



Cambio climático. El desafío de una agricultura sustentable

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA)

Raúl Orrego Verdugo

Villa Alegre, 25 de Septiembre, 2019



Qué es tecnología

La tecnología es la ciencia aplicada a la resolución de problemas concretos. Constituye un conjunto de conocimientos científicamente ordenados, que permiten diseñar y crear bienes o servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y la satisfacción de las necesidades esenciales y los deseos de la humanidad

Wikipedia

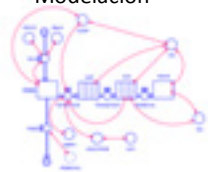
- Hay varias definiciones más, pero esta es la más sintética que encontré... y proviene de un ícono de la tecnología
- Todas, hacen mención a la idea de sistemas (partes interactuando) creados (o adaptados), abstractos o concretos, de alguna forma “empaquetados”, y en directa relación con el contexto social

¿Que es tecnología?

Robotización



Modelación



Hidráulica



Genética



Sensoramiento remoto



Riego



Maquinaria automática



Nanotecnología



Monitoreo y Big-Data



ETC, ETC, ETC

¿Que es tecnología?



Nos encaminamos hacia una agricultura 4.0

Pero ¿Servirá?

- La tecnología es cara
- La tecnología requiere de conocimiento y capacitación (tiempo y dinero)
- La tecnología genera problemas (e.g. cambio climático)
- La tecnología no siempre resuelve los problemas (ustedes deben de tener más ejemplos que yo)

Solución “tecnológica” para la sequía

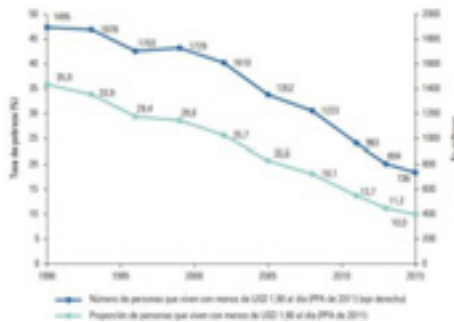
Infraestructura de riego más eficiente → ¿las pérdidas son pérdidas?

Almacenar agua → Impacto ambiental
→ La paradoja de las autopistas

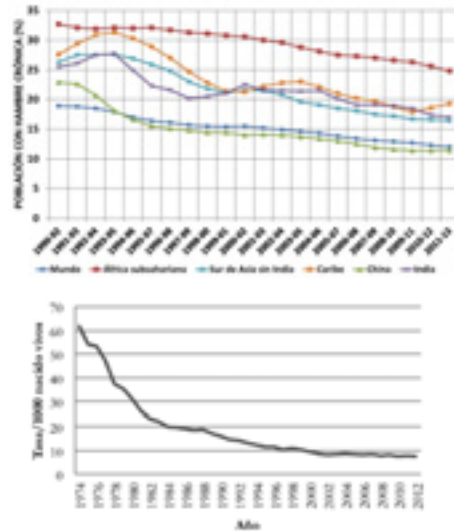
Trasladar agua → ¿a quien le sobra el agua?
→ El agua NO se pierde en el mar

Entonces la tecnología NO sirve

GRÁFICO PGL 1 Tasa de pobreza extrema y número de pobres en el mundo, 1990-2015



Hoy vivimos más y mejor fundamentalmente gracias a la tecnología



El problema no es la tecnología

- La bala de plata NO EXISTE
- La tecnología hay que entenderla

"No confíes en cosas que tengan la capacidad de pensar, pero de las cuales no sepas dónde tienen el cerebro"

J.K.Rowling

- El éxito de la tecnología depende del contexto
 - Rangos de funcionamiento
 - Consecuencias
 - Gente que la aplica
- Datos, información y capacitación

Solución “tecnológica” para la sequía

Infraestructura de riego más eficiente



Si, pero veamos quien aprovecha las pérdidas, y que hacemos con el agua ganada

Almacenar agua



Si, pero veamos donde y como impacta menos... y planifiquemos el uso antes de llenar de embalses

Trasladar agua



Idem... y primero evaluemos bien los impactos

¿Y por que esta introducción?

- El cambio climático es un cambio en las reglas del juego, y por tanto en el contexto del uso de las tecnologías
- La adaptación pasa por usar tecnología, pero con las salvedades expuestas

~~ADAPTACIÓN~~

TRANSFORMACIÓN



Cambio climático. El desafío de una agricultura sustentable

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA)

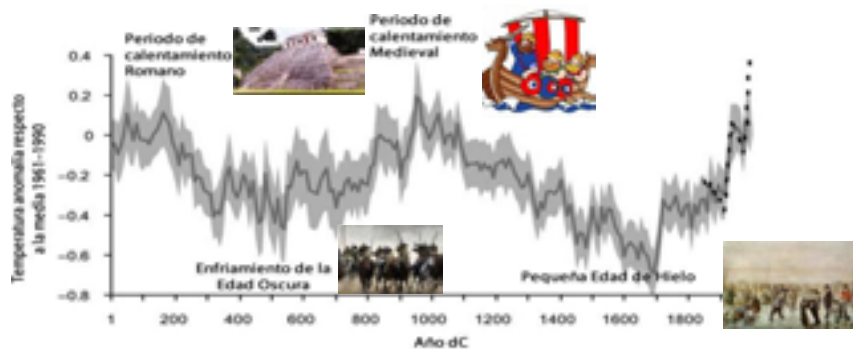
Raúl Orrego Verdugo

Villa Alegre, 25 de Septiembre, 2019



¿Qué es el cambio climático?

- Cambios en lo que **NORMALMENTE** ocurre en una zona respecto del promedio y/o variabilidad de los elementos del clima
- Esto asume que el clima es constante... ¿lo es realmente?



0.4°C de media → Diferencia entre Talca y La Serena (14.7 v/s 15.1)

El cambio climático actual

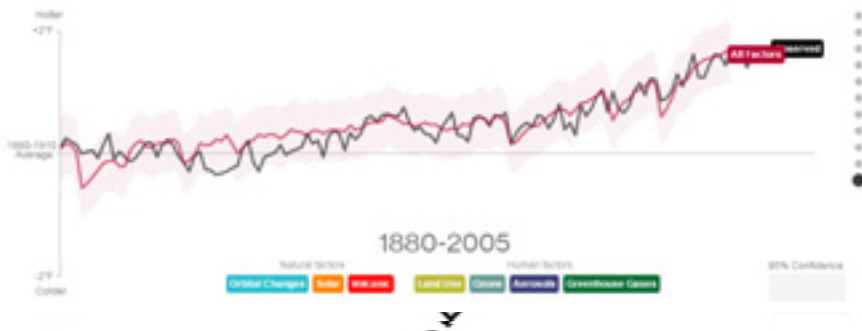
En la actualidad estamos ante un cambio distinto:

- El pick es uno de los más altos en los últimos 2000 años
- Se alcanzó en la mitad del tiempo (inédito)
- Debería haber una tendencia a la baja, ...pero es al alza
- Si sigue subiendo llegaremos a valores cercanos al OH (con otra insolación).
- Hay un factor que SI hemos alterado: el CO₂

No hay evidencia para descartar que es el CO₂ antropogénico la causa del actual calentamiento de la atmósfera (95% de certeza), y que esto traerá problemas

El cambio climático actual

- <https://www.bloomberg.com/graphics/2015-whats-warming-the-world/>



Pero... ¿es tan grave?

Sequías



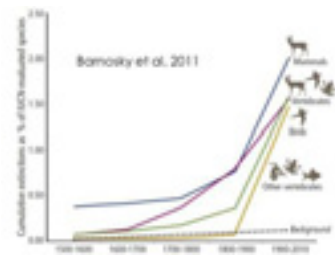
Inundaciones



Olas de frío



... Ya, puede que aumenten en frecuencia e intensidad, pero igual ocurrirían en condiciones de cambio climático... y tenemos tecnología



No vivimos solos en el mundo. Ellos no tienen tecnología para adaptarse, y la evolución es demasiado lenta para un cambio abrupto

Y peor....

- Efectos no-lineales**

Permafrost siberianos



Acá hay mucho Metano

Colapso de la circulación termohalina



Mucho calor puede terminar en una glaciación

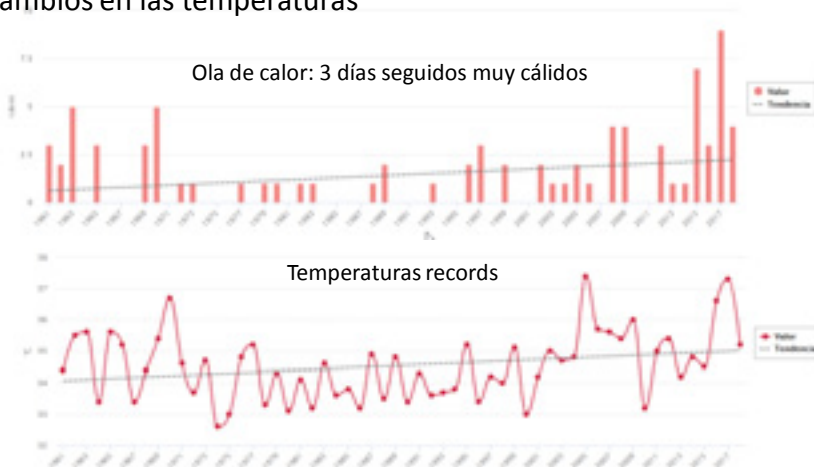
- Hay suficiente respaldo científico como para aceptarlo
- Es urgente. No actuar ahora es NO actuar
- El costo de actuar, aún cuando nos equivoquemos, es muchísimo menor que asumir el riesgo de no actuar
- Independiente de todo, el cambio climático (antropogénico o no, por CO₂ o no) es indesmentible y nos debemos de adaptar

Las nuevas reglas del juego



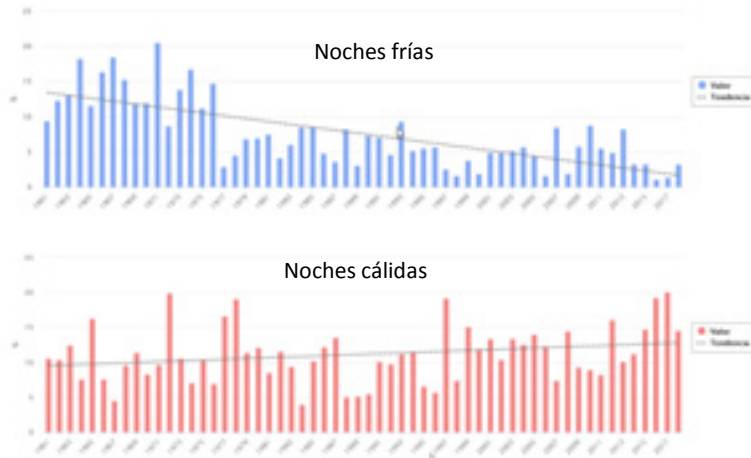
Las nuevas reglas del juego (Maule)

Cambios en las temperaturas



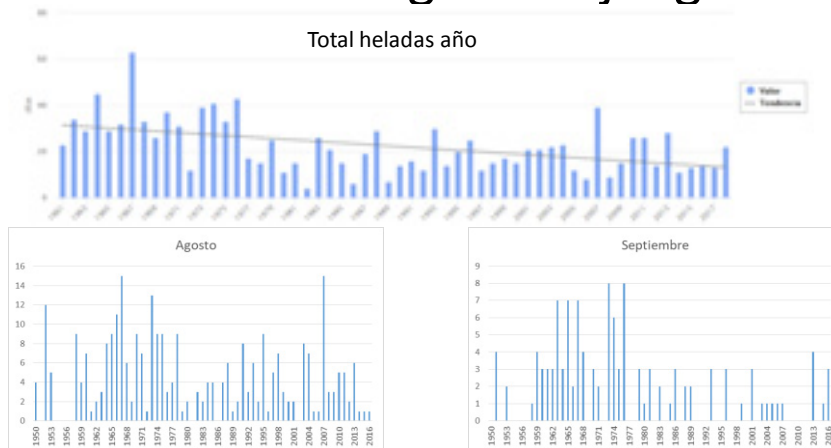
El calor es más intenso

Las nuevas reglas del juego



... incluso en la noche

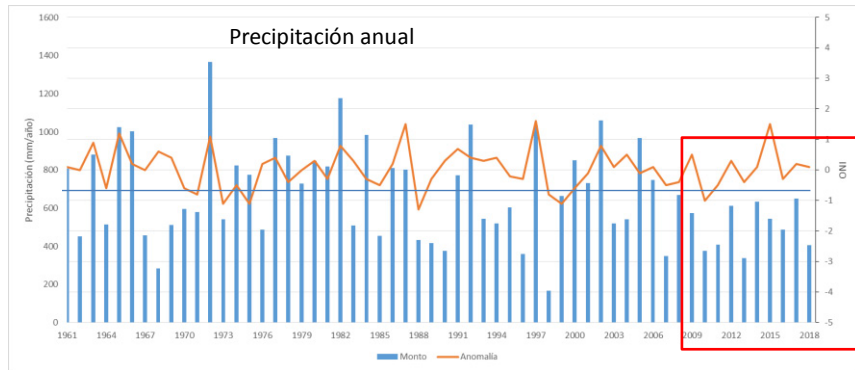
Las nuevas reglas del juego



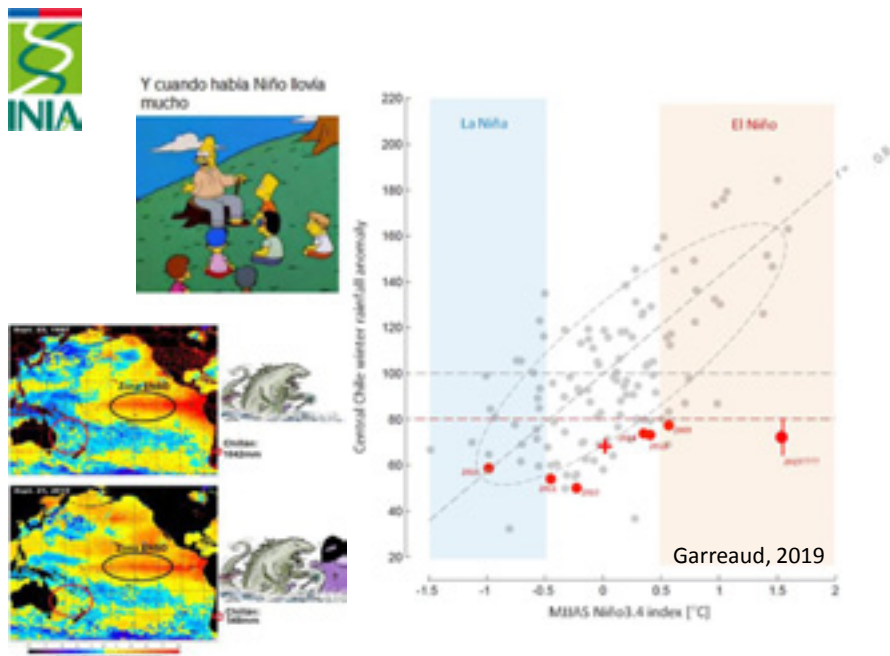
Hay menos heladas.... Pero siguen habiendo heladas tardías

Las nuevas reglas del juego

Cambios en las precipitaciones

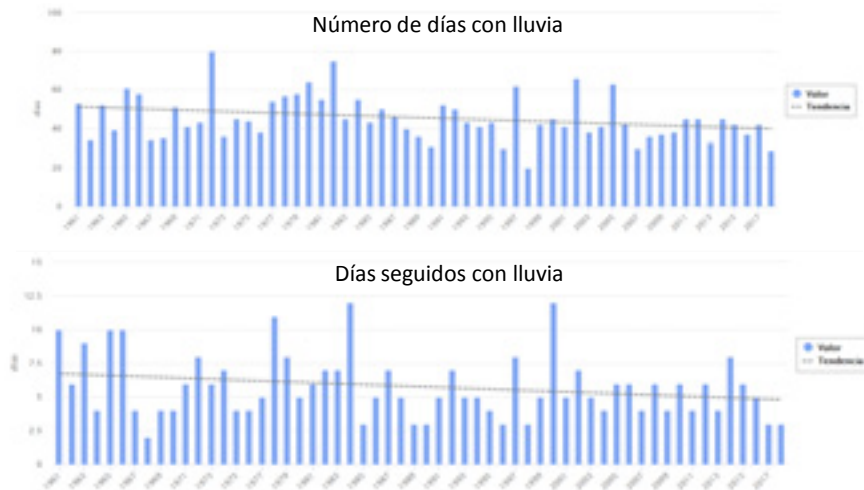


Los ciclos de sequía siguen igual, pero..... Ya no hay años lluviosos... ni si quiera cuando hay Niño



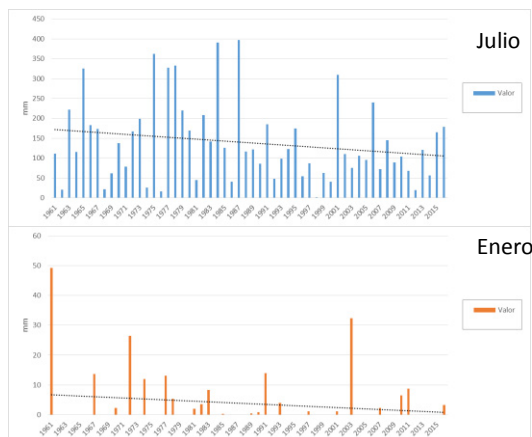
... Godzilla ya no nos salva de la sequía

Las nuevas reglas del juego



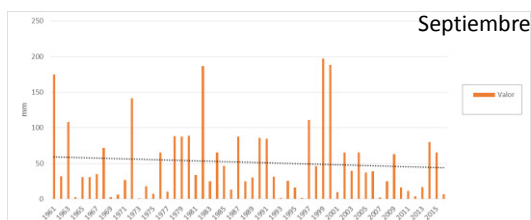
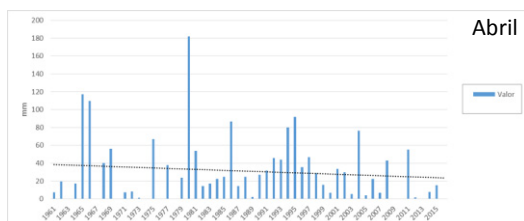
Lluvias más breves... acá no tan marcado como más al norte

Distribución de las precipitaciones



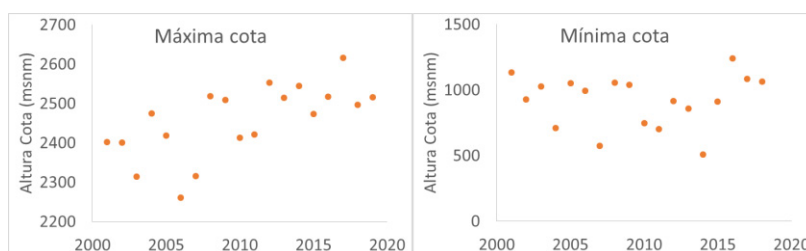
- Menos lluvia en invierno y verano.
- Disminución sistemática en invierno
- Cambios en los montos, más no en la frecuencia de eneros con lluvia

Distribución de las precipitaciones



- Menos lluvia en otoño y primavera.
- Disminución en primavera (con años excepcionales) e incluso años sin lluvias (debutan)
- Alta variabilidad relativa, pero disminución importante después del 2000

Nieve



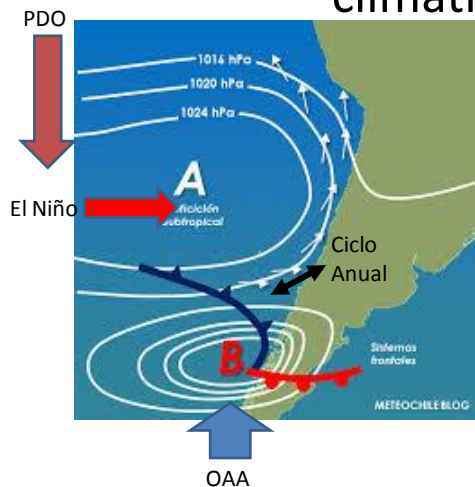
Agradecimiento a C. Campos

- No se observan cambios significativos en la zona en que cae nieve
- Pero la zona de nieves permanentes (aporte de agua en verano) disminuye de forma sostenida

Otros cambios observados más difíciles de explicar

- “Adelanto de la primavera”
- Adelanto de la cosecha
- Mayor cantidad de eventos extremos (precipitaciones, heladas, ¿Tornados?, ¿granizos?)

Ahora Ojo... No todo es cambio climático



- Ríos atmosféricos y bajas segregadas
- Madden Julian, y vaguada costera

Variabilidad Climática

El cambio climático explica en torno a un 30% de la megasequía (Bosier et al, 2016)

El cambio climático
antrópico ES REAL, pero
también lo son la
variabilidad climática, los
problemas de uso de
suelo, Y LA NEGLIGENCIA

¿Y que hacemos?



Evitamos

Mitigamos

Nos Adaptamos
... y lo aprovechamos



Tecnología: Datos y predicción

Y que hacemos

- Predecir los cambios

- | | |
|---|-----------|
| <ul style="list-style-type: none"> - Cambio climático - Cambio climático + Variabilidad climática | } Modelos |
|---|-----------|

- Redefinir el manejo en función de esos cambios

- Monitoreo y tecnología de los datos

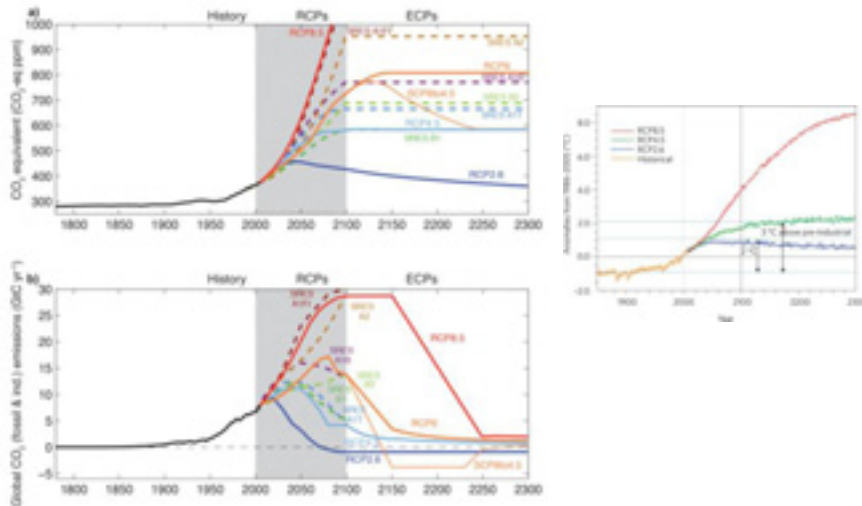
- Usar las herramientas para optimizar el éxito de esos cambios

- Almacenar y trasladar agua
- Riego eficiente
- Biotecnología y genética
- Otras (polímeros, manejo agroecológico)

Modelos climáticos

- Son los mismos modelos meteorológicos adaptados para simulaciones de largo plazo
- Se “alimentan” con una condición inicial, y las leyes de la física hacen el resto
- Para cambio climático dinamizan los GEIs y los incorporan bajo el concepto de forzamiento radiativo
- Los GEIs requieren “suponer” un escenario, ya que el factor humano es inmodelable
- Para modelar la variabilidad, la condición inicial considera una temperatura superficial del mar proyectada, y algunos factores de corrección en base a lo observado

Escenarios de Emisión



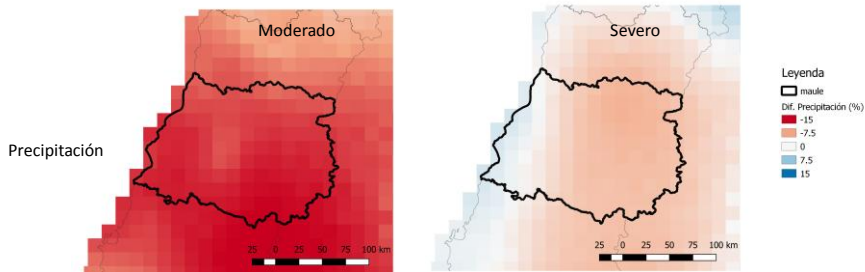
Modelos IPCC

CMIP5	ACCESS1.0, ACCESS1.3	Australia	GFDL-ESM2M, GFDL-ESM2G	
	BCC-CSM1.1, BCC-CSM1.1(m)	China	GFDL-CM2.1	USA
	BNU-ESM	China	GFDL-CM3	
	CanCM4	Canada	GISS-E2-H, GISS-E2-H	USA
	CanESM2		GISS-E2-R-CC, GISS-E2-H-CC	
	CCSM4		HadGEM2-ES	
	CESM1 (BG1)		HadGEM2-CC	UK
	CESM1 (WACCM)	USA	HadCM3	
	CESM1 (FIOCIEM)		HadGEM2-AO	Korea
	CESM1 (CAM5)		INM-CM4	Russia
	CESM1 (CAM5.1-FV3)	USA	IPSL-CM5A-LR / -CM5A-MR / -CM5B-LR	France
	CMCC-CM, CMCC-CMS	Italy	MIROC4h, MIROC5	
	CMCC-CESM		MIROC-ESM	Japan
	CNRM-CM5	France	MIROC-ESM-CHEM	
	CSIRO-Mk3.5.0	Australia	MPI-ESM-LR / -ESM-MR / -ESM-P	Germany
	EC-EARTH	Europe	MIROC-ESM1	Japan
	FGOALS-g2	China	MIROC-CGCM3	USA
	FGOALS-g2	China	MIROC-ESM1	
	FGOALS-g2	China	MIROC-ESM1	
	FGOALS-g2	China	MIROC-ESM1	
	FGOALS-g2	China	MIROC-ESM1	
	FGOALS-g2	China	MIROC-ESM1	

ENSEMBLES: “La democracia de los modelos (Reto Knutti)”

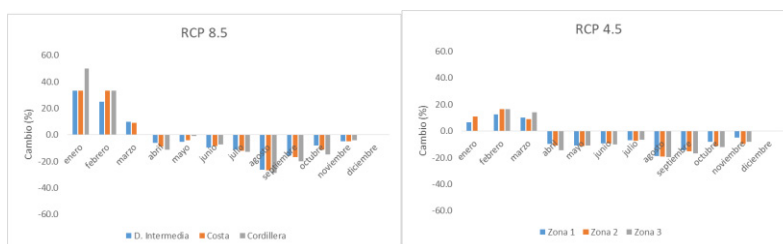
Y que dicen los modelos

Cambio climático



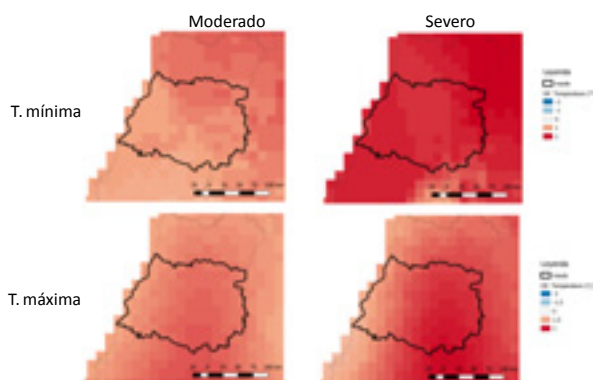
Más seco. Hasta un 15% menos de agua el 2050 (este año fue de un 75%... Y el promedio de los últimos 10 años es de un 22%). Impacto anual mayor en escenario moderado

Y que dicen los modelos. Precipitación



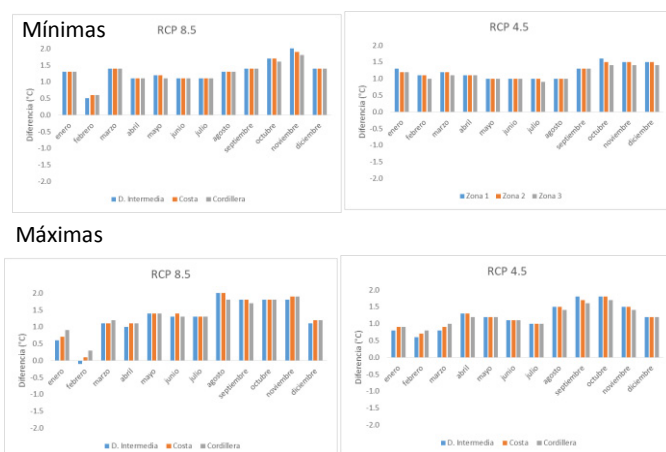
- Verano un poco más lluvioso (3-5 mm por mes)... Consistente, pero con mucha variabilidad
- Otoño derechamente más seco... consistente, pero agravado
- Primavera debería ser seca.... Incertidumbre, hemos visto mucha variabilidad

Y que dicen los modelos



Más cálido.
Aumentos menores
a 2°C en las
temperaturas
mínimas, y
menores a 3°C en
las máximas

Y que dicen los modelos. Temperaturas



- Más calor. Efecto bastante “parejo”
- Ojo con los eventos extremos
- Consistente con lo observado

Y que dicen los modelos

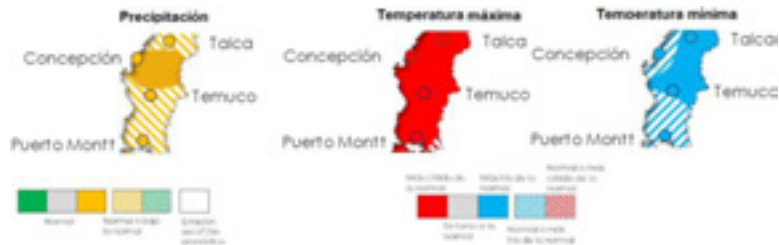
- Menos agua, principalmente en otoño
- Más evapotranspiración
- Menos nieve
- Más olas de calor
- Más noches cálidas
- Más eventos extremos
- Adelanto fenológico
- Las tendencias que se observan son consistentes, aunque más severas en lo que respecta a disminución de la oferta hídrica.

De paso ¿Corrámonos para el sur?

- Los climas NO se están corriendo hacia el sur, solo lo hace la sequía estival, temperaturas medias y la acumulación térmica.
- Pero las heladas siguen siendo HOY un limitante a la fruticultura más al sur.... ¿y en el futuro?.... Pronóstico reservado.

Y que dicen los modelos

Cambio climático + variabilidad → pronóstico estacional



Mala fecha... es el pronóstico para Septiembre-Octubre-
Noviembre ...

... El próximo (Octubre-Noviembre-Diciembre debería incluir el
pronóstico de caudales... aunque se esperaría que fuera muy
poca agua

Ver boletín: <http://www.inia.cl/agroclimatico/>



Muchas Gracias