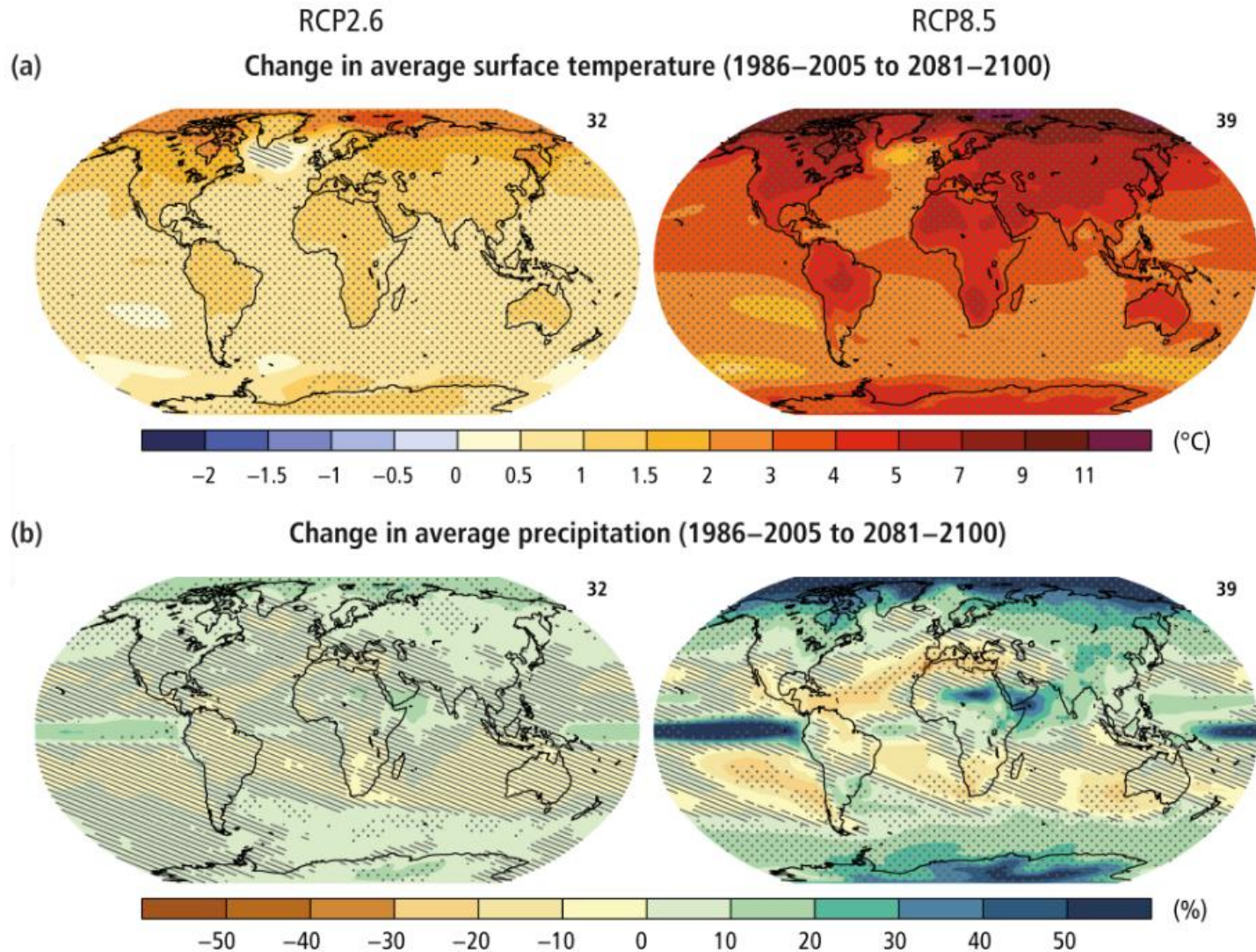


Balance de Masa

GCMs

La mayoría de los informes sobre Cambio Climático emplean RCP8.5....peor caso posible?

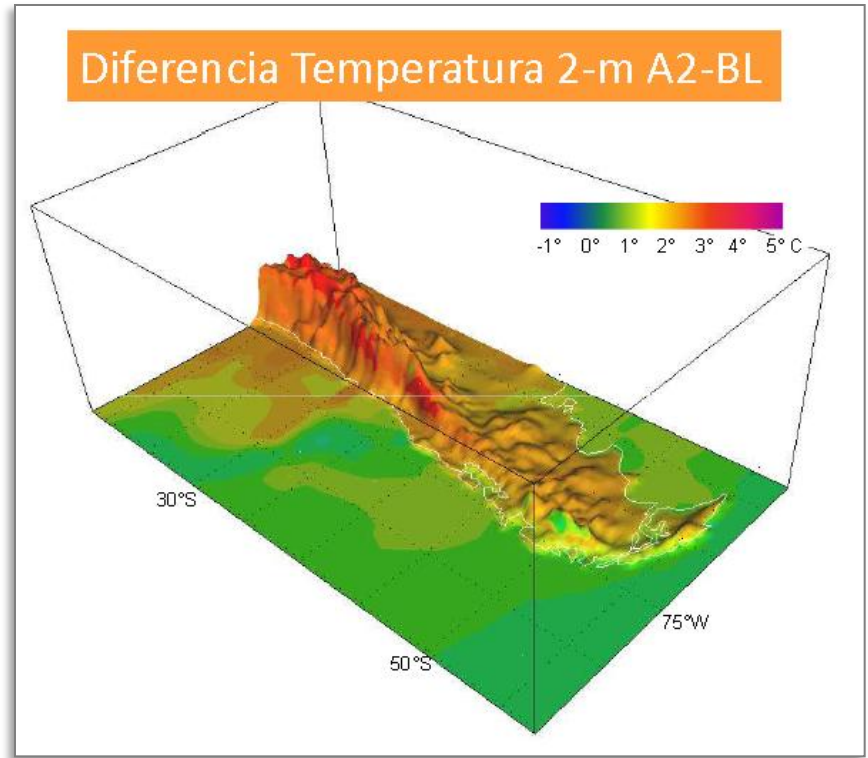
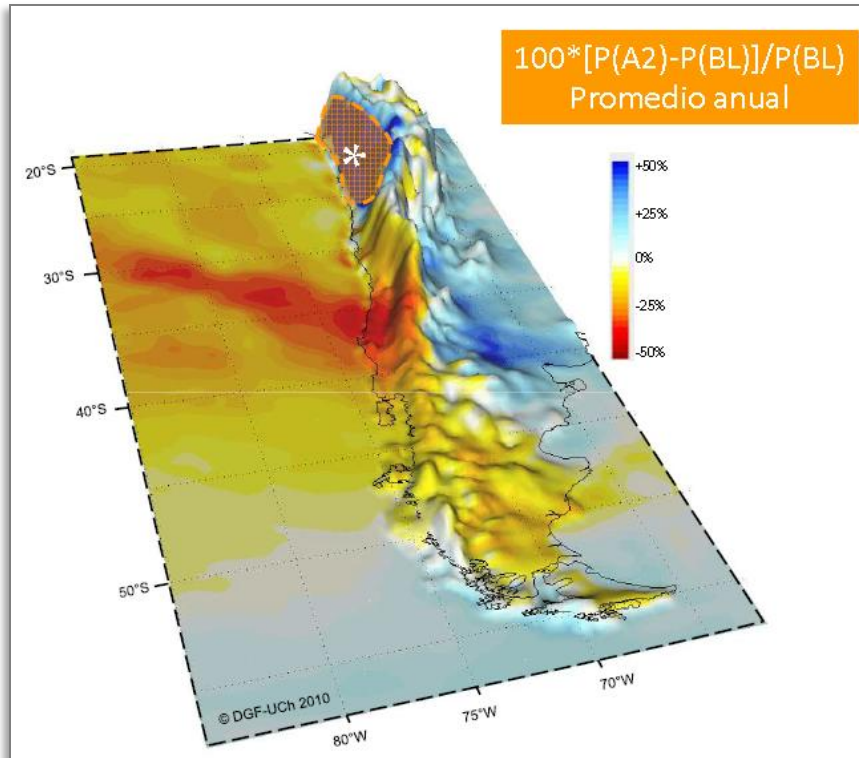
# Cambios globales proyectados de Temperatura y Precipitación en el siglo XX



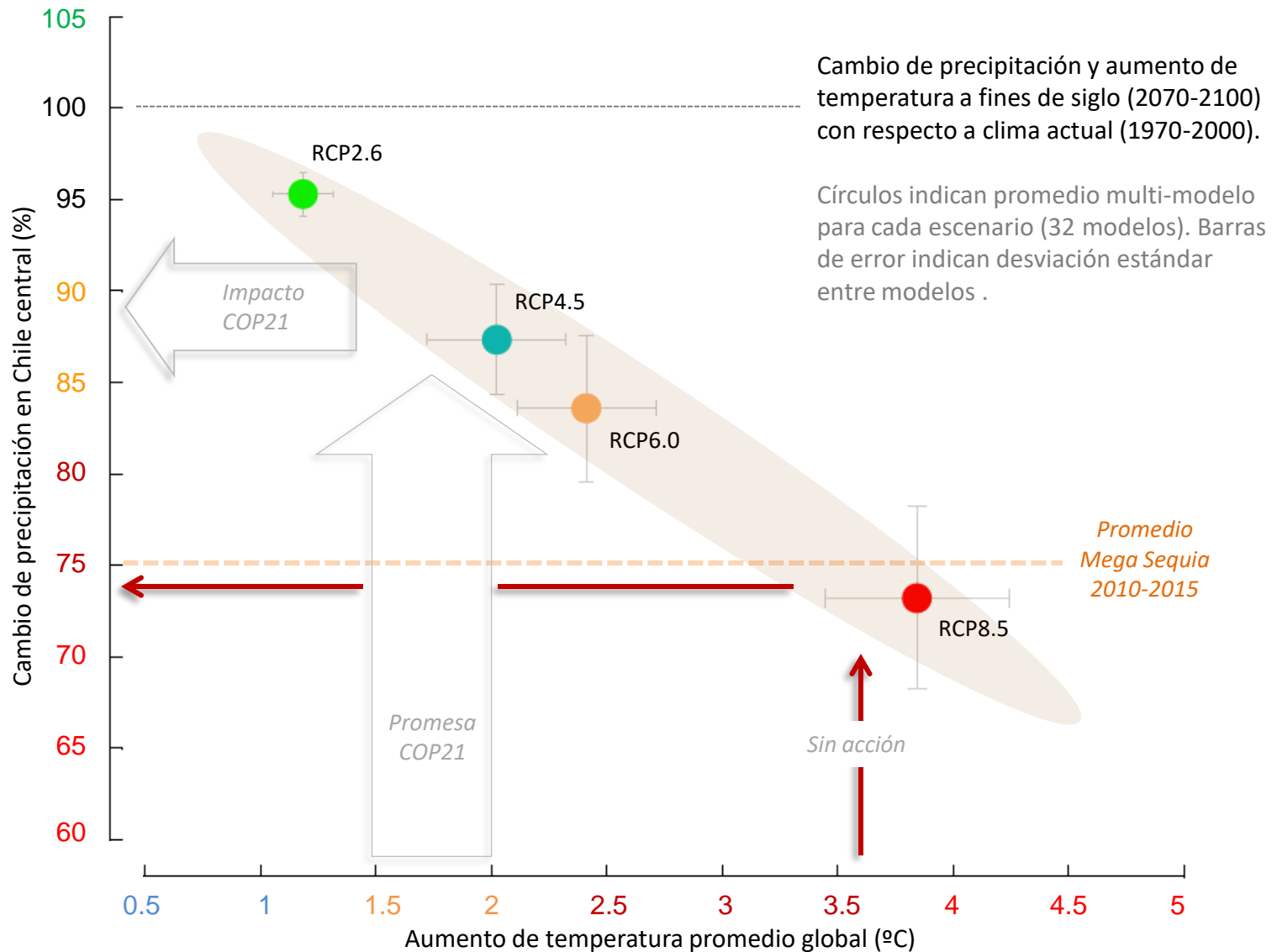
# Proyecciones climáticas para Chile

Para fines de siglo (>2070) bajo escenario pesimista (A2 / RCP8.5)

- Incremento de temperatura de 2.5-3.5°C respecto a clima actual
- Déficit de precipitaciones de 25-35% respecto a clima actual
- – **lluvia + temperatura** = **cambios hidrológicos!**



# Pero recuerden que el futuro es abierto....



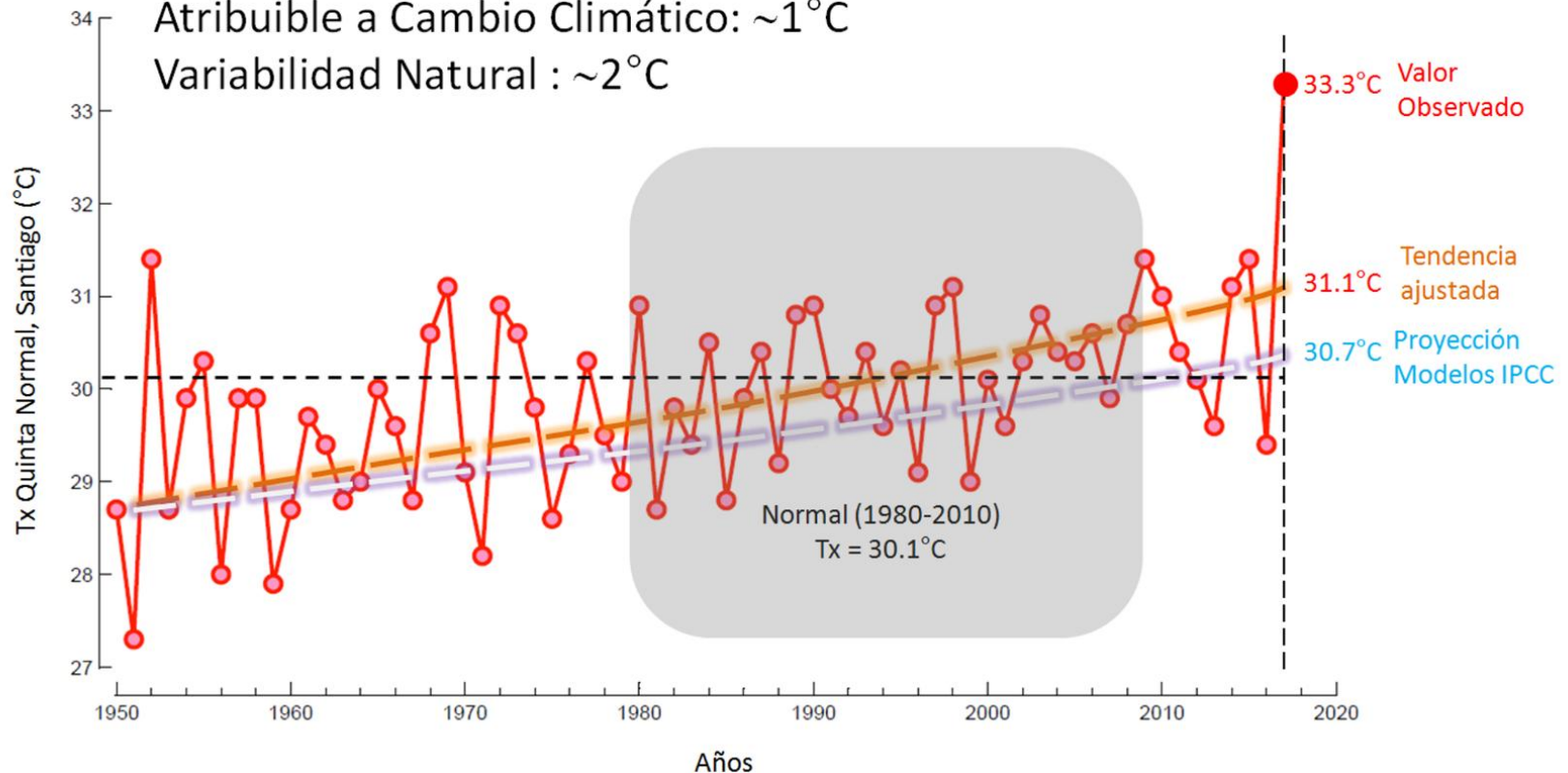
# La Letra Chica



# El ardiente verano 2017



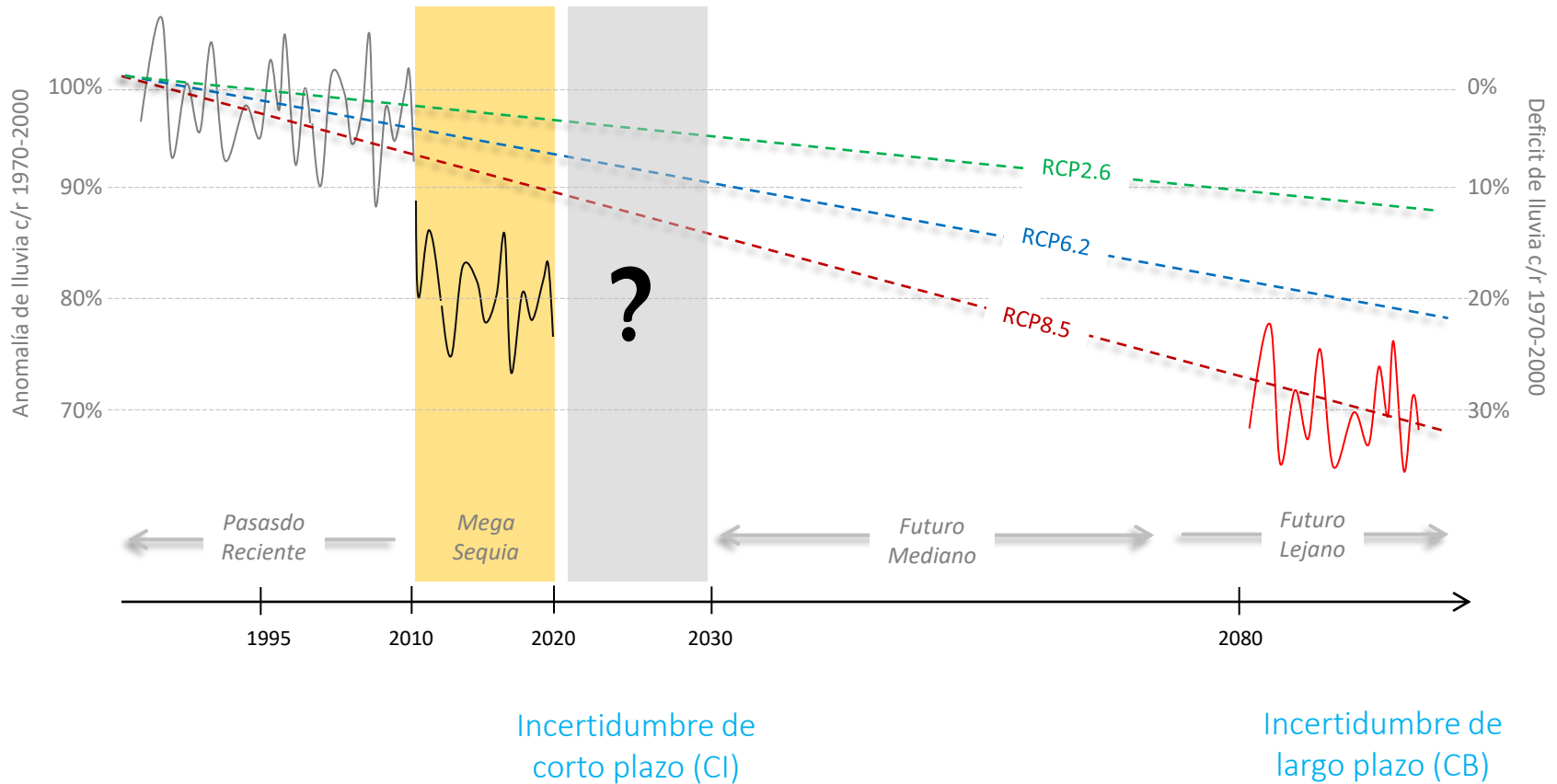
TMax Stgo. Enero 2017: 33.1°C  
 Aumento por encima de la normal: +3°C  
 Atribuible a Cambio Climático: ~1°C  
 Variabilidad Natural : ~2°C



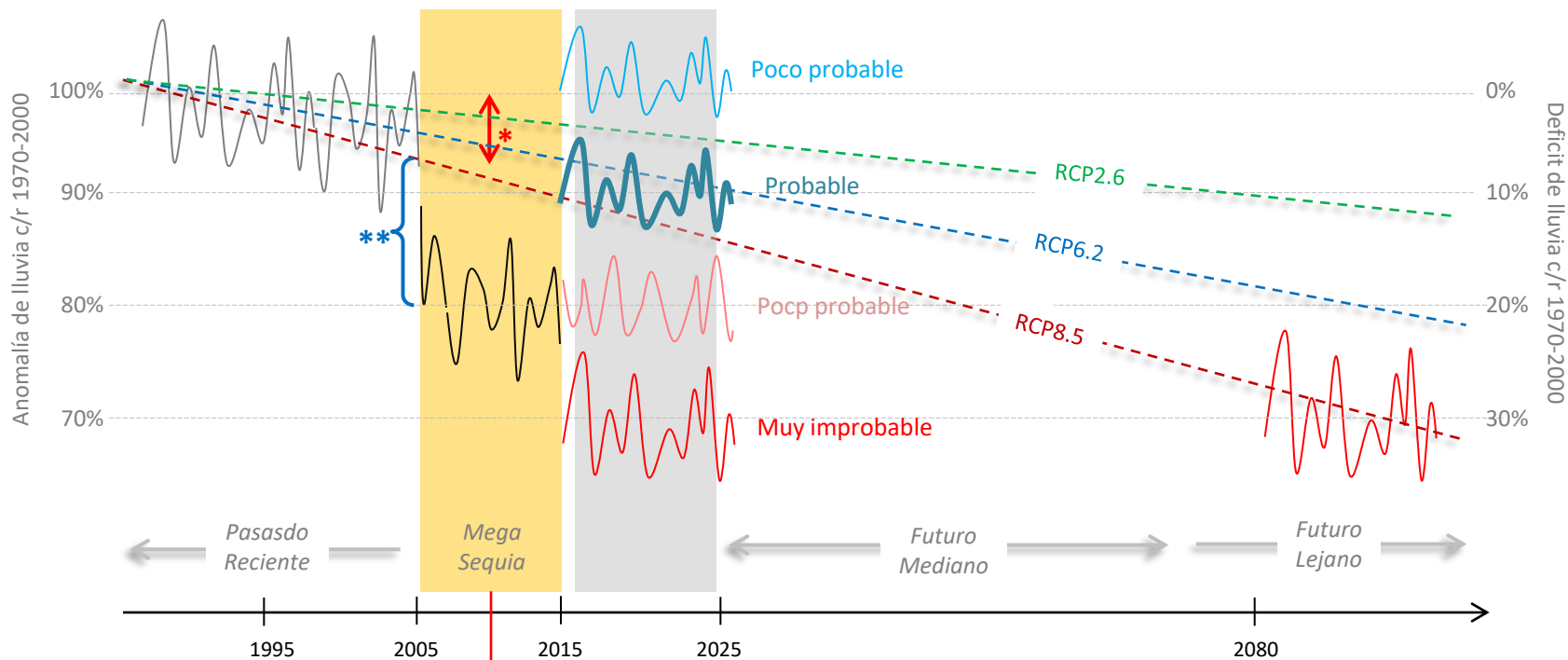
Los modelos climáticos (GCM, RCM) solo nos informan de las tendencias de largo plazo asociado al incremento de los GEI....pero el clima es mucho mas que eso: Variabilidad Natural



# La Mega Sequía en Chile central Llego el futuro?



# La Mega Sequía en Chile central Llego el futuro?



Causas de la Mega Sequía

(\*) Antropogenica

(\*\*) Natural (ENSO, PDO, Internal)

# Discusión y conclusiones






# Las Buenas Noticias.... Acordamos no superar los 2°C


### The Paris climate agreement: key points

#### Temperatures 2100




- Keep warming "well below 2 degrees Celsius"
- Continue efforts to limit the rise in temperatures to 1.5 degrees Celsius

#### Financing 2020-2025




- Rich countries must provide 100 billion dollars from 2020, as a "floor"
- Amount to be updated by 2025

#### Specialisation




- Developed countries must continue to "take the lead" in the reduction of greenhouse gases
- Developing nations are encouraged to "enhance their efforts" and move over time to cuts

#### Emissions goals 2050




- Aim for greenhouse gases emissions to peak "as soon as possible"
- From 2050: rapid reductions to achieve a balance between human activity and the amount that can be captured by "sinks"

#### Burden sharing




- Developed countries must provide financial resources to help developing countries
- Other countries are invited to provide support on a voluntary basis

#### Review mechanism 2025

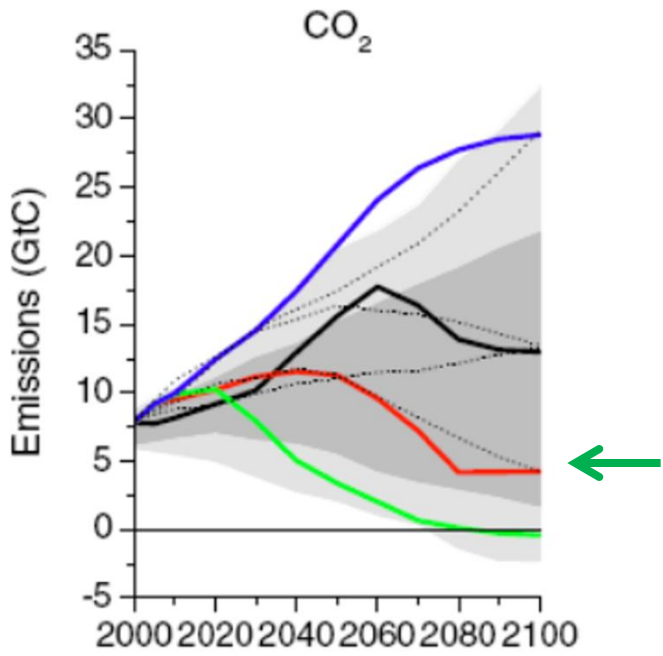


- A review every five years. First mandatory world review: 2025
- Each review will show an improvement compared with the previous period

#### Climate-related losses



- Vulnerable countries have won recognition of the need for "averting, minimising and addressing" losses suffered due to climate change

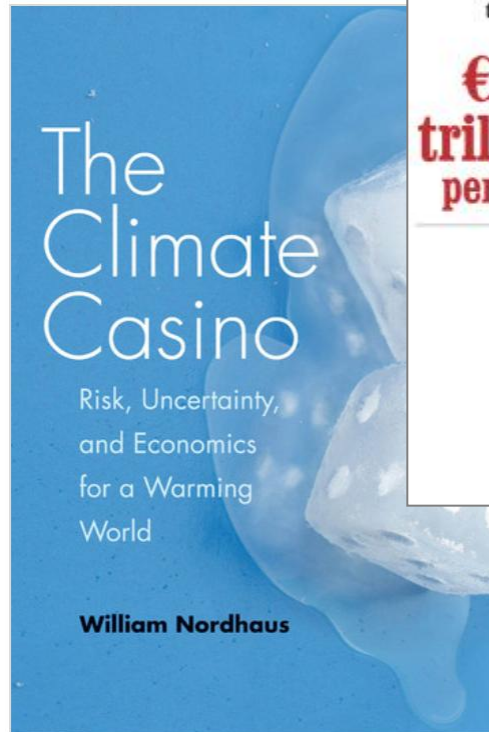


# The Economic Impacts of Climate Change

Richard S. J. Tol\*

## Introduction

For such a fractious discipline, there has been remarkable agreement among economists concerning the first-best climate policy. Ever since the writings of Nordhaus (1977), d'Arge (1979), and Schelling (1992), it has been widely recognized that climate change is a negative externality and that greenhouse gas emissions should preferably be taxed. Although there continues to be a vigorous debate about the long-term (Stern et al. 2006; Nordhaus 2013), no one doubts that climate change is a significant economic risk.



Climate change could cost the world at least **€ 2.6 trillion per year**



Reducing emissions would cost around **€ 0.5 trillion per year**

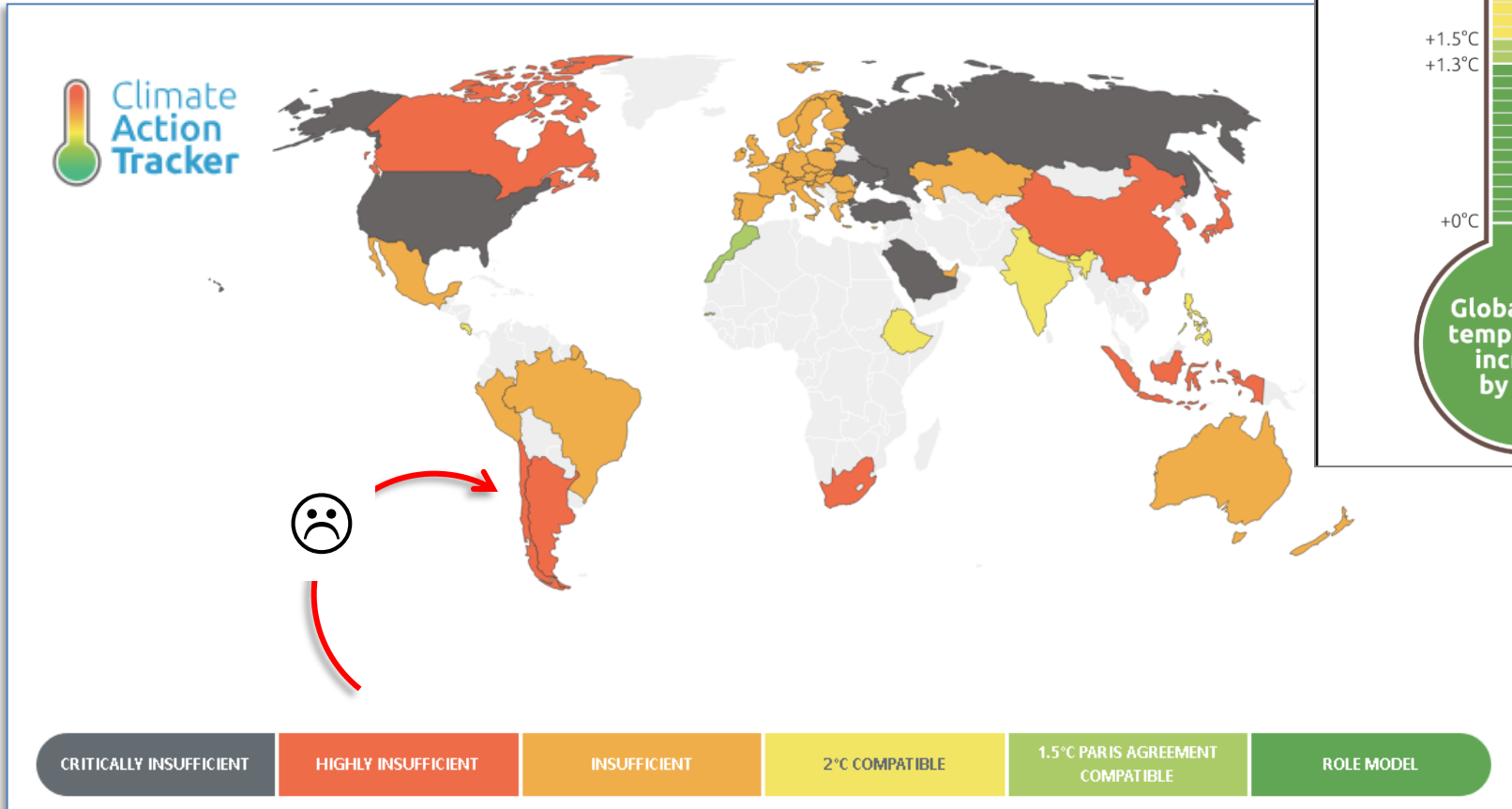
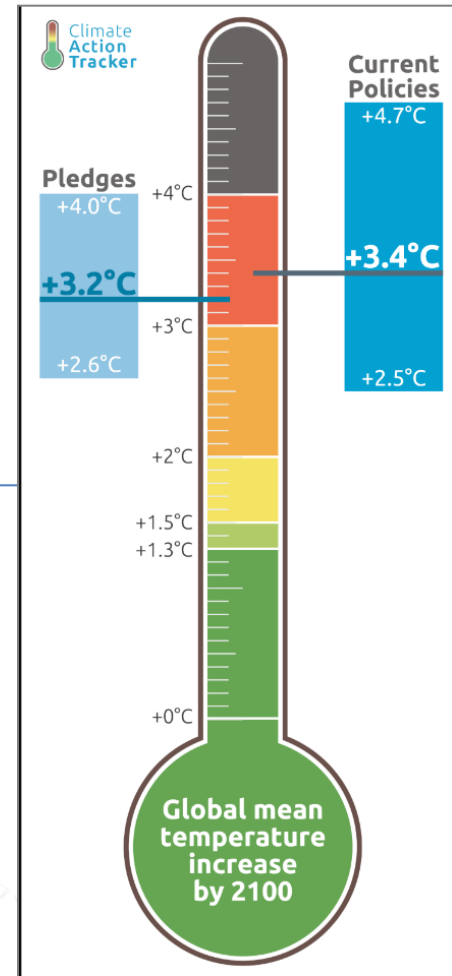


• En este contexto Lord Nicholas Stern produce el año 2006 un informe en el que sopesa costos y beneficios. Concluye:

- Reducir las emisiones de carbono para llegar a un escenario de 450-500 ppm (2°C) costaría un 1% del PIB mundial anual.
- Ignorar el cambio climático puede producir daños de hasta un 20% del PIB mundial.
- El precio de una tonelada de carbono debiera ser US\$85

# Las Noticias: Compromisos nacionales e Impacto en meta global de COP21 (2016)

## Mitigar no es gratis!



# Pero las cosas cambian rápidamente....



Paris Tango. Climate action so far in 2018: individual countries step forward, others backward, risking stranded coal assets

Summary of latest country assessments

3 May 2018

## Chile – Progress on coal-phase out but still more work to do

In early 2018, Chile announced that it will not build any new coal-fired power plants and will phase out the existing plant stock—which makes up 44% of electricity generation—by 2050. This is in line with current trends in Chile, where coal-fired power plant permitting has stalled in recent years in response to comparatively low costs of renewable energy. Chile’s revised energy sector planning, published in December 2017, already reflects this change, with no additional coal plants added beyond those under construction today. Renewables, in contrast, are expected to account for 56% of electricity generation in 2030.

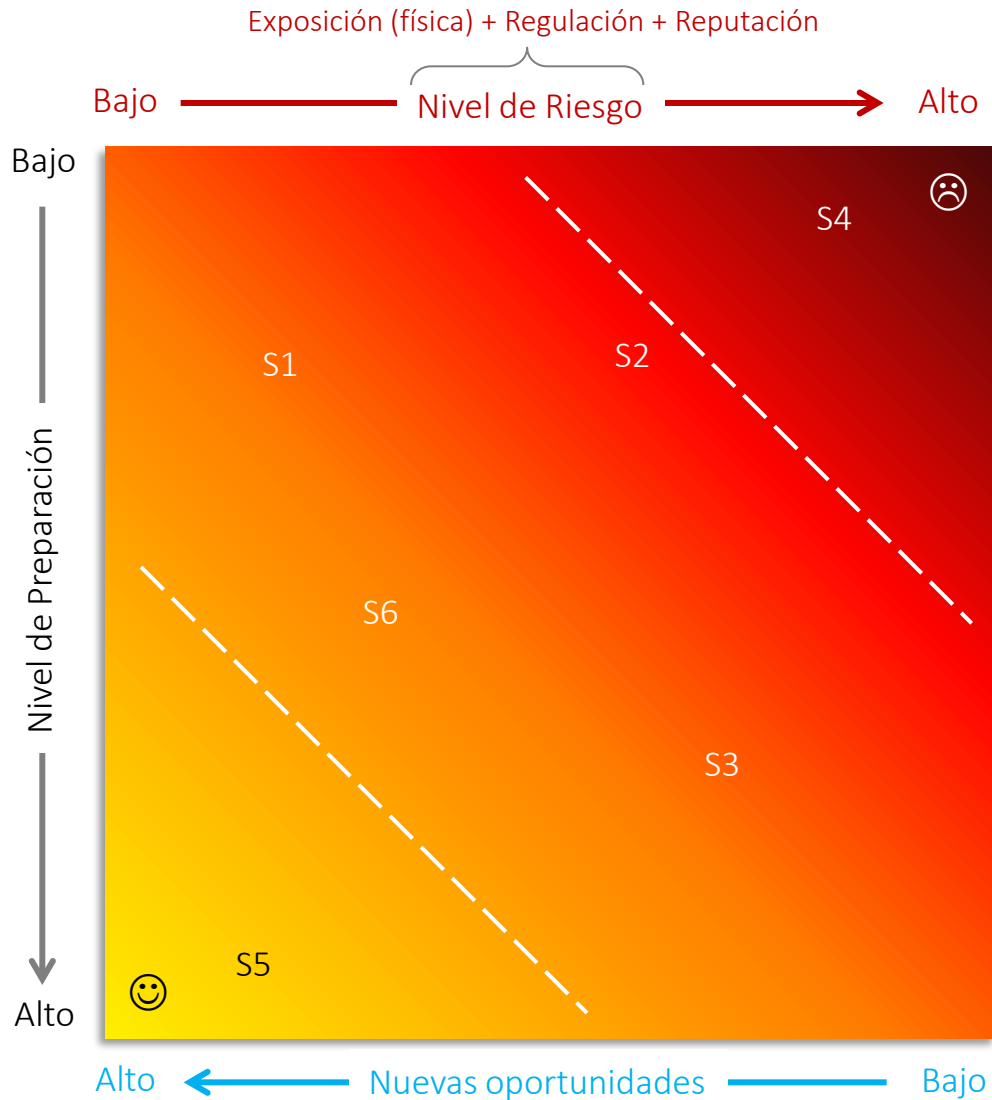
The changes in the energy supply sector are substantial compared to previous assessments, and are linked to the increasingly lower costs for renewable energy in Chile, particularly solar, in comparison to coal (Ministerio de Energía 2017b; IRENA 2015). Current solar PV and onshore wind costs in Chile are as low as USD 0.03/kWh to USD 0.04/kWh (IRENA 2018).

The updated scenario under implemented policies also represents a significant downward shift from earlier estimates, projected emissions in 2030 are now 28% lower than previously projected. If Chile follows this scenario, it will achieve its 2020 pledge and come close to meeting its unconditional NDC target, which is in itself “Highly Insufficient” and instead consistent with warming between 3°C and 4°C.

# Donde esta Usted?

Mapa sectorial de Riesgo versus Preparación

Adaptado de KMPG 2008: *Climate Change Your Business*





# Conclusiones

---

- Tendencias de temperatura y precipitación asociadas al cambio climático (GEI) han comenzando a emerger a nivel global y local
- Modelos climáticos indican que estas tendencias continuaran durante el siglo 21, produciendo un aumento de temperatura y disminución de precipitaciones en Chile central.
- La actual mega sequía ofrece una sinopsis del futuro.
- Magnitud de los cambios depende de niveles de emisión de GEI....los cuales dependen de desarrollo social y económico global.
- El Cambio Climático afecta a las empresas a través del impacto físico local pero también debido a impacto en otras regiones y regulaciones.