

Programa Inspectores Fiscales 2026

Curso Inspección Fiscal I

Módulo III: Entorno de la Inspección Fiscal. S4

SubMódulo: Cambio Climático

Academia de Obras Públicas de Chile Presidente José Manuel Balmaceda
División de Desarrollo y Gestión de Personas. Subsecretaría de Obras Publicas
Jueves 18 y Viernes 19 de Junio. Docente: Juan Alberto González [DOH].



TRABAJANDO
PARA USTED

CAMBIO CLIMÁTICO

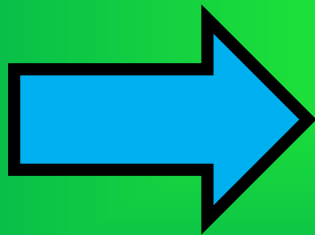
Presentación a los Inspectores Fiscales – Junio 2026

Profesor: Ing. Juan Alberto González Ortega

CAMBIO CLIMÁTICO

El último reporte del **Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (AR6, IPCC)** confirma con muy alto grado de certeza:

Que el Cambio Climático es un hecho «real» e «inequívoco» y que el fenómeno del calentamiento global es **causado principalmente por las actividades de contaminación atmosférica del hombre**



**CAMBIO CLIMÁTICO
«ANTROPOGÉNICO»**

HISTORIA Cambio Climático “CC”

ANOMALÍAS EN LA **CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA DE CO₂**, JUNTO CON OBSERVACIONES DRÁSTICAS DE **CAMBIO EN LA TEMPERATURA** COMENZARON A DESPERTAR EL INTERÉS DE CIENTÍFICOS ALREDEDOR DEL MUNDO SOBRE EL **CAMBIO CLIMÁTICO**.

EL DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) ESTÁ MUY EXTENDIDO EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS. GAS EN LA CERVEZA Y LOS REFRESCOS, Y TAMBIÉN SE UTILIZA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA **PARA** PRESERVAR LOS PRODUCTOS

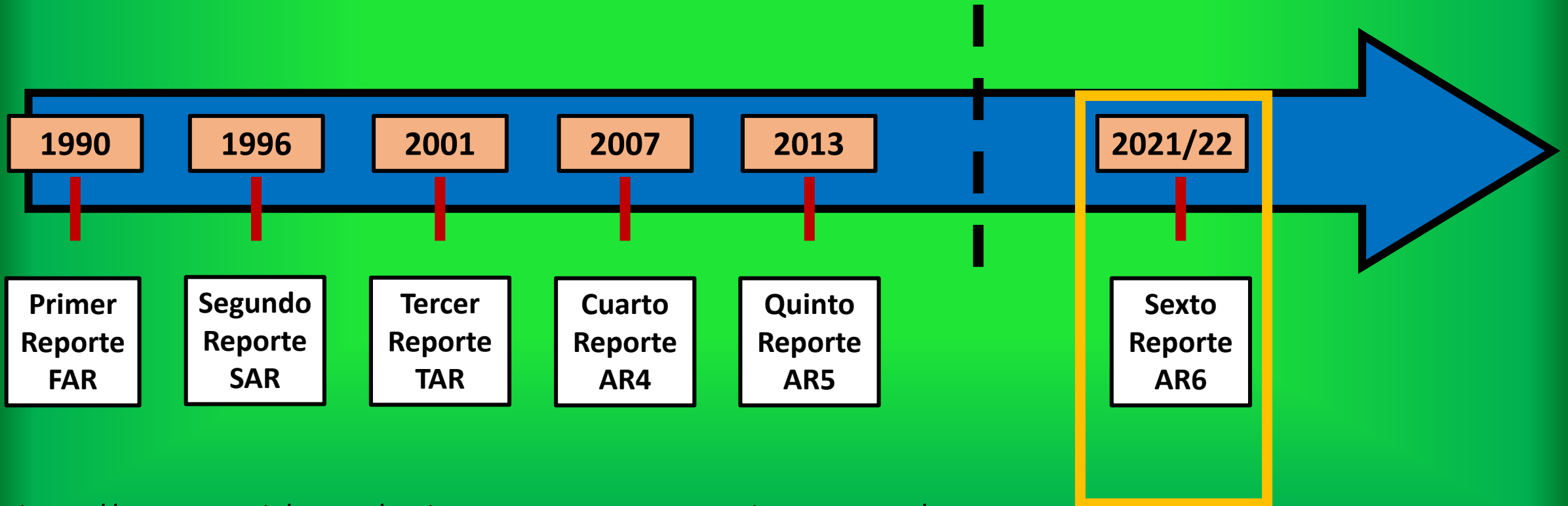
A FINES DEL SIGLO XX en «1988» SE CREA EL PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC), CUYA MISIÓN ES **“PROVEER** EVALUACIONES CIENTÍFICAS EXHAUSTIVAS SOBRE INFORMACIÓN EXISTENTE EN **CAMBIO CLIMÁTICO,** CUANTIFICAR POTENCIALES IMPACTOS, PROPONER **ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN”.**



Cambio Climático

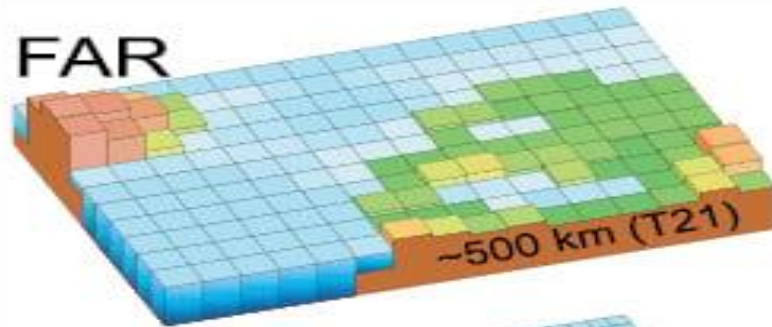
El **IPCC (1988)** ha publicado desde 1990 y aprox. cada 6 años, **seis reportes** donde se **recopila información sobre investigaciones de evidencias climáticas**

1988 Nace IPCC

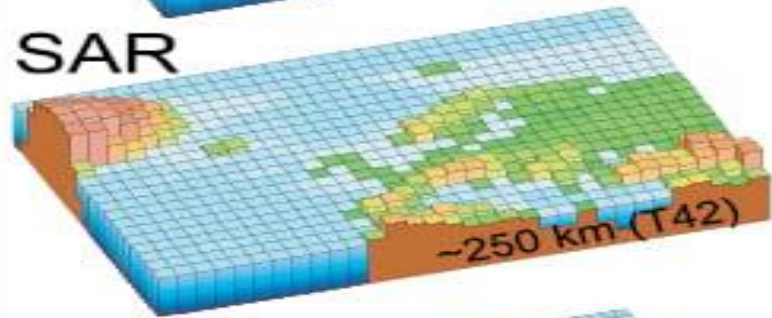


Cambio Climático

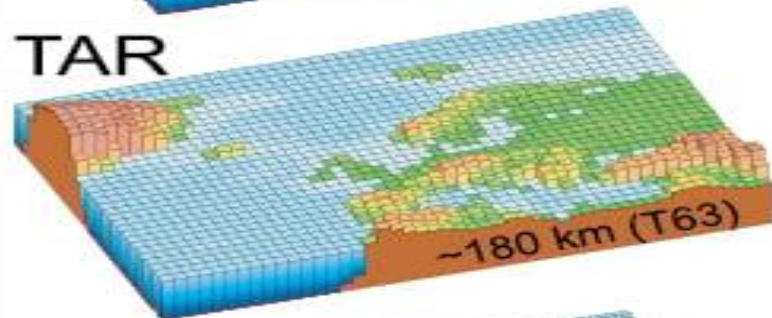
FAR



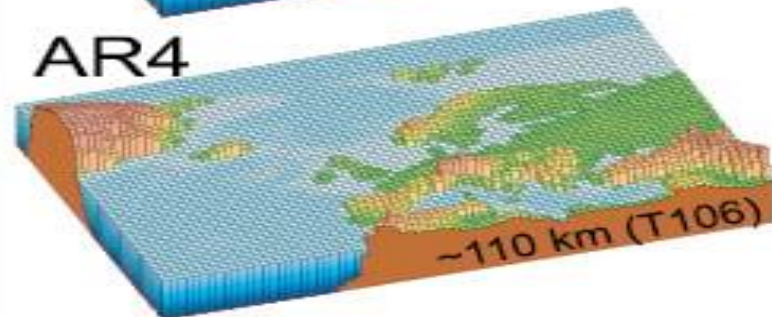
SAR



TAR



AR4



SIXTH ASSESSMENT REPORT AR6.

El IPCC publicó durante (2021-2022), su sexto informe (AR6). Un documento que resume el trabajo que realizaron **científicos de distintas partes del mundo**, durante **casi cuatro años**, en el que recopilaron todos los **últimos estudios, observaciones y datos** para entender mejor lo que **le ha pasado al clima** de la Tierra y **cómo podría cambiar este en el futuro.**

El **AR6** se compone de tres grandes informes, más un informe de síntesis, elaborados por distintos grupos de trabajo: **WG1, WG2 y WG3.**

1) INFORME 1: Se centra en el estudio de la **Base Física del Cambio Climático**, incluyendo la **Evaluación de las Causas y los Efectos del Cambio Climático.** A cargo del **GW1**

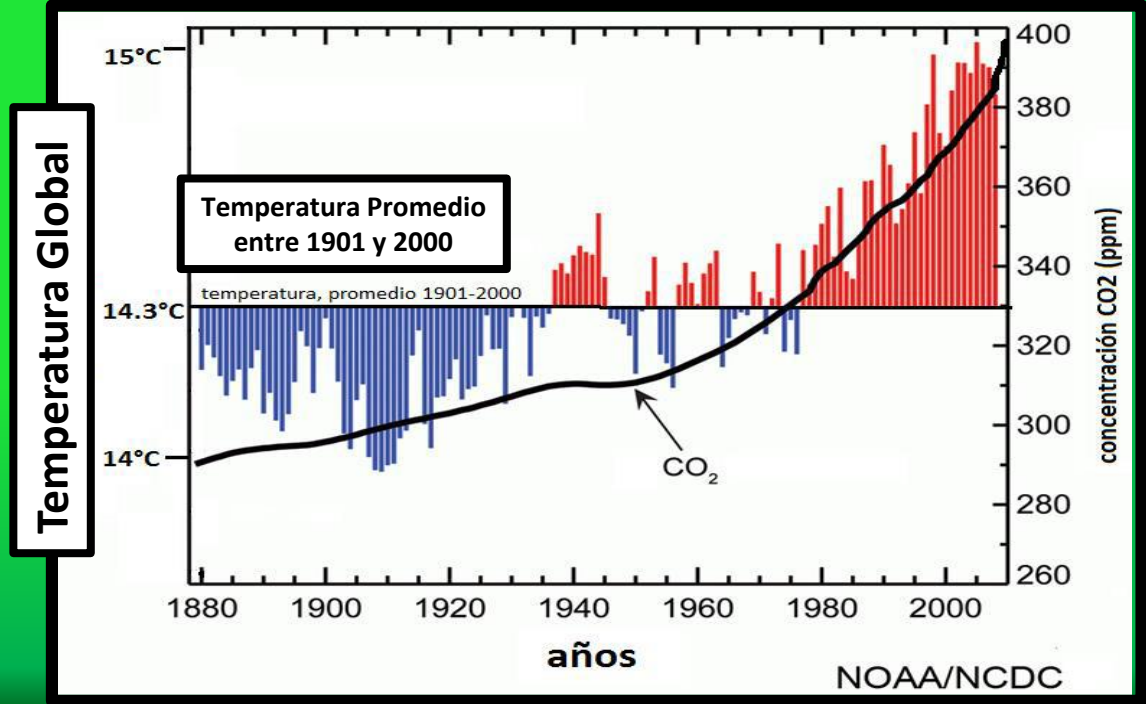
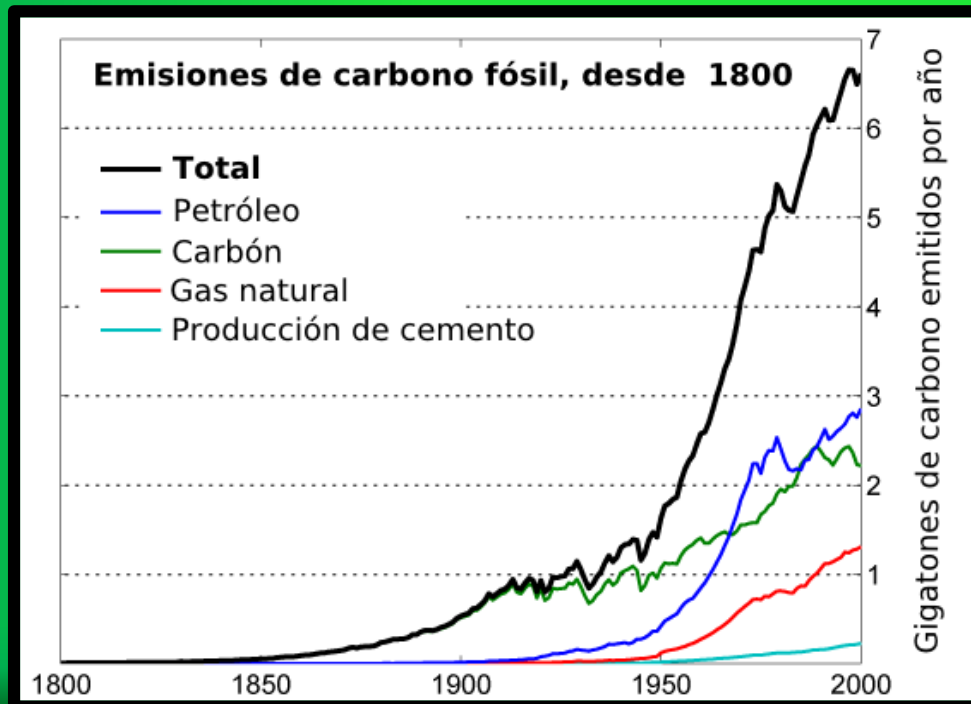
2) INFORME 2: Evalúa los **Impactos, la Adaptación y la Vulnerabilidad del Cambio Climático**, incluyendo los impactos en las ciudades y las comunidades. A cargo del **WG2.**

3) INFORME 3: Examina la **Mitigación del Cambio Climático**, incluyendo las medidas que se pueden tomar para **reducir las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.** A cargo del **WG3.**

Cambio Climático Antropogénico

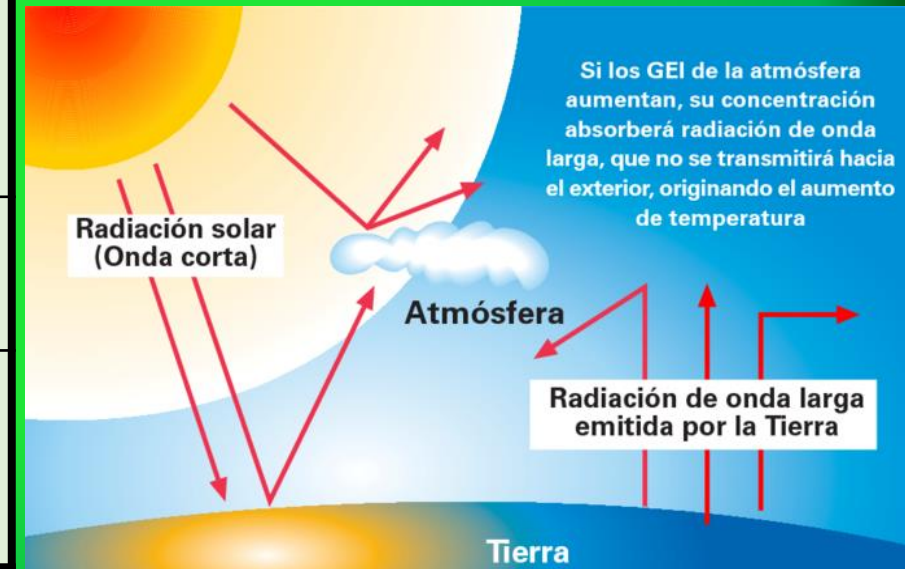
El IPCC ha determinado que las emisiones de los **Gases de Efecto Invernadero (GEI)** son la **causa principal** del **Cambio Climático** «actual», cuyos impactos sobre la atmósfera están **aumentando el Efecto Invernadero natural**, causando así un **calentamiento global** con sus respectivas repercusiones sobre el clima.

(National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – National Climatic Data Center (NCDC))



Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Gas de Efecto Invernadero	Ejemplos Fuentes de Emisión
Dióxido de Carbono (CO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • Quema de combustibles fósiles para generación de energía y transporte • Deforestación
Metano (CH ₄)	<ul style="list-style-type: none"> • Vertederos Sanitarios • Producción de gas y petróleo • Ganadería
Óxido Nitroso (N ₂ O)	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilizantes • Transporte
Clorofluorocarbonos (CFC)	<ul style="list-style-type: none"> • Aire acondicionado • Procesos industriales • Freezer, refrigeradores, etc.

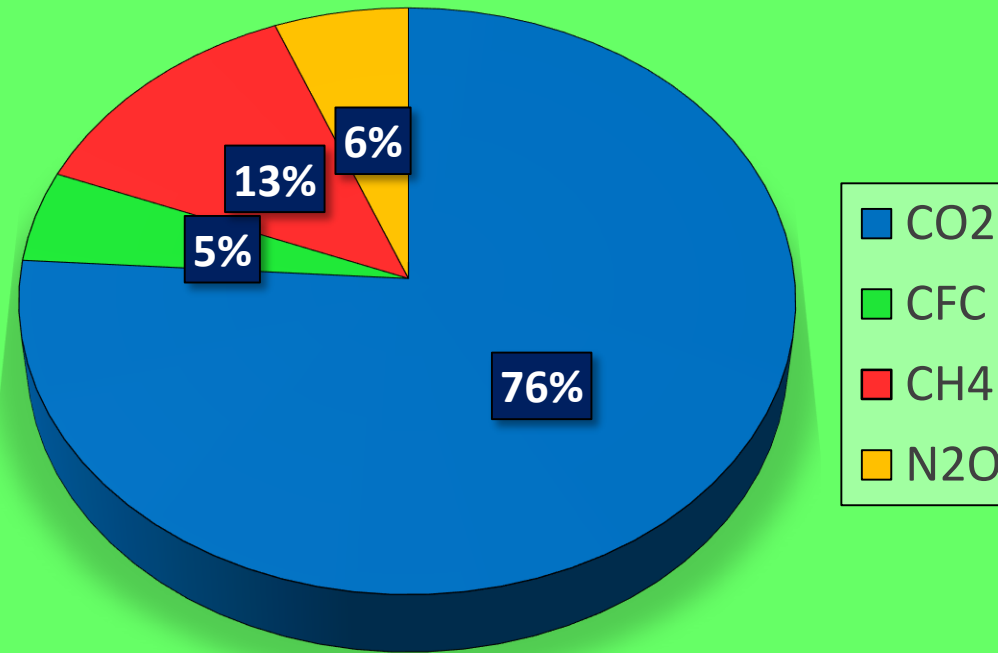


5 MAYORES Emisores de GEI (≈ 60 %) → CHINA (≈ 30 %), USA (≈ 14 %), INDIA (≈ 7 %), RUSIA (≈ 5 %) Y JAPÓN (≈ 3 %)

Cambio Climático Antropogénico

El **efecto invernadero** consiste en que la atmósfera retiene una parte de la energía térmica que proviene de la **radiación solar**, manteniendo así una temperatura promedio global de unos 14°C. Sin este efecto invernadero natural, la temperatura promedio global de la tierra sería de **-18°C** aproximadamente, por lo cual la **tierra** sería prácticamente **inhabitable**.

Contribución Real al Efecto Invernadero



Gas de Efecto Invernadero


Dióxido de Carbono (**CO₂**)
76 %

Metano (**CH₄**) 13 %

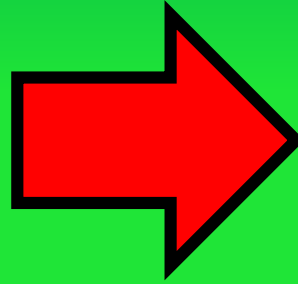
Óxido Nitroso (**N₂O**) 6 %

Clorofluorocarbonos (**CFC**) 5 %


Manifestaciones del Cambio Climático



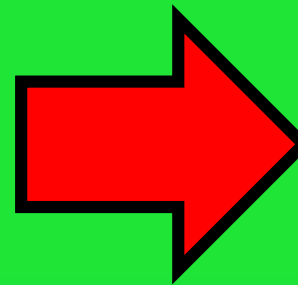
El **Cambio Climático** se puede manifestar en **forma** de **tendencias**:



- Temperatura del aire
- Temperatura del mar
- Precipitaciones
- Acidificación del mar
- Nivel del mar
- Otros



En forma de **eventos extremos**:



- Sequías
- Inundaciones
- Remociones en masa
- Incendios
- Huracanes
- Olas de calor o frío
- Otros



Nota: También afecta la **estacionalidad** de dicho eventos

Manifestaciones del Cambio Climático

El **Cambio Climático** se manifiesta (impacta) de la siguiente manera:

Alteraciones del Ciclo Hidrológico	<ul style="list-style-type: none">• Cambios en las precipitaciones (distribución e intensidad)• Derretimiento acelerado del manto nival y hielo• Alteraciones en los sistemas hidrológicos y en la cantidad y calidad de los recursos hídricos.
Alteraciones en el comportamiento de especies	<ul style="list-style-type: none">• Especies terrestres, dulce-acuícolas y marinas han modificado sus áreas de distribución geográfica, actividades estacionales, pautas migratorias, etc.

HITOS «Acuerdo de París (2015)»

En la **cumbre** realizada en **París** el año **2015 (COP21)**, **195 países mas la Unión Europea aprobaron** un acuerdo contra el **Cambio Climático**.

Principales Puntos del Acuerdo

- Aumento de la **T° global para fines del Siglo XXI debajo de 2°C**

- **Jurídicamente vinculante** (obliga a cumplir) para los **países firmantes**

- **Se revisará cada 5 años el cumplimiento de las NDC (Contribución Nacionalmente Determinada => Disminución de Emisiones y similares)**

(2023) **COP28**, 198 países han firmado el **Acuerdo de Dubái**. Un pacto que reconoce la necesidad de reducir de forma profunda, rápida y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero.

La **COP29**, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2024, se celebró en Bakú, Azerbaiyán, del 11 al 22 de noviembre. La principal discusión se centró en el financiamiento climático, buscando triplicar la ayuda a los países en desarrollo para que puedan reducir emisiones y protegerse de los efectos del cambio climático

Estrategias a Nivel Mundial para Enfrentar el Cambio Climático

Los tres ejes estratégicos establecidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático son:

Mitigación

Reducir las **emisiones** de los gases del efecto invernadero (**GEI**) y **aumentar** la capacidad de su **almacenamiento**.

Adaptación

Evitar o **minimizar** los **impactos negativos** del **cambio climático** y **obtener beneficios** de los **impactos positivos**

Capacitación

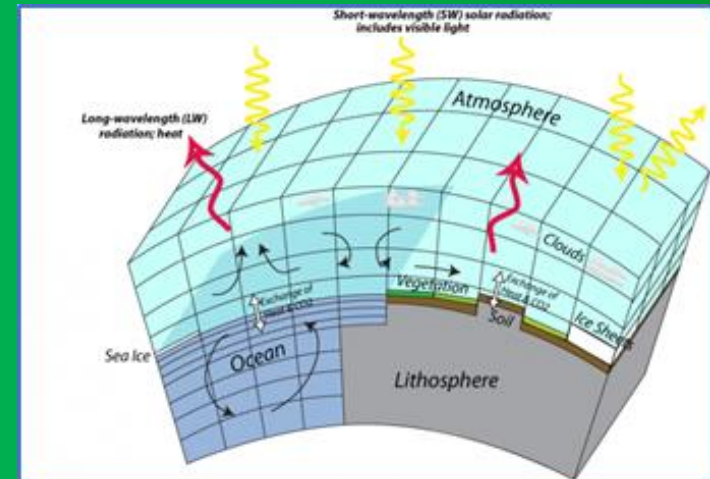
Para **poder** identificar e **implementar medidas apropiadas** de mitigación y adaptación

HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO



MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL

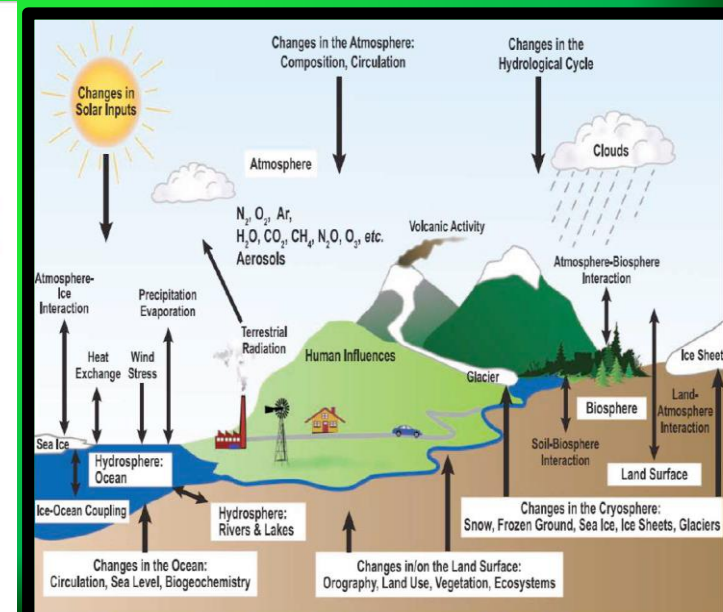
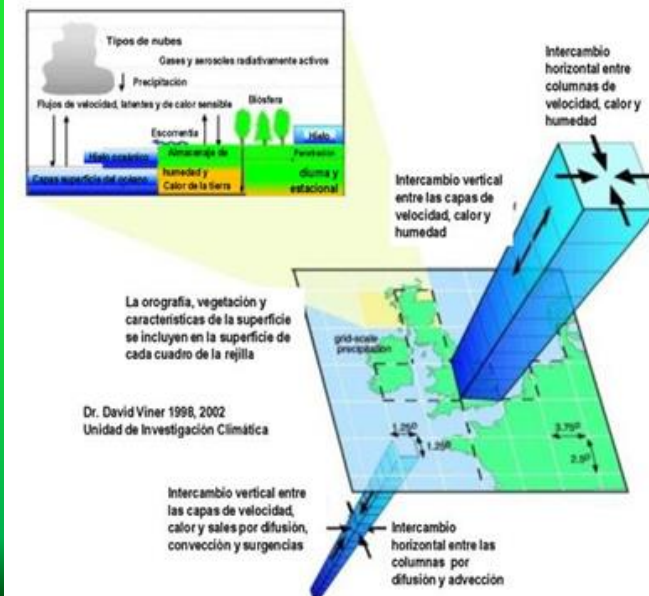
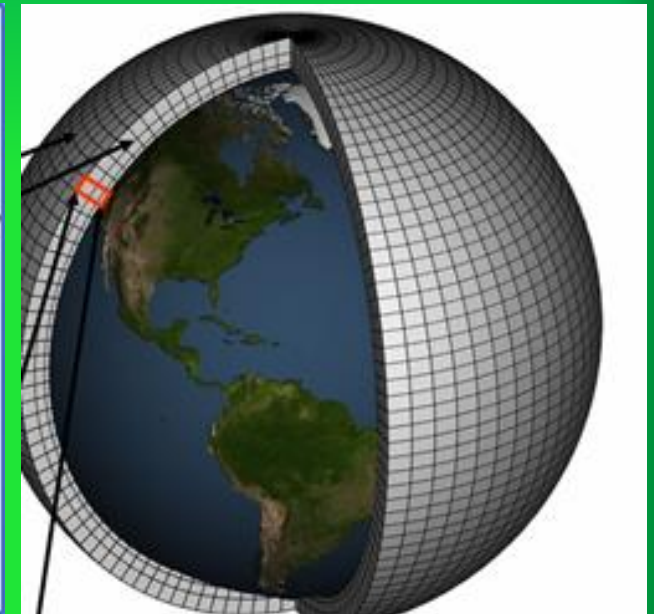
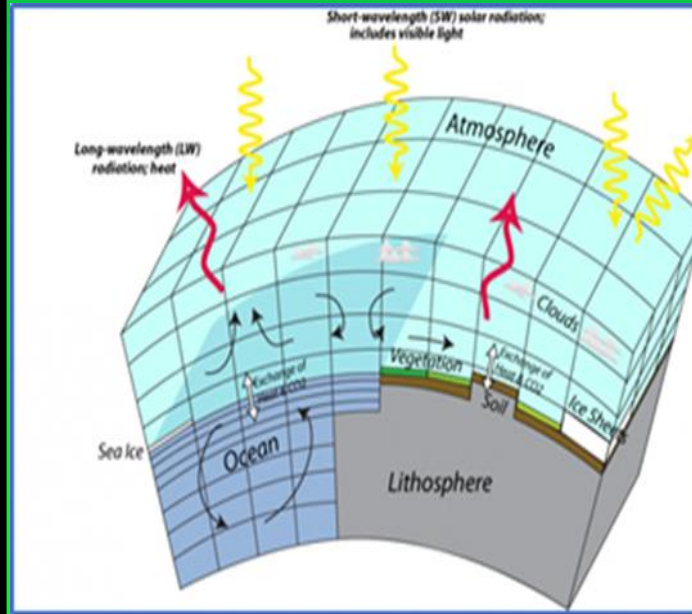
(MCG)



Modelo de Circulación General (MCG)

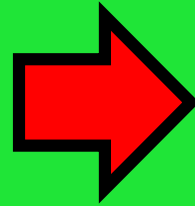
- Los **MCG** son **modelos grillados**, cuyo dominio es todo el globo terrestre, en los que se **resuelven Ecuaciones de Estados (Leyes Constitutivas)**, además **Resuelven Ecuaciones de Balances; masa, energía y momentum**, para el **“Sistema Climático”**.

- La **Atmósfera** tiene una cierta composición química y estructura vertical que afecta la termodinámica y el balance radiativo en ella (Energía/Calor).
- La atmósfera está en rotación, lo que tiene impactos sobre movimientos a gran escala.



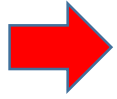
Modelo de Circulación General (MCG)

En el IPCC participan una variedad de organizaciones científicas **poniendo a disposición, analizando y recopilando** los distintos **Modelos desarrollados para el estudio del Cambio Climático.**



- Modelos de libre circulación
- Aplicables a distintas escalas
- Grillas entre **10 y 150 km**, dependiendo de la ubicación geográfica

En Chile, la alternativa con mayor resolución asociada a los *MCG* es el producto de baja escala de la NASA llamado **Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections (NEX-GDDP)**, el cual cuenta con una grilla de **25 km x 25 km**, a escala temporal diaria y que incluye los modelos utilizados por la DGA en el Balance Hídrico de Chile.



ID	Modelo	ID	Modelo	ID	Modelo	ID	Modelo
1	ACCESS1-0	14	CNRM-CM5-2	27	GISS-E2-H	40	MIROC4h
2	ACCESS1-3	15	CSIRO-Mk3-6-0	28	GISS-E2-H-CC	41	MIROC5
3	BNU-ESM	16	CSIRO-Mk3L-1-2	29	GISS-E2-R	42	MPI-ESM-LR
4	CCSM4	17	CanCM4	30	GISS-E2-R-CC	43	MPI-ESM-MR
5	CESM1-BGC	18	CanESM2	31	HadCM3	44	MPI-ESM-P
6	CESM1-CAM5	19	EC-EARTH	32	HadGEM2-AO	45	MRI-CGCM3
7	CESM1-CAM5-1-FV2	20	FGOALS-g2	33	HadGEM2-CC	46	MRI-ESM1
8	CESM1-FASTCHEM	21	FGOALS-s2	34	HadGEM2-ES	47	NorESM1-M
9	CESM1-WACCM	22	FIO-ESM	35	IPSL-CM5A-LR	48	NorESM1-ME
10	CMCC-CESM	23	GFDL-CM2p1	36	IPSL-CM5A-MR	49	bcc-csm1-1
11	CMCC-CM	24	GFDL-CM3	37	IPSL-CM5B-LR	50	bcc-csm1-1-m
12	CMCC-CMS	25	GFDL-ESM2G	38	MIROC-ESM	51	inmcm4
13	CNRM-CM5	26	GFDL-ESM2M	39	MIROC-ESM-CHEM		

Proyecciones de Cambio Climático

- Para la construcción de cada uno de los informes del IPCC se trabajó con ciertos **supuestos para definir escenarios**.
- En la actualidad (**AR6**) en adelante, los escenarios se basan en las <<Shared Socioeconomic Pathway (**SSP**), “trayectorias socioeconómicas compartidas”, las que condicionan las emisiones y la capacidad de adaptación y mitigación”. Antes, hasta el (**AR5**) se usaban «Representative Concentration Pathways» o “Trayectoria de Concentraciones representativas” (**RCP**), que representan el **comportamiento de emisiones producidos por la humanidad**, con las implicancias en el cambio de la forzante radiativas terrestres hasta fines del 2100.

RCP

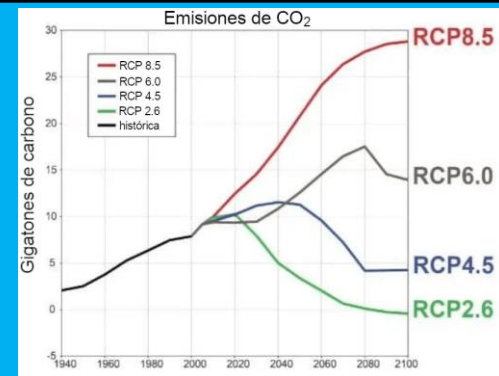
SSP



Estas trayectorias representan **distintos futuros climáticos**, los cuales se consideran posibles de ocurrir.

Escenarios RCP y Proyecciones de Cambio Climático

Escenario	Valor de la Forzante Radiativa (FR) al año 2100	CAMBIO ESPERADO EN LA TEMPERATURA (C°)				CO2 EN EL AÑO 2100
		(2045 - 2065)		(2081 - 2100)		
		Cambio esperado en temperatura	Rango de Incertidumbre	Cambio esperado en temperatura	Rango de Incertidumbre	
(RCP) 2.6	2.6 W/m2	1.0	0.4 – 1.6	1.0	0.3 – 1.7	421 ppm
(RCP) 4.5	4.5 W/m2	1.4	0.9 – 2.0	1.8	1.1 – 2.6	538 ppm
(RCP) 6.0	6.0 W/m2	1.3	0.8 – 1.8	2.2	1.4 – 3.1	670 ppm
(RCP) 8.5	8.5 W/m2	2.0	1.4 – 2.6	3.7	2.6 – 4.8	936 ppm

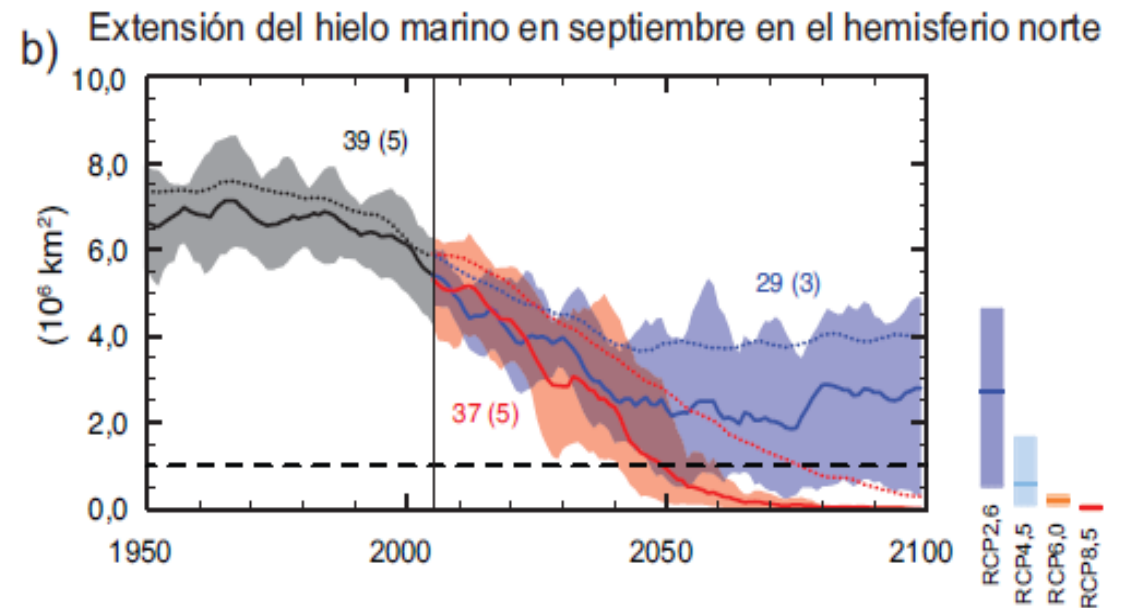
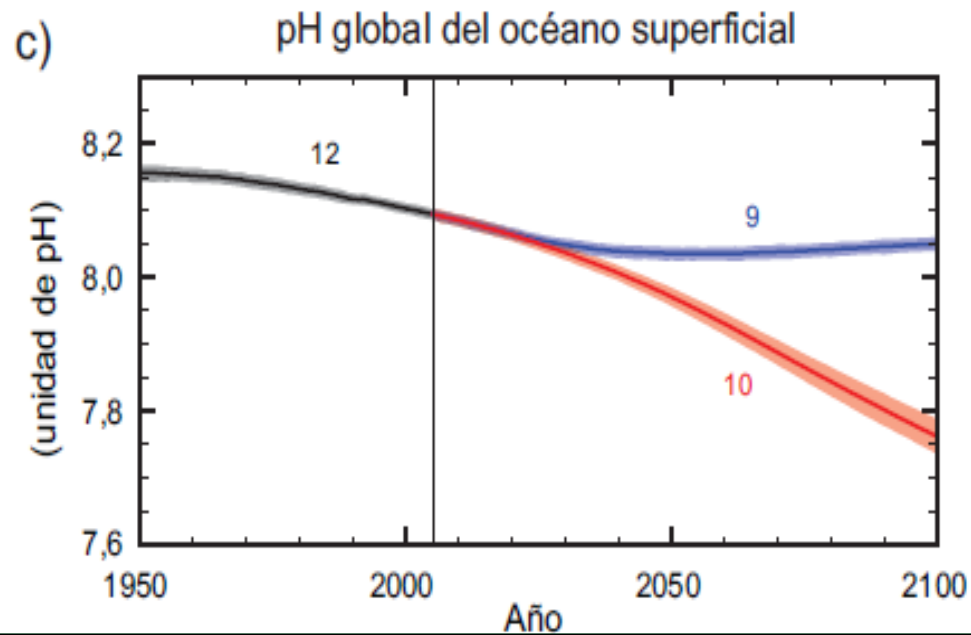
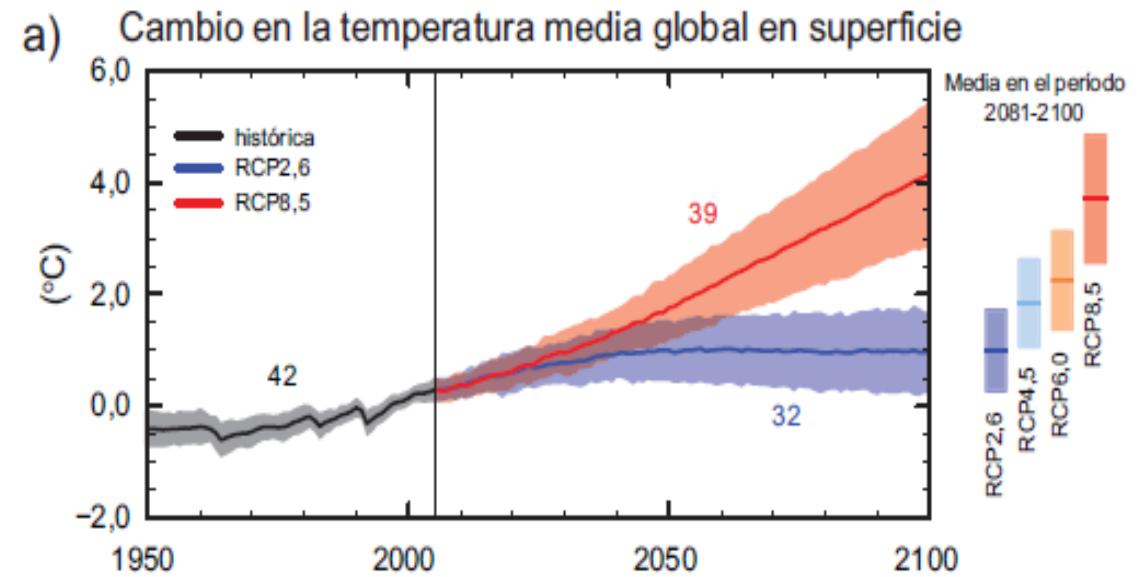


AR6 – Escenarios SSP

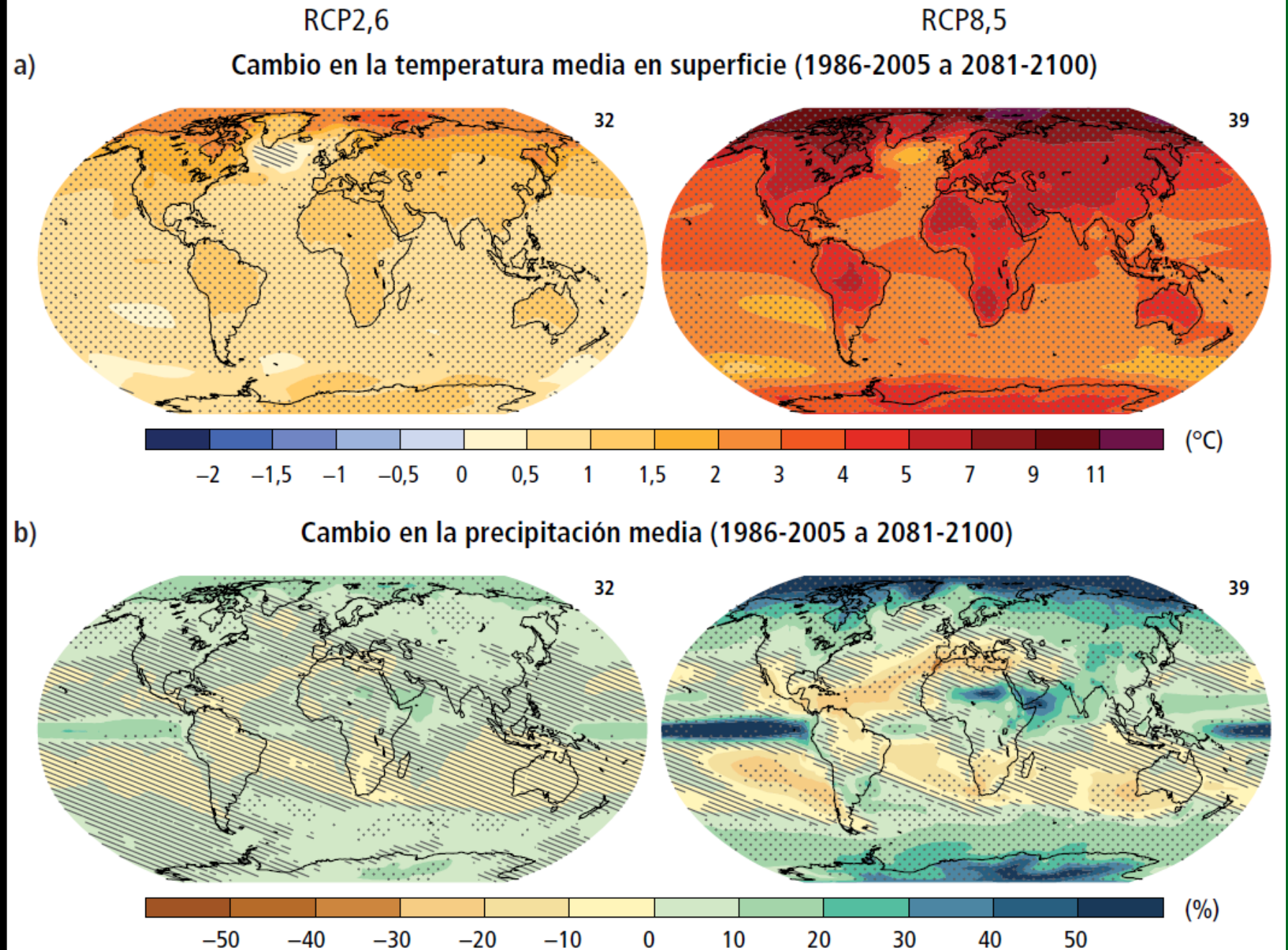
El Sexto Informe de Evaluación del **IPCC (AR6)** incluye una nueva generación de escenarios de cambio climático, llamados **Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP)**, por su siglas en inglés. Estos describen **posibles futuros** en función de cómo evolucione la humanidad en términos de **crecimiento económico, gobernabilidad, conciencia ambiental, desigualdad y tecnología**. **Objetivo:** Comprender cómo nuestras decisiones colectivas hoy afectarán la capacidad del planeta para adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático.

SSP1 SUSTENTABILIDAD	SSP2 CAMINO INTERMEDIO	SSP3 FRAGMENTACIÓN	SSP4 DESIGUALDAD	SSP5 FÓSILES Y DESARROLLO
Bajo crecimiento poblacional	Supuestos intermedios entre SSP1 y SSP3	Alto crecimiento poblacional	Tecnología avanzada en algunos países	Muy alta dependencia de combustibles fósiles
Alto desarrollo económico y humano		Bajo desarrollo económico	Alta desigualdad	Alto crecimiento económico
Alta cooperación internacional		Sociedad regionalizada y poco colaborativa	Acceso desigual a recursos	Bajo crecimiento poblacional
Conciencia ambiental elevada		Baja conciencia ambiental		
Desafíos: Bajos para mitigación y adaptación	Desafíos: Moderados	Desafíos: Muy altos	Desafíos: Altos, especialmente para	Desafíos: Muy altos para mitigación

Proyecciones de Cambio Climático

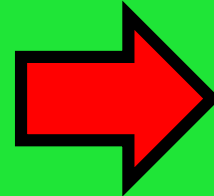


Proyecciones de Cambio Climático



Modelo de Circulación General (MCG)

Cabe recordar que los **MCG** son modelos **GLOBALES** que resuelven una gran cantidad de procesos integrados

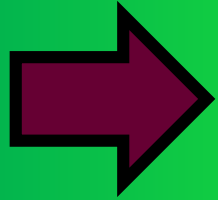


**Resolución
gruesa**

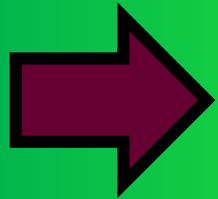
¿Y los procesos a escalas pequeña?

MCG: Escalamiento (Regional, Cuenca, etc.)

Existen dos tipos de escalamiento de **MCG**:



Escalamiento Dinámico



Escalamiento Estadístico

Escalamiento y Corrección de Sesgo

“Las proyecciones de cambio climático se basan en GCMs que se modelan a escala global. Sin embargo, para evaluar efectos sobre los sistemas hidrológicos, se requiere de información a nivel regional...” (DGA, 2019)

1 Escalamiento Dinámico

- Se basa en anidar un **modelo climático regional** (RCM, *Regional Climate Model*) de mayor resolución (e.g., grilla horizontal de 20-50 km) dentro de un GCM de menor resolución.

2 Escalamiento Estadístico

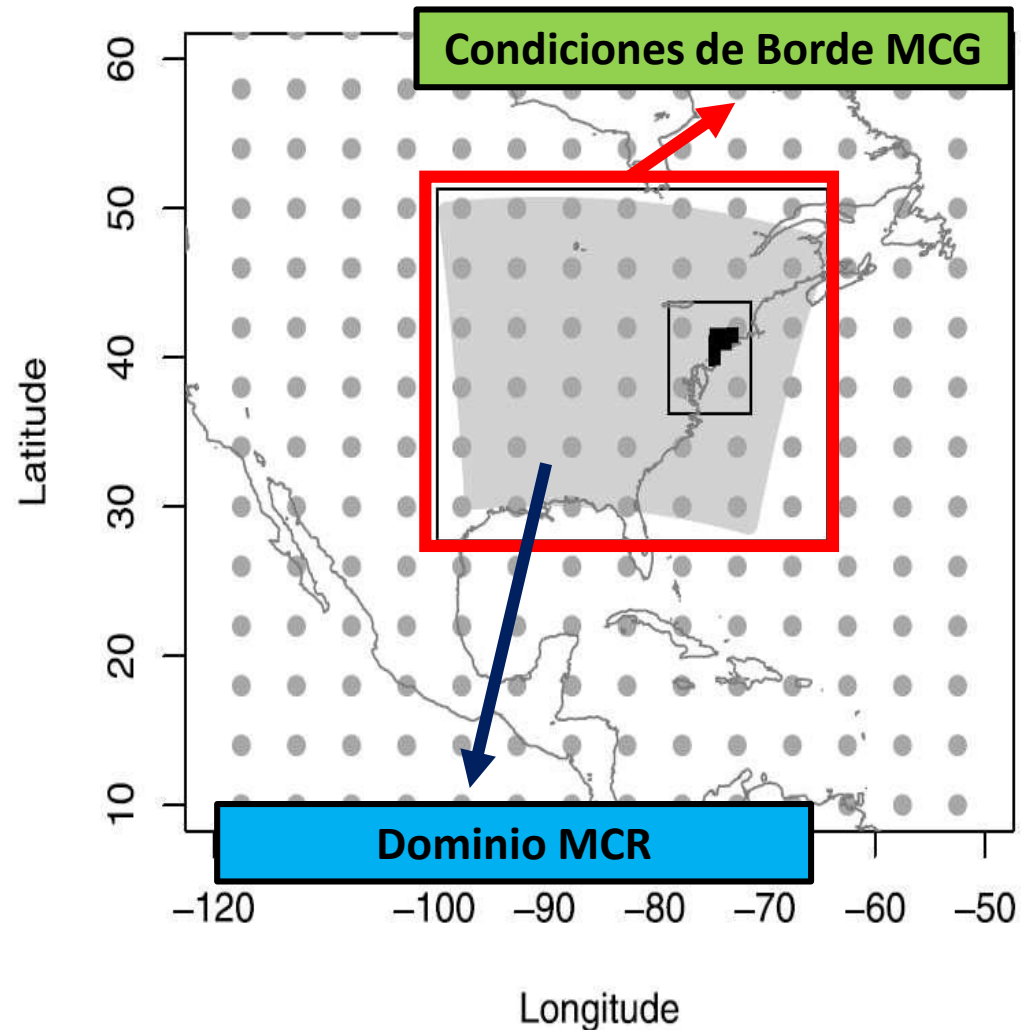
- Se basan en el supuesto de establecer **relaciones estadísticas entre la información de los GCM y los datos observados**, tanto entre ellos como entre los distintos periodos de tiempo a analizar (Wilby et al., 1998).



MCG: Escalamiento

Escalamiento Dinámico

Los métodos dinámicos toman las condiciones de borde de un **MCG** para desarrollar un **Modelo Climático Regional (MCR)**, en donde las propiedades de la atmósfera se calculan en **grillas más finas resolviendo ecuaciones termodinámicas y de movimiento**



MCG: Escalamiento

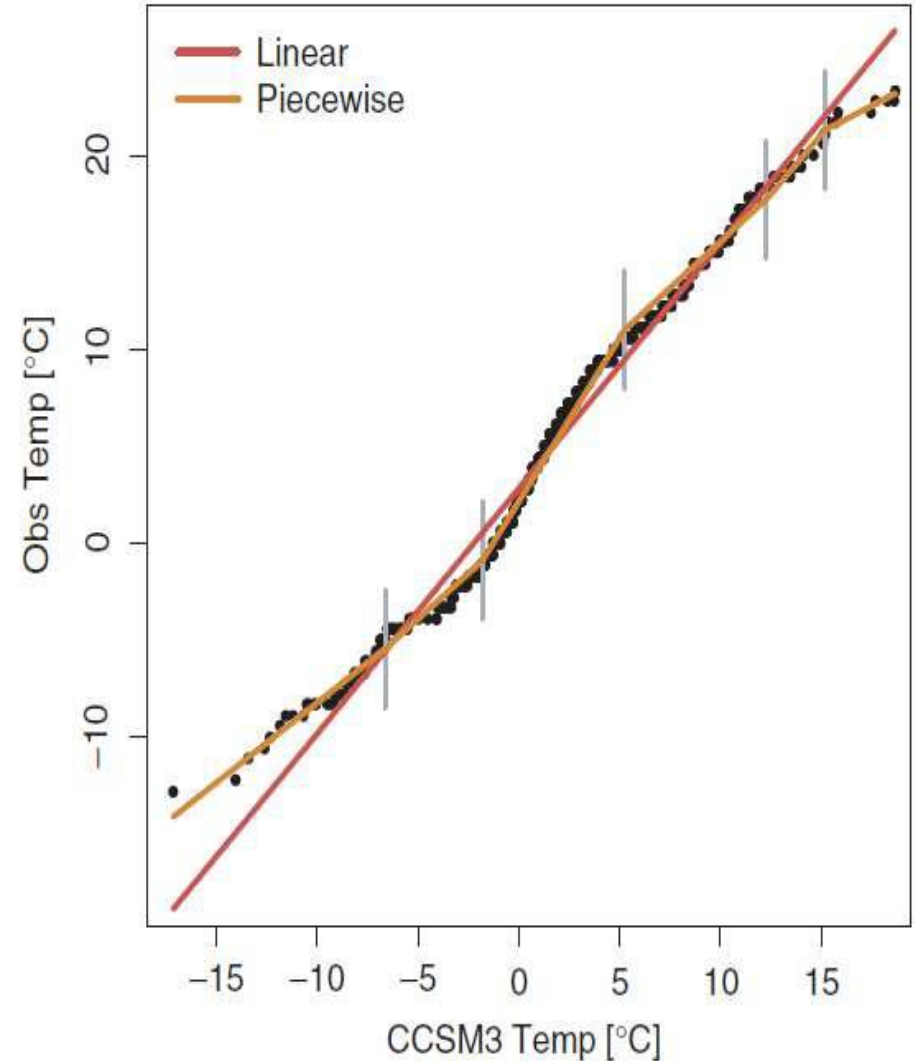
Escalamiento Dinámico

Ventajas	Desventajas
El escalamiento dinámico reproduce de forma consistente variables climáticas a escalas espaciales inferiores.	Existe una incertidumbre significativa en la parametrización de procesos a escalas más finas.
Pueden ser utilizados directamente para alimentar modelos hidrológicos.	El costo computacional para generar una simulación MCR es alta.
	Debido a que se respalda con menos observaciones in situ (Calibración y/o validación), puede presentar sesgos importantes respecto a estas.

MCG: Escalamiento

Escalamiento Estadístico

- El escalamiento estadístico evalúa **relaciones espaciales y temporales** entre **variables climáticas de gran escala y locales** sobre un periodo específico de entrenamiento (periodo histórico).
- Estas relaciones se extienden para **proyectarlas en periodos climáticos simulados no observados (clima futuro y clima pasado)**.



MCG: Escalamiento

Escalamiento Estadístico

Ventajas	Desventajas
Rápido de implementar, mucho menor costo computacional	Si la fuente de observación no existe o no mide adecuadamente, el escalamiento recibirá también dichos inconvenientes
Se pueden obtener resultados para diversos MCG	No permite representar procesos físicos que no están siendo observados
Depende fuertemente de la fuente de observación	En proyecciones muy extensas las relaciones (MCG-Estaciones) podrían ir perdiendo validez. Ej: «La Estacionariedad»

MCG: Escalamiento-Corrección de Sesgo

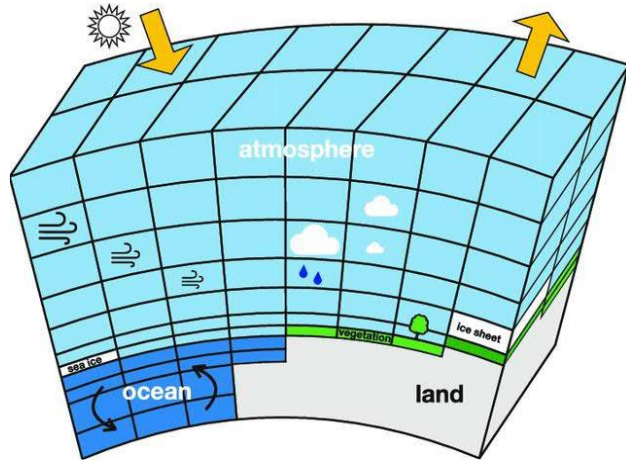
Escalamiento Estadístico

Método Delta: (Promedios Variables Históricas y Futuras)

Asynchronous Regression - Quantile Mapping (QM)

Mapeo de cuantiles Delta (Q Delta Mapping (P_p) - MBCN (P_p, T°))

En la Región «la experiencia Nacional» proyecto Actualización del Balance Hídrico (DGA, 2017)



- En el proyecto Actualización del Balance Hídrico (DGA, 2017) se desarrolló un producto grillado para todo Chile que incorporó las tendencias del clima futuro provenientes de 4 GCMs de la versión CMIP 5 bajo el RCP8.5 (DGA, 2017).
- Los principales criterios para la selección de estos GCMs fueron
 - (1) *la respuesta regional a modos globales de variabilidad climática,*
 - (2) *la sensibilidad climática del GCM, y*
 - (3) *los cambios regionales. Otros detalles sobre estos criterios pueden ser consultados en DGA (2017).*

MCG: Escalamiento

Incertidumbres

El Protocolo GHG (Greenhouse Gas Protocol) es un estándar internacionalmente reconocido que se emplea para medir y gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Existen distintos tipos de **incertidumbres** asociadas a distintas componentes de las proyecciones:

- Escenario de emisiones de GHG

- Modelos MCG

- Condiciones iniciales y de borde para un mismo MCG

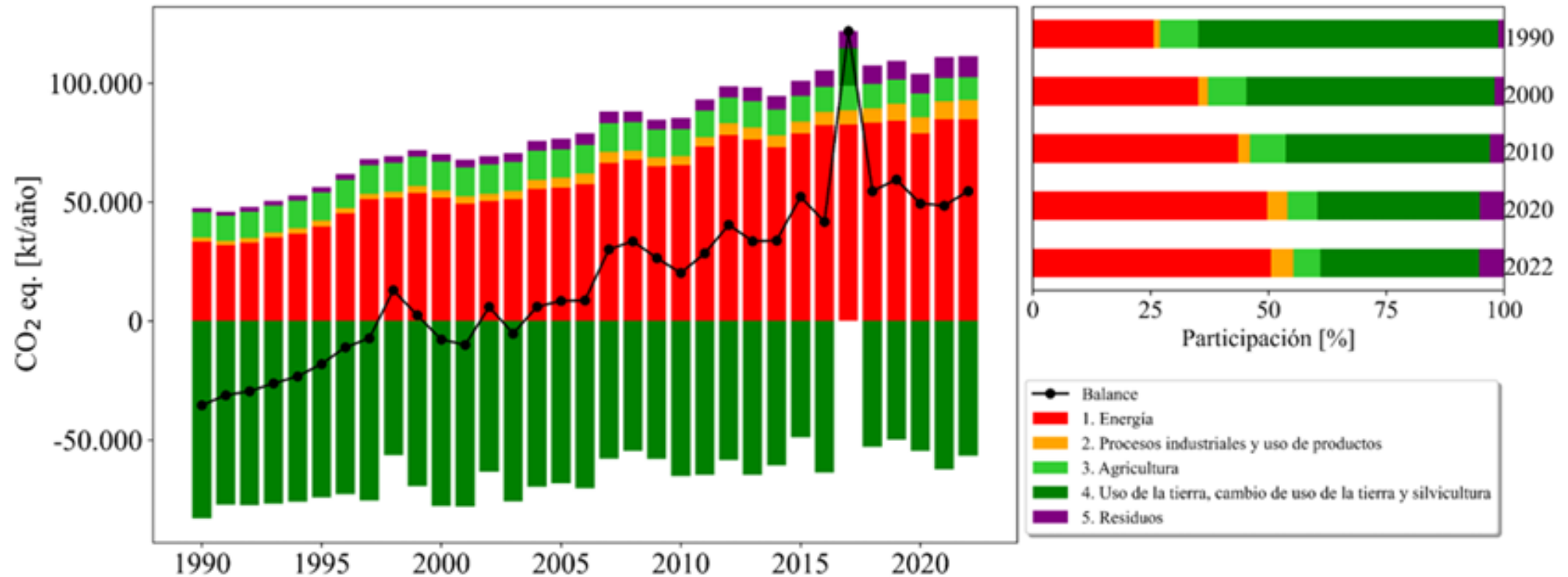
- Método de escalamiento

- Incertidumbre hidrológica

- Incertidumbre paramétrica

CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Chile entre 1990 y 2022



Fuente:

INGEI DE CHILE: balance de GEI (kt CO₂ eq) por sector, serie 1990-2022, incluye todas las fuentes de Emisiones y Sumideros de absorción del sector UTCUTS.

Los desastres afectan al país cada vez de forma más fuerte y recurrente

Ola de calor se extiende a zona sur y alertan por incendios

- ▶ Regiones IX al sur registran sobre 30°C. La Onemi llamó a tomar medidas preventivas.
- ▶ Altas temperaturas han provocado deshielos y aumento en caudal de los ríos de la zona central.

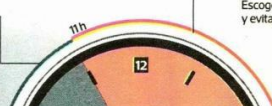
GUÍA PARA ENFRENTAR LOS DÍAS CALIDOS

Niños y adultos deben tomar medidas para adaptarse a las jornadas de mayor calor.

Horario nocturno



No ingerir alcohol para bajar la temperatura



Horario más caluroso

Escoger horarios más frescos y evitar salir entre 11-16h.



Ingerir durante el día bebidas sin gas. Los adultos deben beber dos litros y más.



LA REPRESENTACIÓN DE ESTE TIPO DE TECNOLOGÍA EN EL SIC PASÓ DEL 40% AL 18% EN UNA DÉCADA:

Aporte de la generación hidroeléctrica de embalse cae a la mitad en 10 años

La afectación a la zona centro-sur y la nula inversión en nuevas represas explican la drástica caída de la generación de agua de embalse en la matriz nacional. Por su parte, el carbón triplicó su presencia.



40%

del total de la energía inyectada en el SIC representaban las represas en 2003. Hoy apenas alcanzan el 18%.

30%

representa el carbón. La generación a base de este combustible se triplicó en una década.

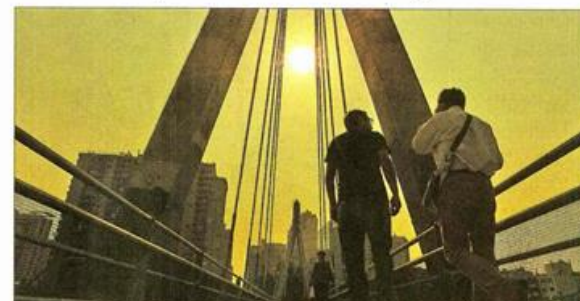
7%

la participación e tienen hoy los ríos del país.

Cada foco registrado desde julio pasado ha arrasado en promedio con 29 hectáreas:

Incendios forestales esta temporada son los más destructivos en 25 años

Para este fin de semana se esperan máximas de hasta 38 °C en la zona central, lo que sumado al viento del este entre Biobío y La Araucanía complicará más el combate al fuego.



23

incendios forestales están activos a lo largo del país, consumiendo más de 28 mil hectáreas.

332 mil

hectáreas se han quemado en los últimos cinco años. Esta superficie equivale a casi cinco veces el Gran Santiago.

30%

de los siniestros originados en el último tiempo han sido intencionales.

EL MERCURIO DE CALAMA

Cambio climático traerá menos lluvias y alza de las temperaturas en la zona

Estudios: según expertos habrá entre 20% y 20% menos de precipitaciones durante cada década los próximos 30 años, con un aumento de 1,2 grados.



Petorca y La Ligua, las comunas con mayor riesgo de sufrir desastres por el cambio climático

- ▶ Estudio de la U. Católica creó un **índice de riesgo climático** en el que la zona del valle de la Región de Valparaíso aparece con el índice más alto.
- ▶ Inundaciones, sequías, aludes, remociones en masa e incendios forestales son las **principales amenazas**, que aumentan por el cambio climático.

**INSTITUCIONES
PÚBLICAS RELEVANTES
INVOLUCRADAS EN EL
ESTUDIO DEL CAMBIO
CLIMÁTICO**

- Ministerio del Medio Ambiente (MMA)
- Ministerio de Obras Públicas (MOP) « DGOP-DGA»



Contribuyen a la gestión técnica y normativa a base de información base y proyecciones.

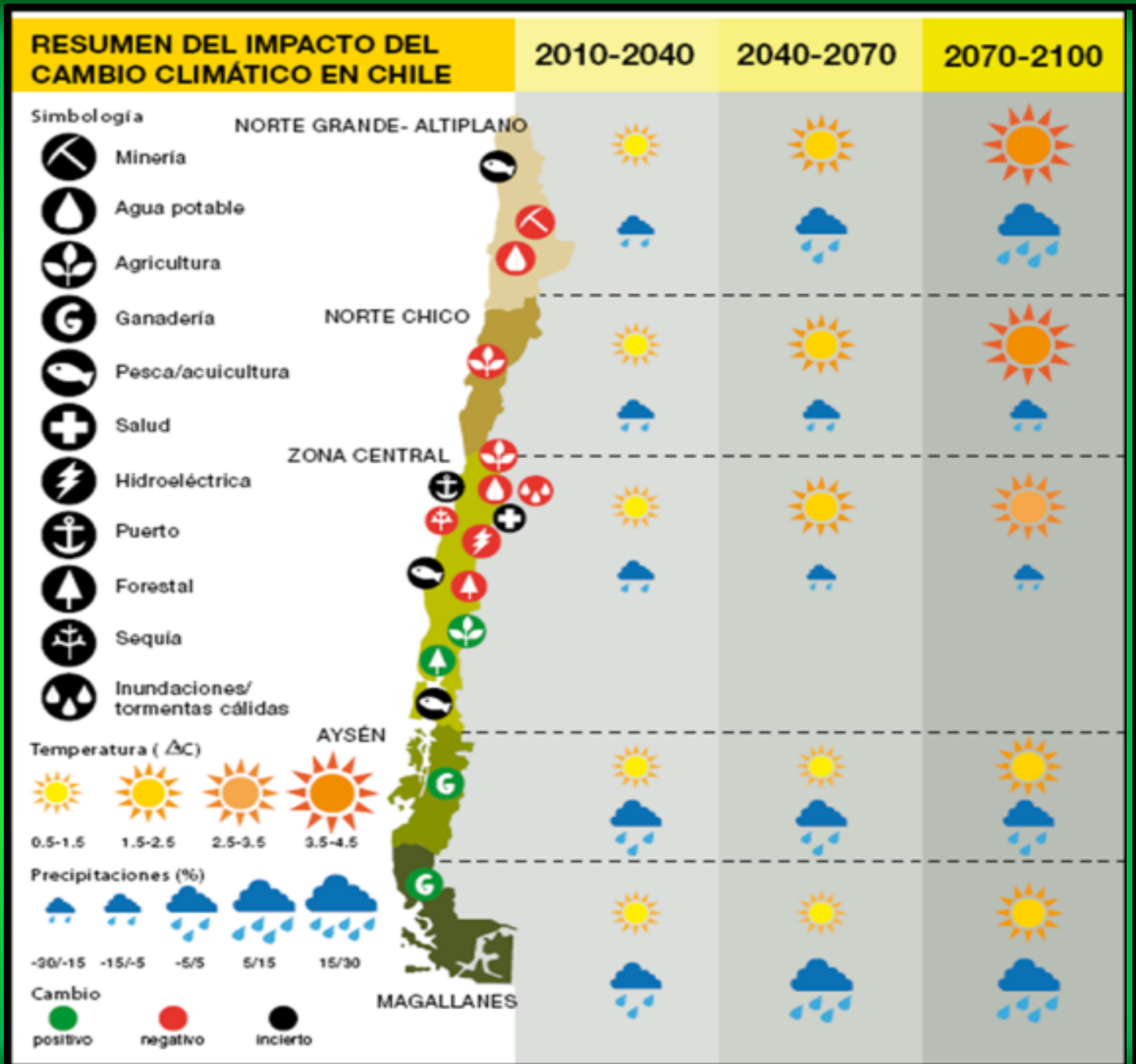


Problemas

- Realidad climática diversa
- Calidad y distribución espacial de los datos

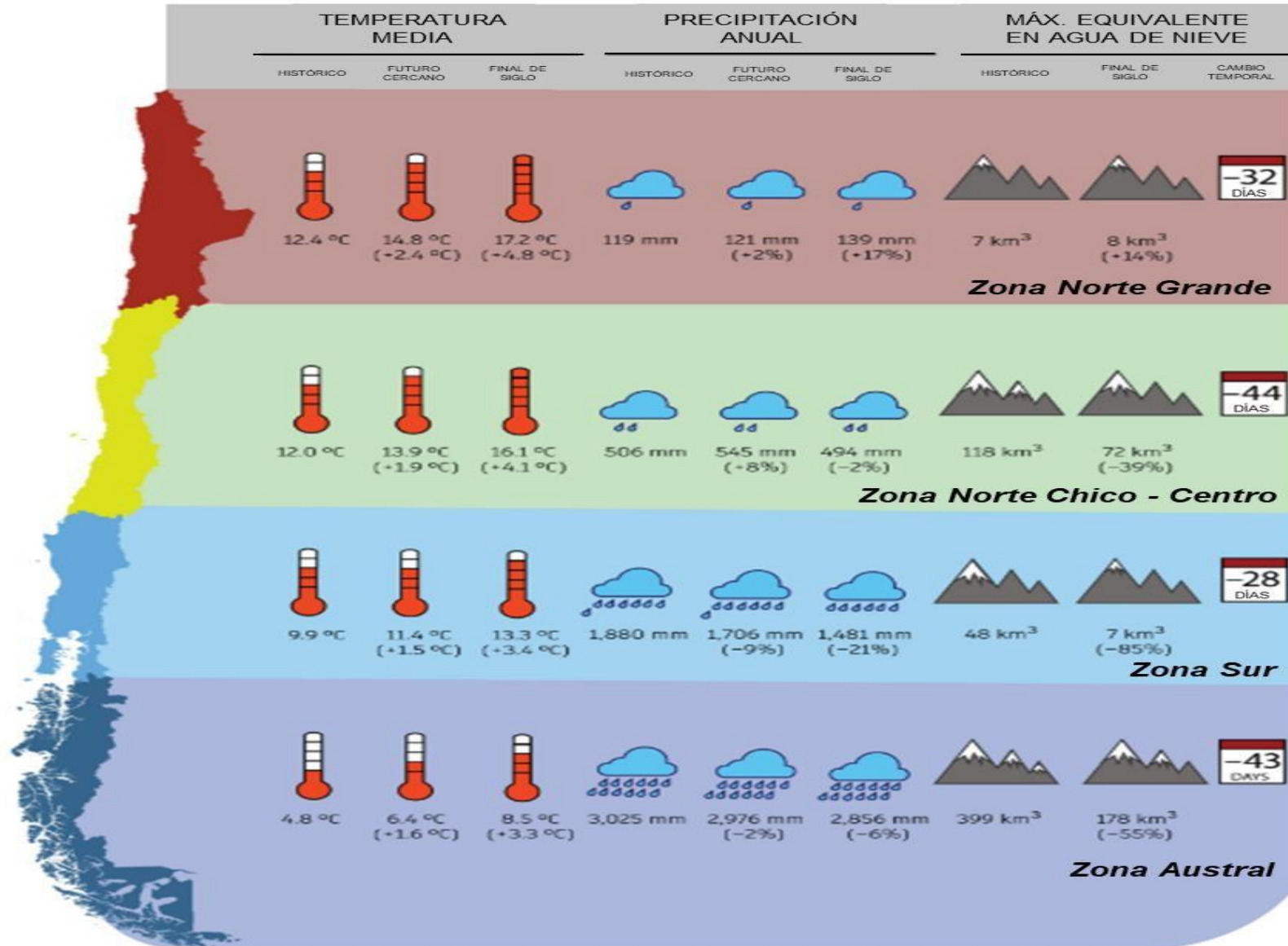
Vulnerabilidad de Chile ante el Cambio Climático

Fuente: CEPAL, 2012



Resumen de los impactos del cambio climático en escenario RCP8.5 para el futuro cercano (2030-2059) y finales de siglo (2070-2099) en la temperatura media, precipitación anual promedio y mediana del máximo equivalente en agua de nieve y su tiempo de ocurrencia en comparación al periodo 1985-2014 a lo largo de las cuatro macrozonas de Chile continental.

Fuente: Adaptado de Bambach et al. (2021)



Vulnerabilidad de Chile ante el Cambio Climático

Según proyecciones de futuro escenarios climáticos se estiman en Chile:

Aumentos de **temperatura** entre **2 y 4°C** en todo el país, a fines de siglo.

Descongelamiento de los **glaciares** y **disminución del área andina** para almacenar nieve.

Aumento del **nivel del mar** y **acidificación**.

Disminución en las **precipitaciones** entre **5-20%** en la **Zona Central** y un aumento en las precipitaciones entre **10 y 15%** en la **Zona Sur**.

Mayor frecuencia de Eventos Extremos

- Mega sequía Estructural (2010 – 2025)
- Ríos Atmosféricos
- Regímenes Convectivos (zona centro-sur)

PÉRDIDA DE LA ESTACIONARIEDAD

➔ **CAMBIO DE PARADIGMA** del “DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA”.

Algunas problemáticas particulares en Chile en relación a estudios sobre el Cambio Climático:

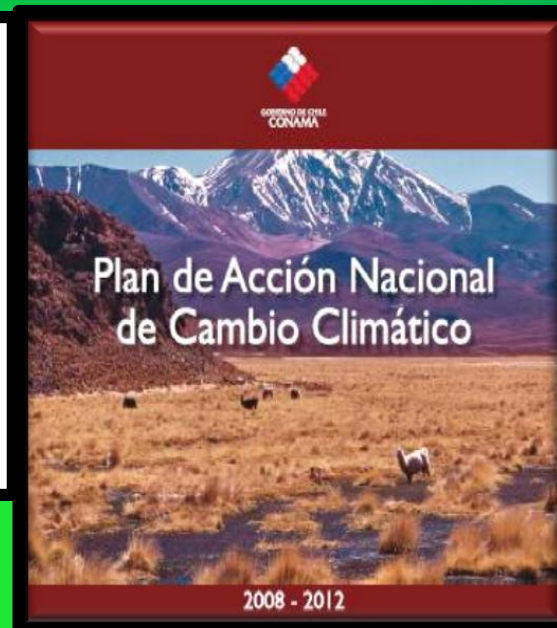
- Estaciones de medición de variables meteorológicas y fluviométricas están concentradas entre las regiones IV y XI.
- Falta de información en la costa y la cordillera. Esto provoca que las modelaciones numéricas e hidrológicas de las zonas andinas presenten mayor incertidumbre y/o error
- En el norte, los eventos extremos son diferentes (Invierno Altiplánico “convectivo”), mientras que en el sur, regulado por régimen Ciclónico (frentes), son cada vez más sensibles, debido a los cambios en la estacionalidad, anticipo de los deshielos, variaciones en la isoterma cero e irrupciones convectivas , con aumento en la intensidad de la lluvia.

Políticas en Chile para enfrentar el Cambio Climático

Plan de Acción
Nacional de
Cambio
Climático (2008)



Instrumento **articulador** de la política chilena
en materia de cambio climático



PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN
AL CAMBIO CLIMÁTICO



Proporciona el marco conceptual para **9 Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático** y una estructura operativa para su elaboración e implementación



Plan Nacional de
Adaptación al
Cambio Climático
(2014)

Políticas en Chile para enfrentar el Cambio Climático

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2014)

En diciembre del 2014 el **Consejo de Ministros para Sustentabilidad aprobó el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático**. El Plan entrega los lineamientos para la adaptación en Chile y proporciona, entre otros, la estructura operativa para la elaboración e implementación de 9 Planes Sectoriales:

- **Silvoagropecuario (2013)**
- **Biodiversidad (2014)**
- **Pesca y Acuicultura (2015)**
- **Salud (2016)**
- **Infraestructura (2017)**
- **Ciudades (2017)**
- **Recursos Hídricos (2018)**
- **Energía (2018)**
- **Turismo (2019)**



Política de Chile para enfrentar el Cambio Climático

Contribución Nacional Tentativa de Chile (2015)



CONTRIBUCIÓN NACIONAL
TENTATIVA DE CHILE (INDC) PARA EL
ACUERDO CLIMÁTICO PARÍS 2015

Septiembre 2015



Entregada a la COP 21, el Gobierno se compromete con cinco pilares estratégicos:

- **Mitigación de las emisiones de los GEI**
- **Adaptación al Cambio Climático**
- **Construcción y fortalecimiento de capacidades**
- **Desarrollo y transparencia de tecnologías climáticas**
- **Financiamiento**

Políticas en Chile para enfrentar el Cambio Climático

Ley N° 21.455, Marco de Cambio Climático – Elementos centrales



Meta de neutralidad de emisiones 2050



Principios jurídicos



Instrumentos de gestión del cambio climático



Institucionalidad del cambio climático



Incorporación de consideraciones climáticas en otros instrumentos



Sistemas de información

Instrumentos de Gestión del Cambio Climático – Sistema

Meta Neutralidad de Emisiones y Resiliencia a más tardar al 2050



Contribución Determinada a Nivel Nacional

(Compromisos Nacional de mitigación y adaptación. Actualiza cada 5 años)

Estrategia Climática Largo Plazo

(Objetivos y metas sectoriales y subnacionales. Actualiza cada 10 años)



Planes Sectoriales Mitigación y Adaptación

(acciones para lograr los objetivos y metas sectoriales)

Energía, Transporte, Minería, Agricultura, Salud (residuos), Infraestructura, Vivienda y Ciudades, Recursos Hídricos, Turismo, Pesca y Acuicultura, Borde Costero, Biodiversidad.

Planes de Acción Regional y Comunal

(acciones regionales y locales de mitigación y adaptación)

Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuenca

Sistema Nacional de Información y Participación Ciudadana sobre Cambio Climático

CAMBIO CLIMÁTICO

Y LA INFRAESTRUCTURA MOP

GENERALIDADES

- Hoy existen múltiples herramientas disponibles: **productos satelitales, MCG, reanálisis, productos grillados.**
- Esto permite abordar problemas hidrológicos **incluyendo la componente cambio climático.**
- **Sin embargo,** aún existen **brechas metodológicas** para su incorporación en proyectos

GENERALIDADES

- Existe un marco legal e institucional robusto
- Existe experiencia acumulada (MMA, MOP, DGA, DOH)

Sin embargo, no existen criterios metodológicos estandarizados a nivel de proyecto

CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MOP

La infraestructura del MOP se ve afectada en diversos productos estratégicos de Infraestructura crítica y gestión de los Recursos Hídricos:

- Embalses e Infraestructura de Riego
- Abastecimiento de Agua Potable Rural
- Defensas Fluviales y Aluvionales
- Gestión de los Recursos Hídricos (superficiales y subterráneos)
- Conectividad

Sin embargo, el Cambio Climático introduce nuevas incertidumbres en su desempeño y vida útil operacional.

EXPERIENCIA RELEVANTE MOP:

“**ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL (DGA) (2017-2019)**”, que incluyó:

- Selección de **Modelos de Circulación General MCG (3)**, para Chile.
 - Procesamiento estadístico de las **proyecciones de cambio climático**.
 - **Corrección de Sesgos**.
- ➔ La aplicación de dichas proyecciones como forzantes de un modelo hidrológico, para el estudio del cambio hidrológico en Chile continental, periodo 2030- 2060.

Otros estudios **liderados por la DOH** que han incluido la componente cambio climático para la evaluación del **Sistema de Evacuación de Crecidas y la operación de embalses**

CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MOP

¡FIN DE LA ESTACIONARIEDAD!

ANTES:

- El **Clima** se asumía **estable**
- **Diseño** basado en **registros históricos**

HOY:

- El **Sistema hidrometeorológico**, no es “estacionario”

IMPACTO:

- Las características de los **eventos extremos** se modifican
- **Diseños** tal como un **vertedero de embalse**, podría quedar subdimensionado, comprometiendo la **seguridad de las personas, medio ambiente** e infraestructura aguas abajo de dicho embalse.

CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MOP

RESUMEN

- EL CLIMA YA **DEJÓ DE SER ESTACIONARIO**
- LOS **DISEÑOS TRADICIONALES** PUEDEN **SUBESTIMAR RIESGOS** Y/O ESTAR **INCORRECTAMENTE DIMENSIONADOS** BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO
- EXISTE UNA **BRECHA METODOLÓGICA** DE PROCEDIMIENTOS ESTANDARIZADOS
 -
- ➔ EL **CAMBIO CLIMÁTICO** DEJÓ DE SER SOLO UN TEMA AMBIENTAL, TAMBIÉN ES UN **PROBLEMA DE SEGURIDAD DE INFRAESTRUCTURA CRÍTICA**

Referencias

- Badenier P. (Ministro del Medio Ambiente), (2016), *“Los Desafíos del Cambio Climático y sus posibles impactos sobre la zona costera de Chile”*. Ministerio del Medio Ambiente.
- Lagos M. y Mendoza P., Departamento de Ingeniería Civil (AMTC), (s.f), *“Workshop para profesionales: Modelación hidrológica ante escenarios de cambio global (Parte II: Desde la atmósfera hacia la escorrentía)”*. Universidad de Chile
- ERIDANUS, (s.f.), *“Taller: Análisis de Vulnerabilidad del Sector Turismo ante el Cambio Climático”*
- Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático DGOP-MOP (2017).
- Oficina del Cambio Climático, (2018), *“Cambio Climático”*. Ministerio del Medio Ambiente



Gobierno
de Chile

gob.cl

**TRABAJANDO
PARA USTED**
