



Impacto del Cambio Climático en áreas de regadio.

Ing. José A. Boninsegna

Curso Cambio climático y recursos hídricos
U. N. Cuyo, Instituto de Ciencias Ambientales , I.N.A- C.E.L.A.



CEPAL

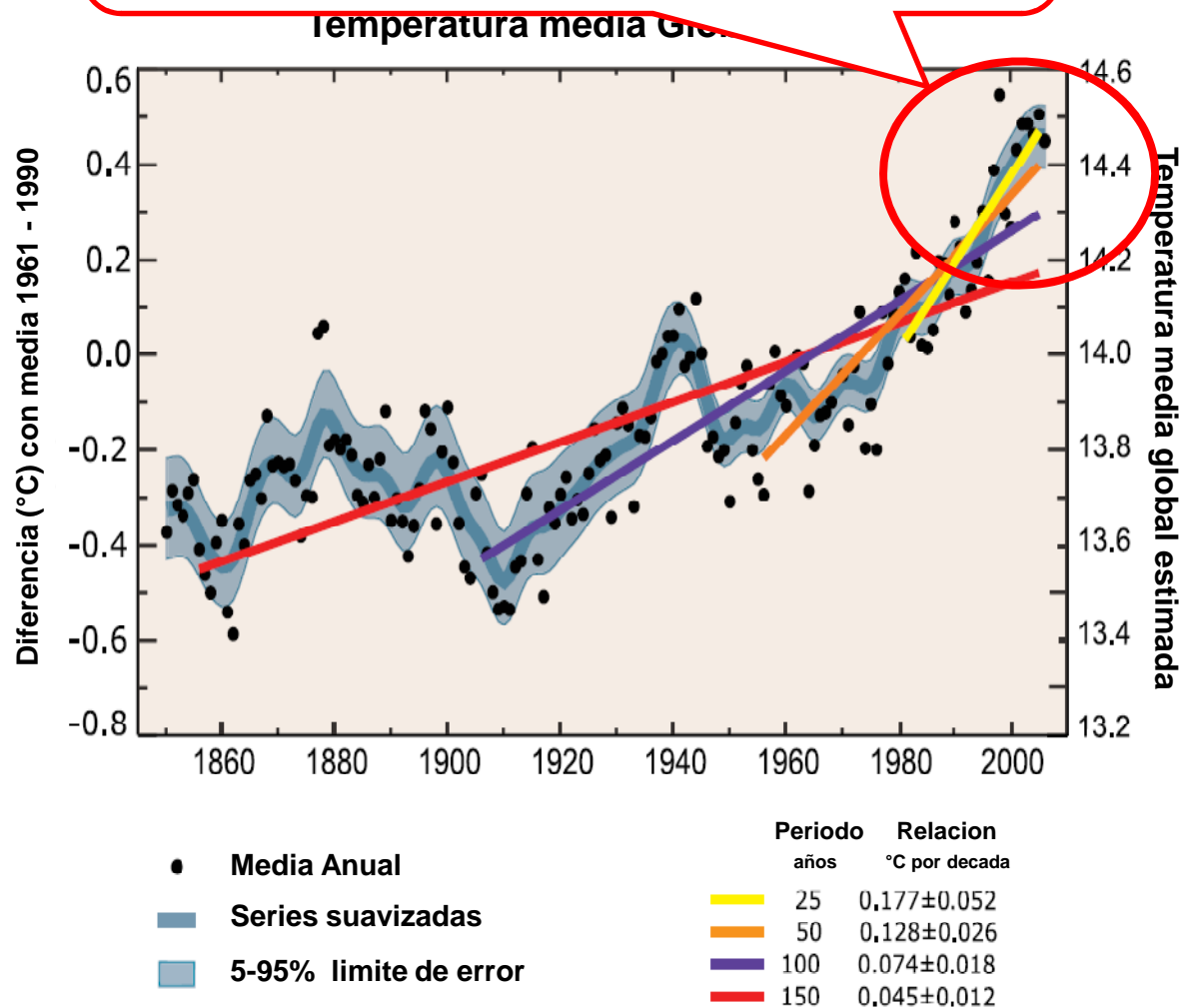
La adaptación al CC en la agricultura

Consideraciones generales

- **Es seguro que habrá aumentos de temperatura.**
- **Hay cambios climáticos que ya se están observando.**
- **Algunas preguntas relevantes son:**
 - ¿Cuál será la magnitud de los cambios?
 - ¿Cuáles serán las implicaciones para la agricultura?
 - ¿para qué tipos de cambios y en qué lugares deberían prepararse los agricultores, los demás empresarios, los institutos de investigación, las políticas públicas, ..., ?

**Que cambios estamos
observando?**

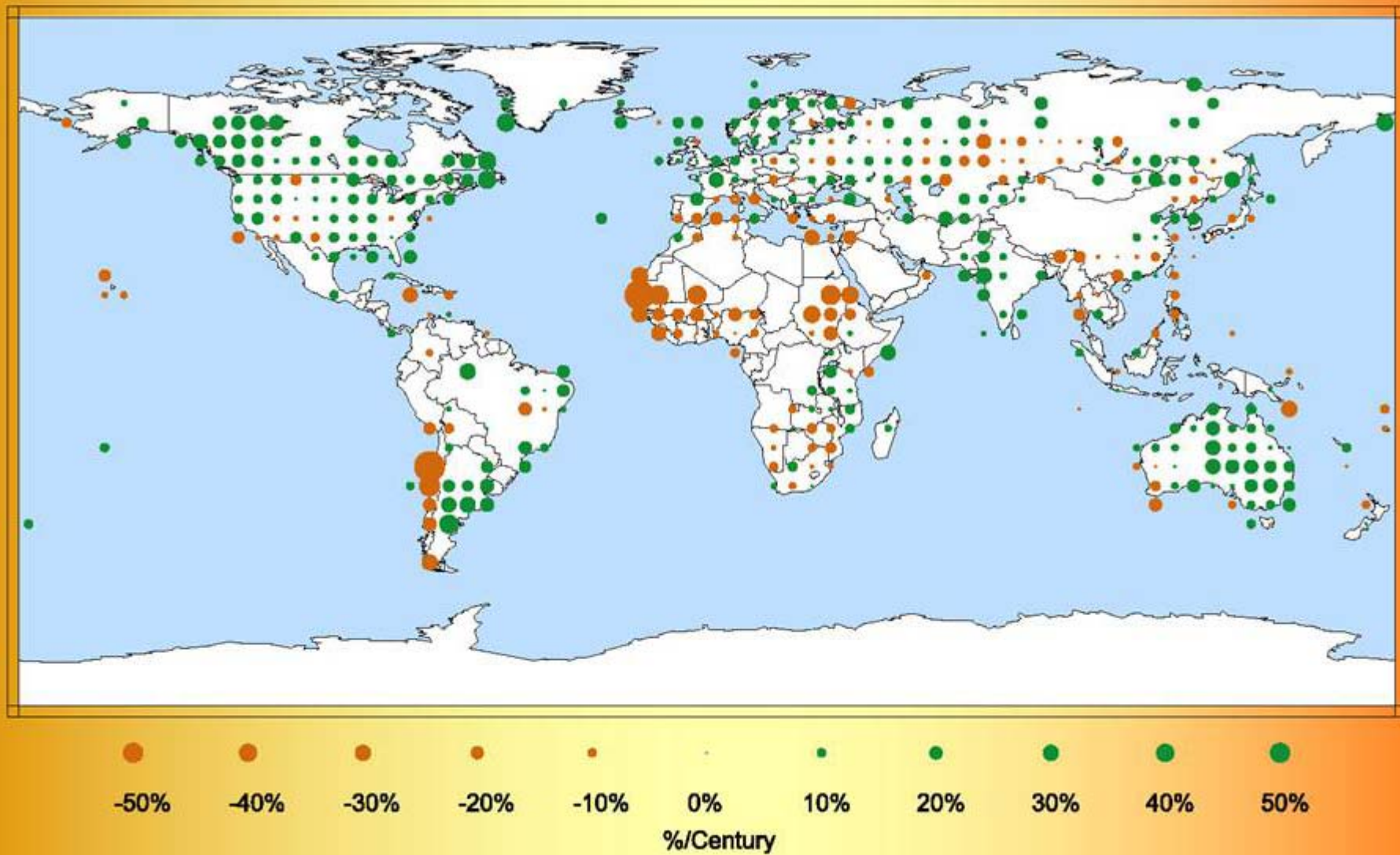
Los 12 años mas calientes
 1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006,
 2001, 1997, 1995, 1999, 1990, 2000



De acuerdo al reciente comunicado del IPCC la temperatura media de la superficie del globo se ha incrementado en 0.74 °C en los últimos 100 años (1906-2005)

11 de los 12 años mas cálidos se han registrado en los últimos 12 años

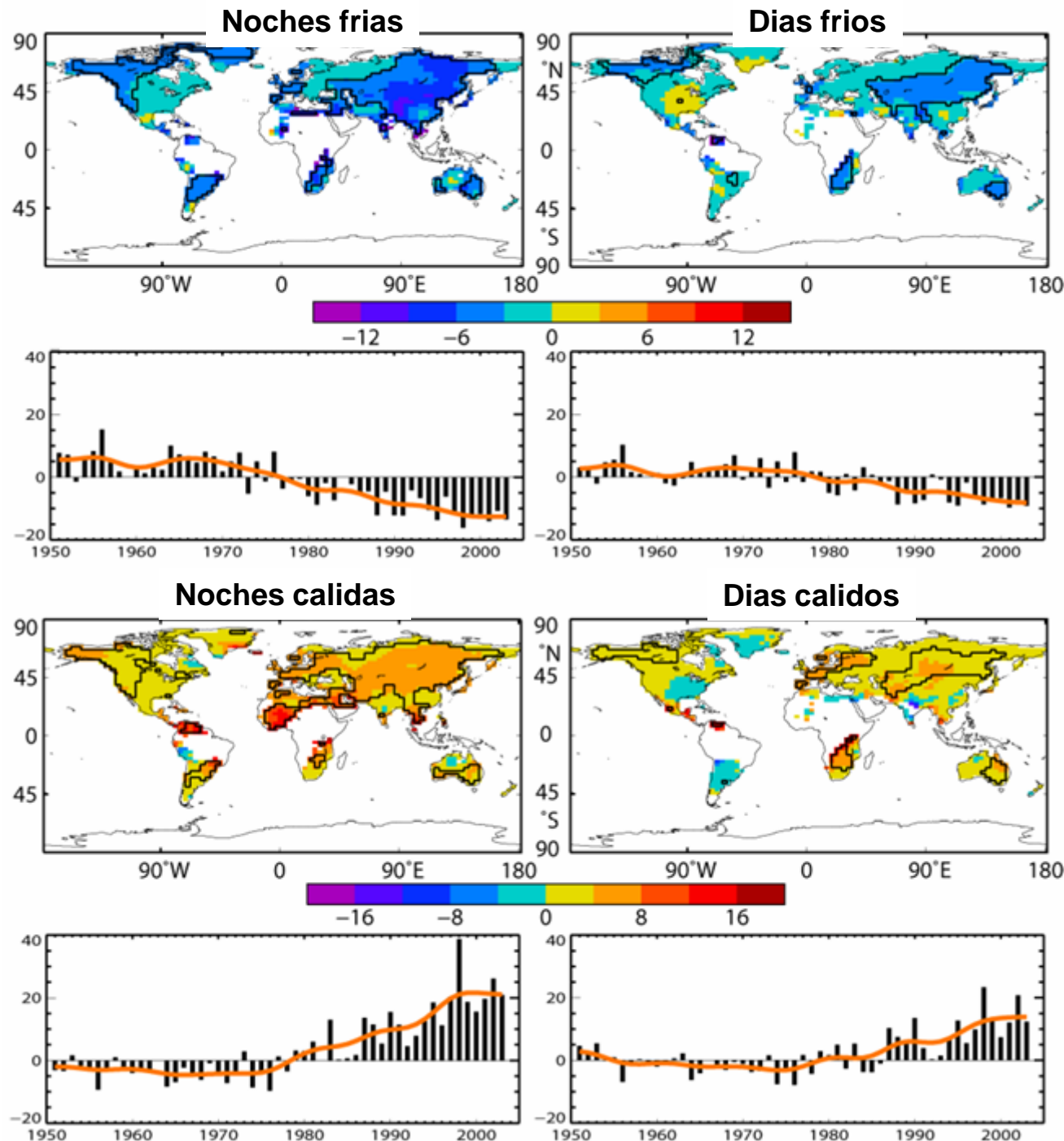
Tendencias de la Precipitación anual en el Siglo XX



Fuente: Global Historical Climatology Network

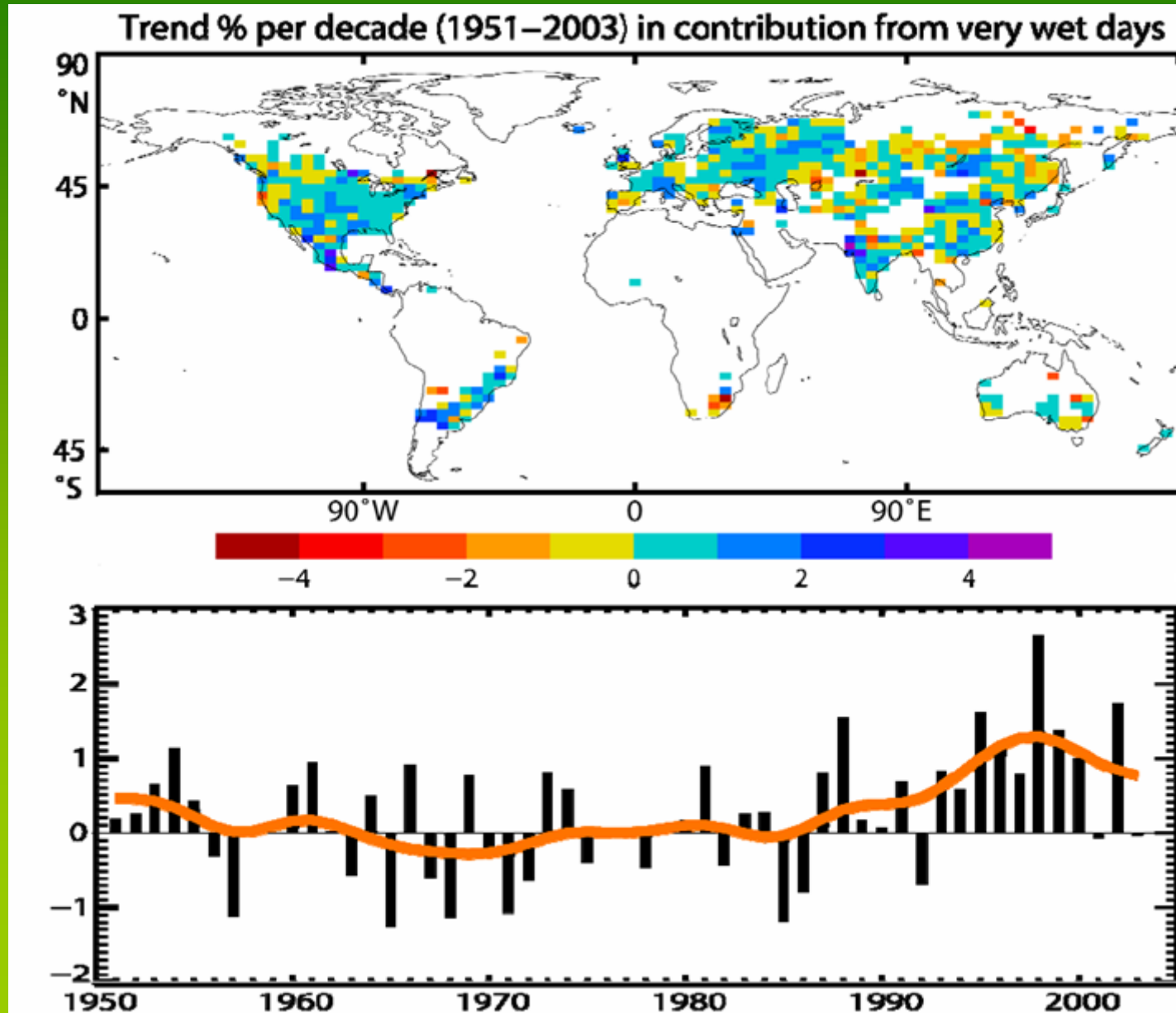
Lanín Glacier (39°S)





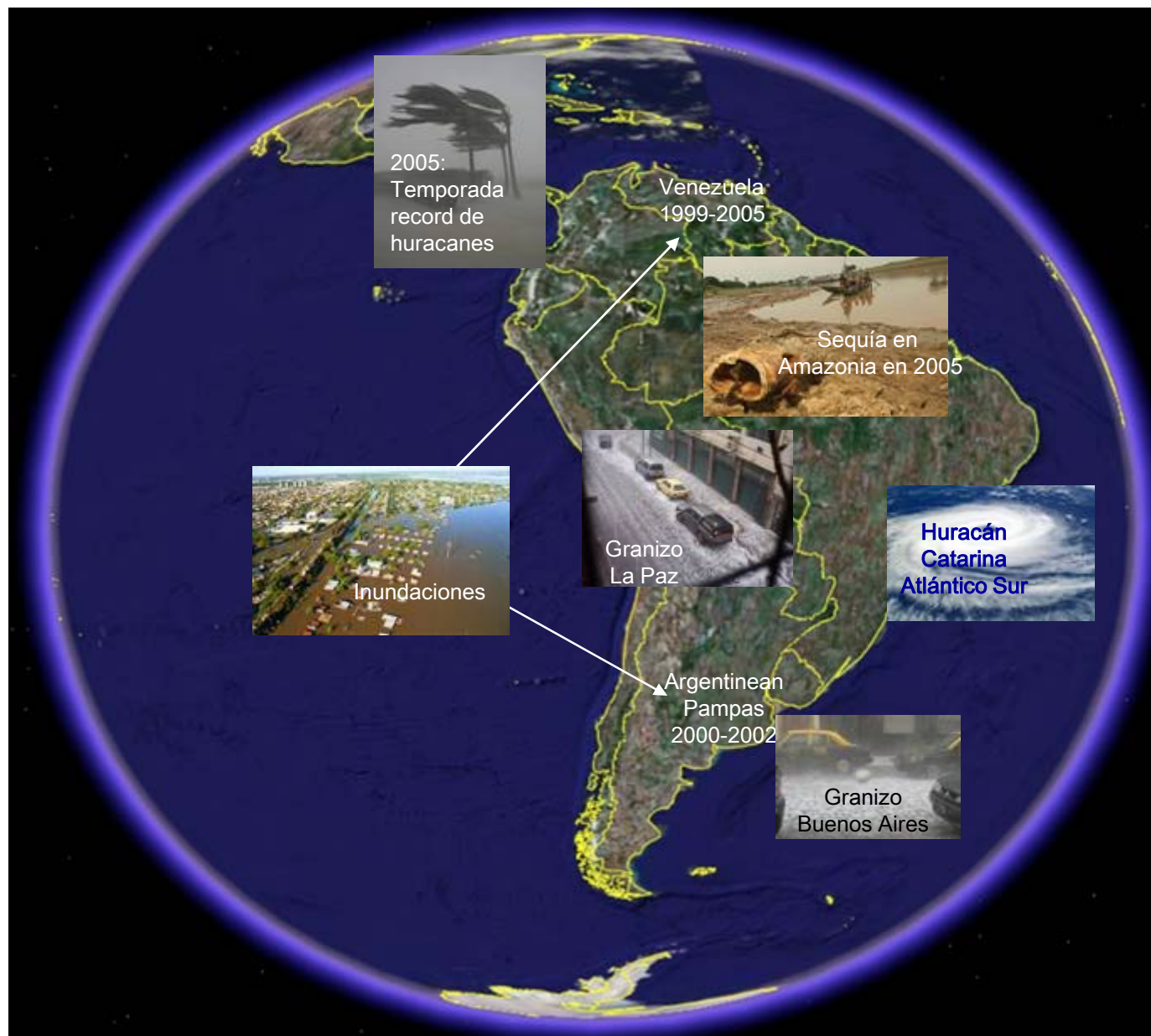
1. Cambios en los valores extremos de temperatura son consistentes con el calentamiento observado
2. El numero de noches frías ha disminuido en un 76% de los continentes
3. El numero de noches calidas ha aumentado en 72% de los continentes (1951-2003)
4. La duración de las ondas de calor ha aumentado durante la ultima década

Se ha observado un aumento en el número de eventos con altas precipitaciones



Evidencia del cambio climático en ALC

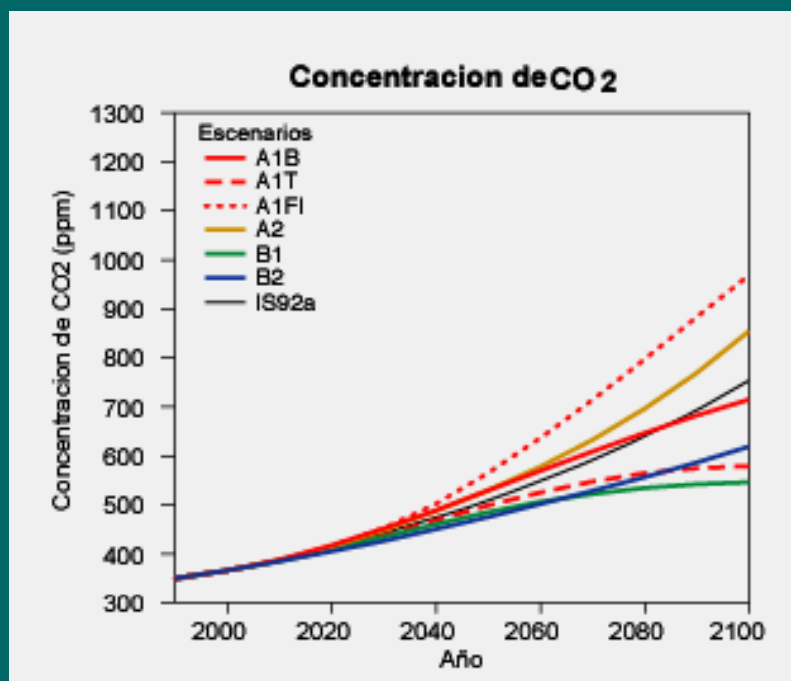
Incremento en la incidencia de eventos extremos



Fuente: Magrin, 2007

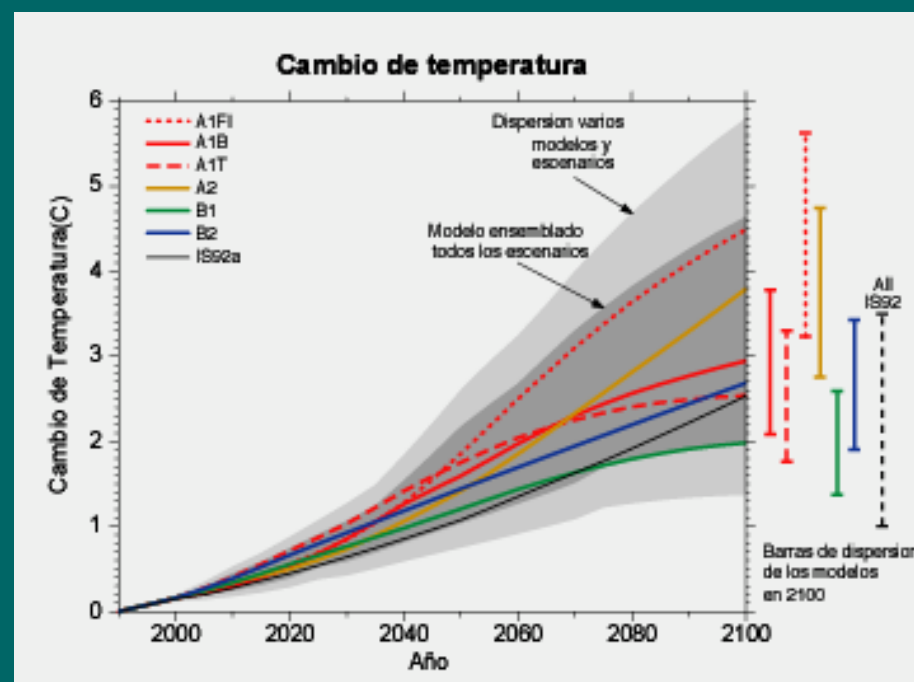
**Cual será la magnitud de los
cambios?**

Escenarios de Cambio



De los escenarios de emisiones se derivan los escenarios de cambios en el clima

Proyección temporal: 2021-2030



el escenario A2

Considera una proyección del mundo como heterogéneo en donde:

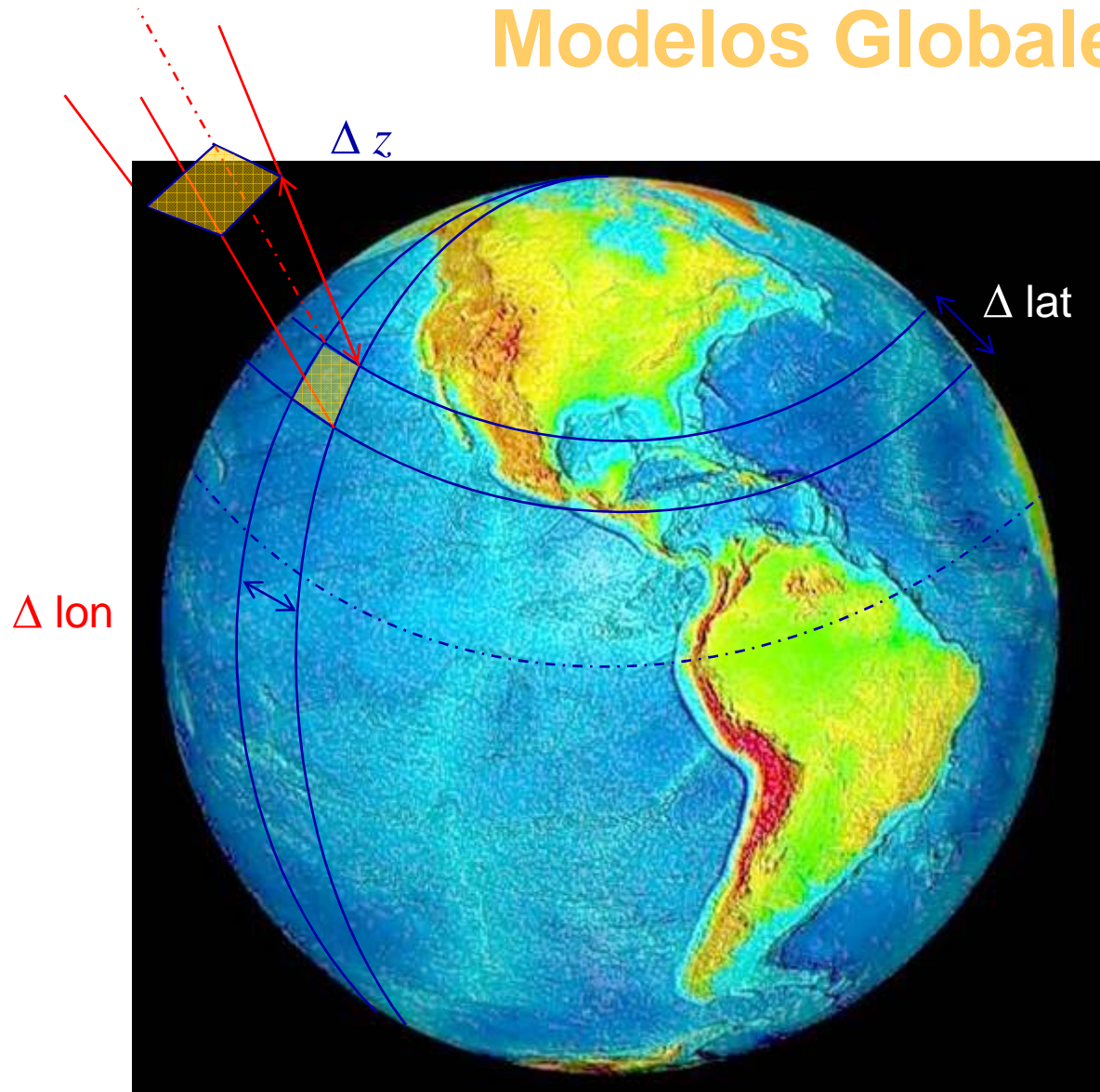
- continuara el aumento de la población mundial,
- desarrollo económico con fuertes sesgos regionales
- cambios tecnológicos fragmentados, y con una evolución lenta.

En este contexto se prevé:

- una emisión de CO₂ cercana a 850ppm para el año 2100
- un aumento de temperatura de 3.8°C ±1°C. (base 1990-2000)

Este escenario es un escenario moderadamente pesimista, su concepción del desarrollo y de la economía mundial, no prevé medidas efectivas de mitigación o de desarrollo tecnológico que atenúen la evolución de las emisiones y por lo tanto del aumento de la temperatura

Modelos Globales(GCM)



$\Delta \text{lat} \sim \Delta \text{lon} \sim 1^\circ - 3^\circ$ $\Delta z \sim 1 \text{ km}$ $\Delta t \sim \text{min.horas}$
Tope de la atmósfera: 15-50 km

ANUAL

DJF

JJA

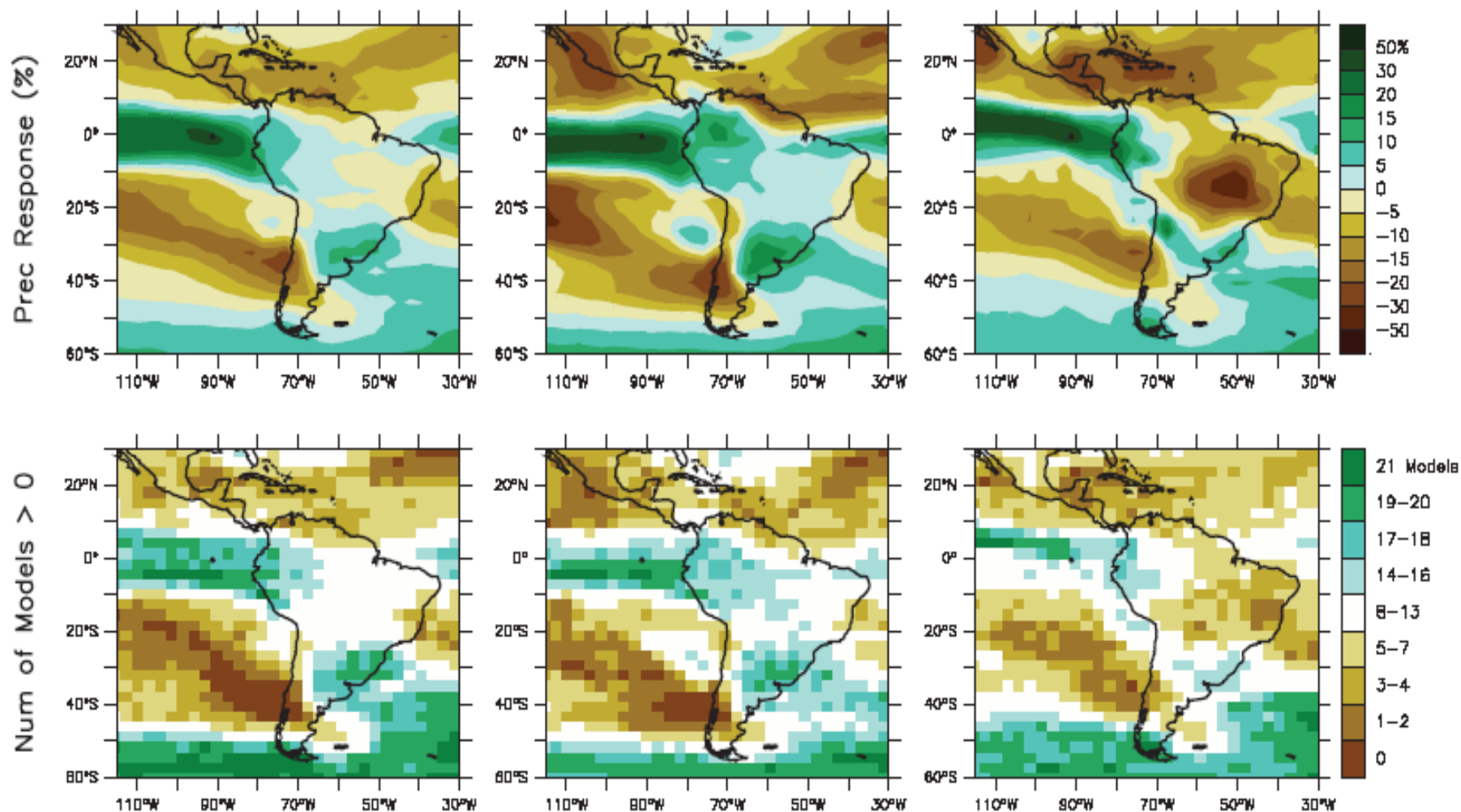
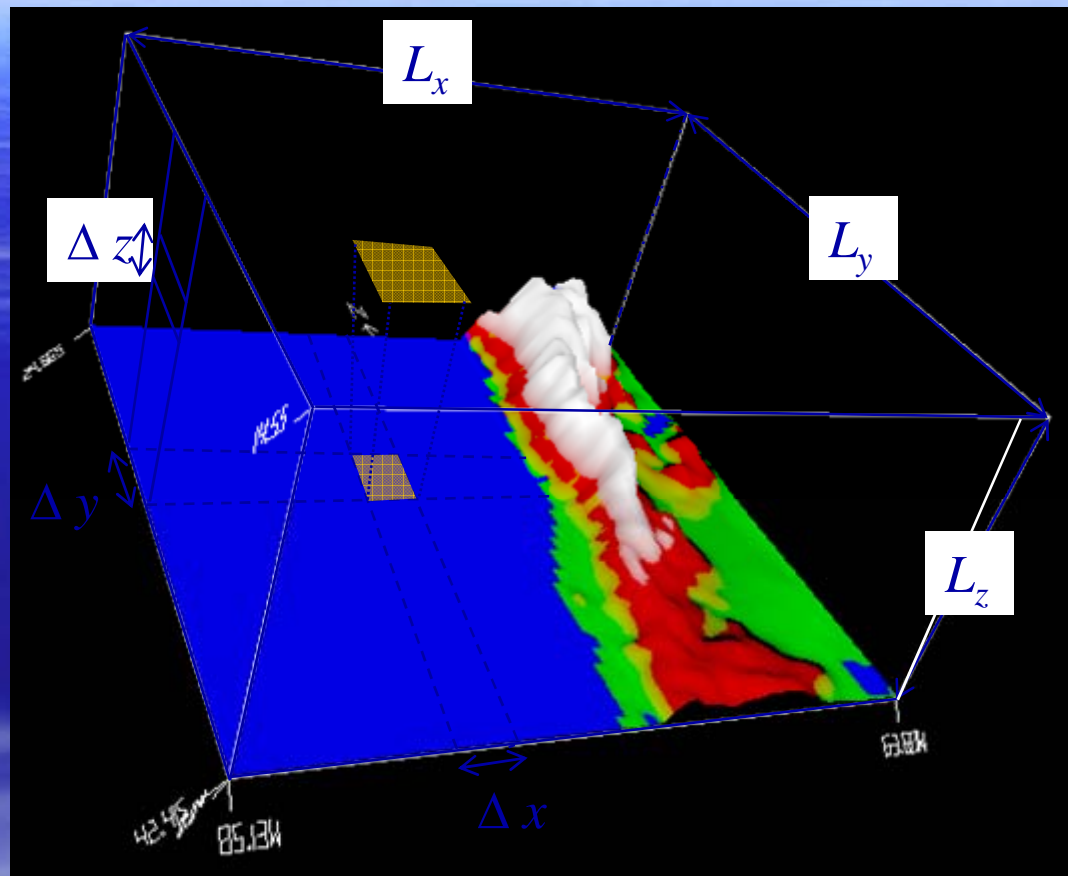


Figure 11.15. Temperature and precipitation changes over Central and South America from the MMD-A1B simulations. Top row: Annual mean, DJF and JJA temperature change between 1980 to 1999 and 2080 to 2099, averaged over 21 models. Middle row: same as top, but for fractional change in precipitation. Bottom row: number of models out of 21 that project increases in precipitation.

IPCC WG1, 2007

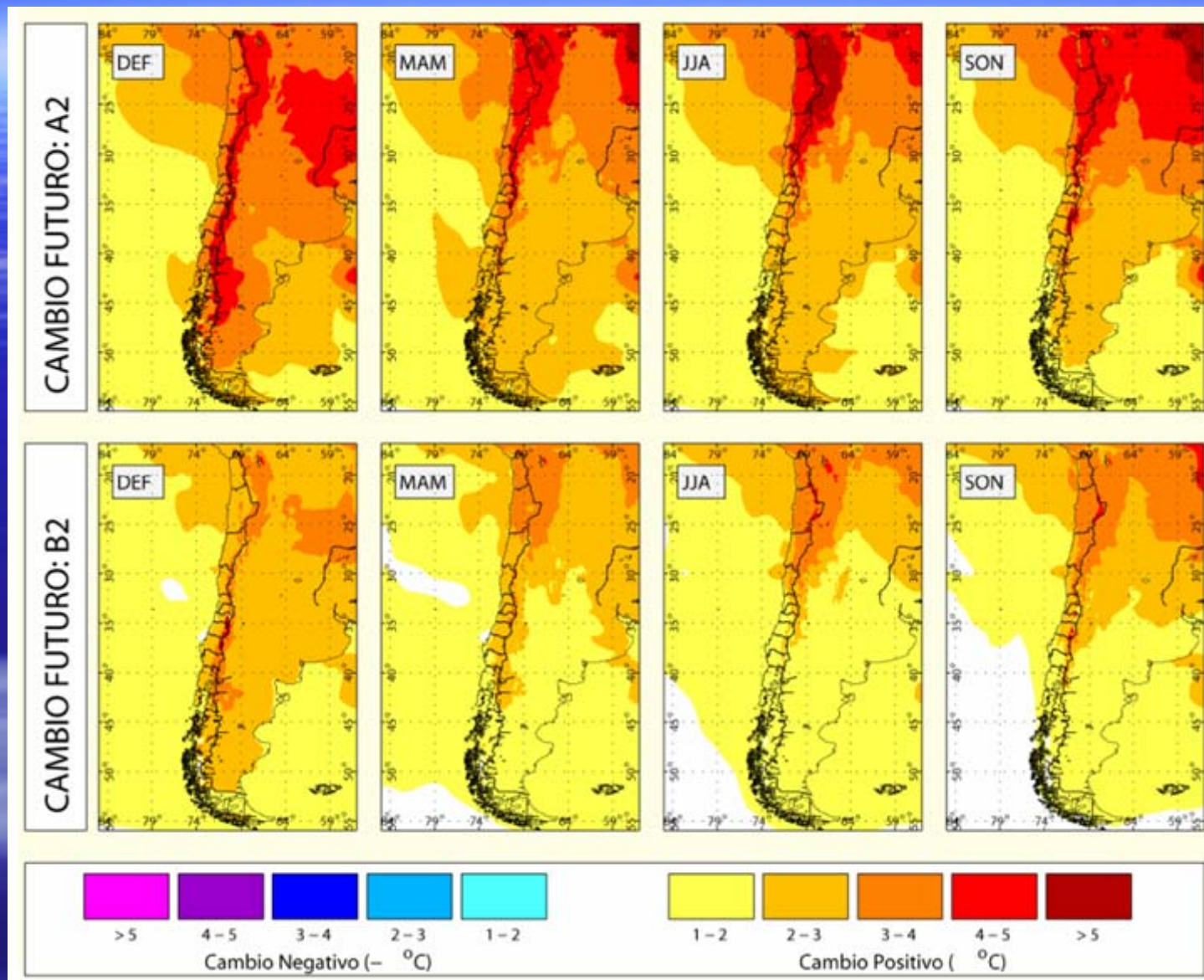
Modelos Regionales



$\Delta x \sim \Delta y \sim 1-50 \text{ km}$ $\Delta z \sim 50-200 \text{ m}$ $\Delta t \sim \text{seg}$
 $L_x \sim L_y \sim 100-5000 \text{ km}$ $L_z \sim 15 \text{ km}$ LBC de GCMs

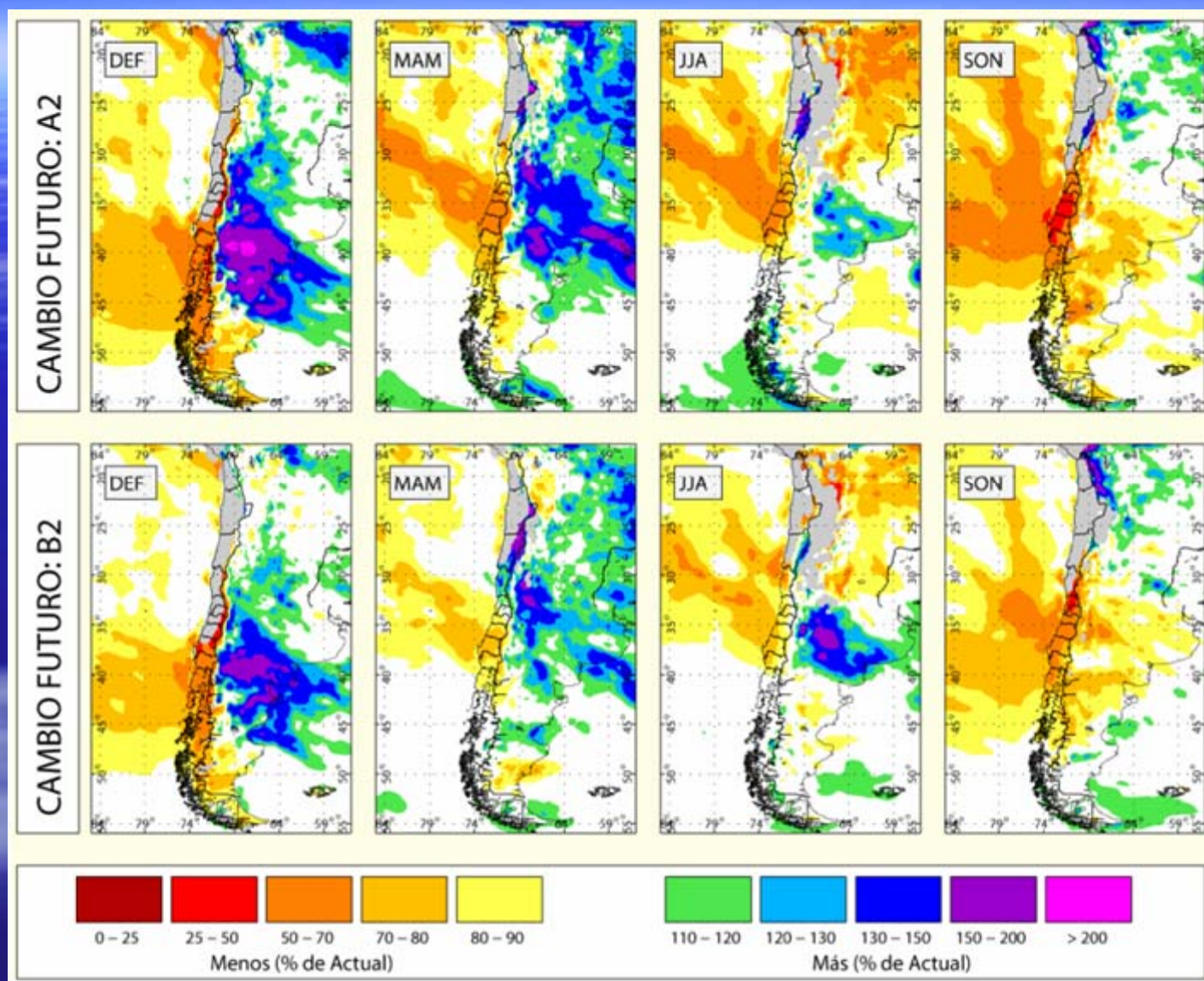
Main Problem: Garbage in – Garbage out

PRECIS-DGF $T_{\text{futuro}} - T_{\text{presente}}$



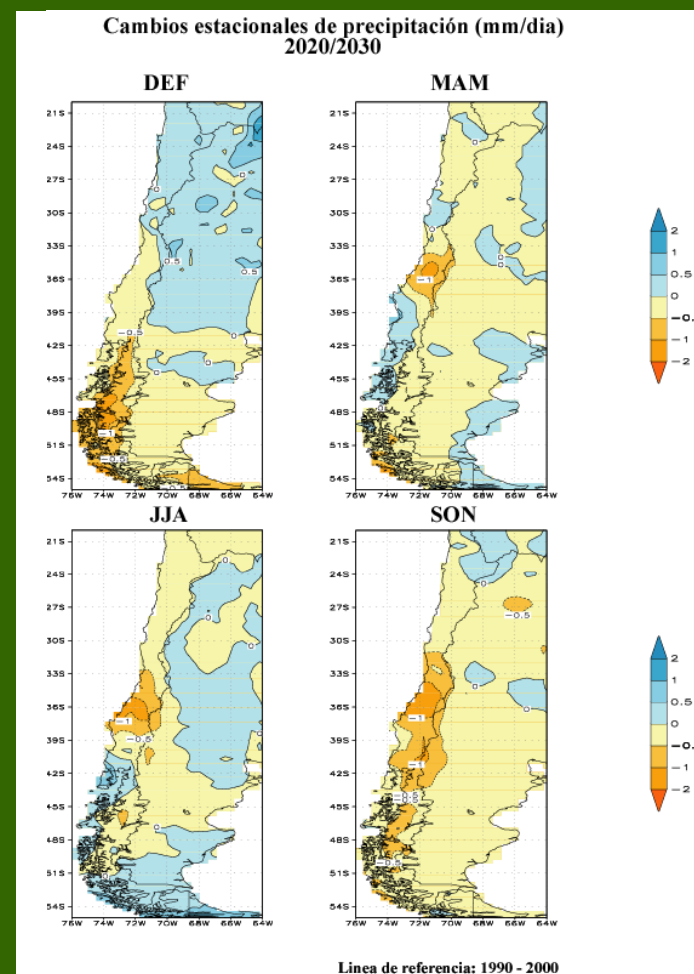
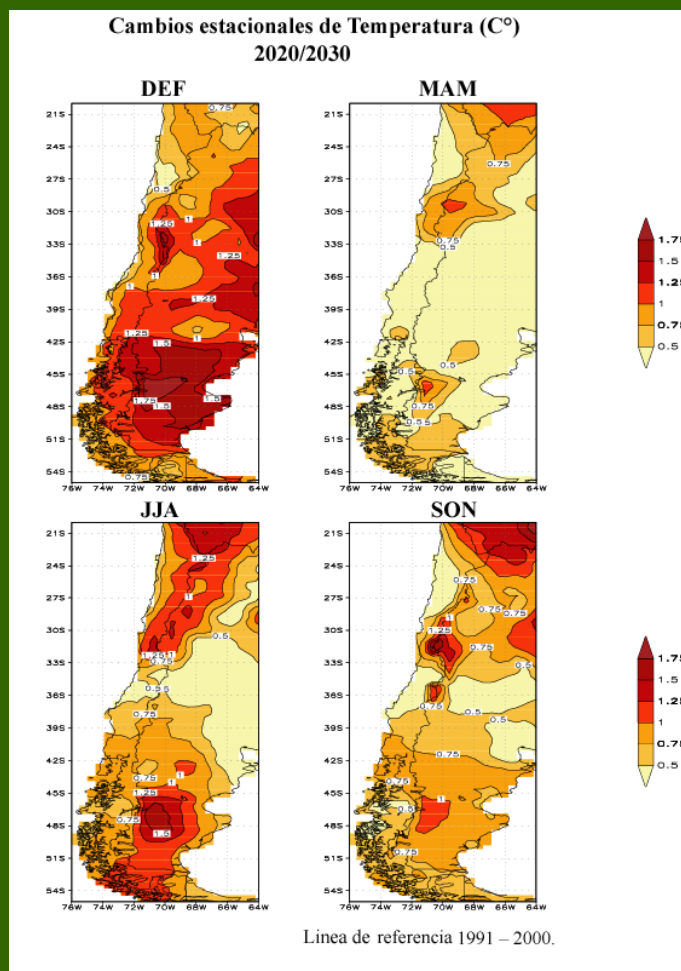
Futuro: 2071-2100 / Presente: 1961-1990

PRECIS-DGF $R_{\text{futuro}} / R_{\text{presente}}$



Futuro: 2071-2100 / Presente: 1961-1990

Cambios estimados para la década 2020/2030 según Nuñez (2006)



Cuenca	San Juan	Mendoza	Tunuyan	Diamante	Atuel
Temperatura	+1.50°C	+1.50°C	+1.25°C	+1.25°C	+1.25°C
Precipitación	-105mm	-105mm	-105mm	-100mm	-100mm
Isoterma 0°C	+150mts	+150mts	+130mts	+130mts	+130mts

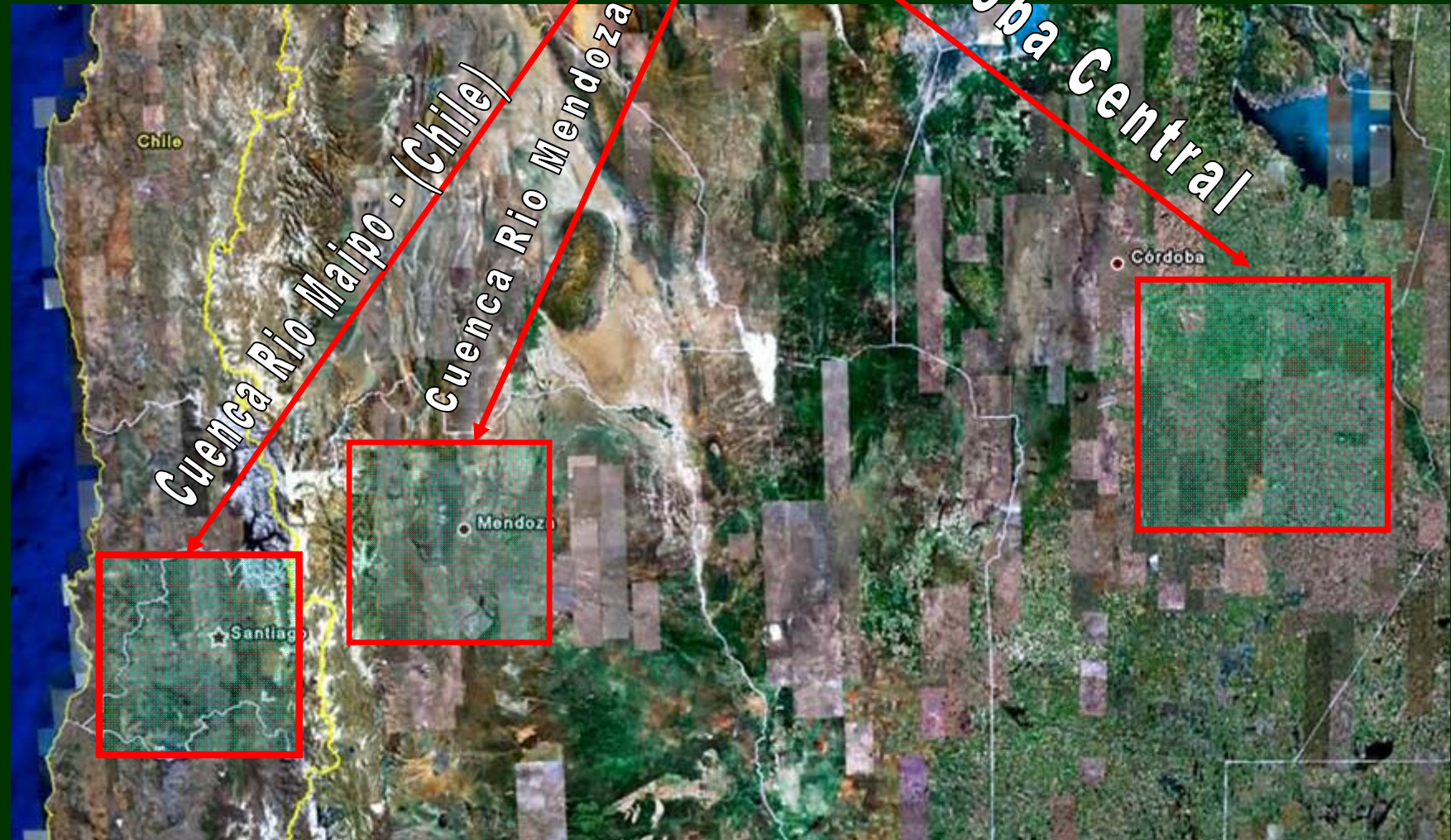
Escenario IPCC A2

Impacto del Cambio Climático en áreas de regadío

Objetivo propuesto: Comparar el impacto probable del cambio climático en tres regiones con distintos problemas en el uso de sistemas de riego

- estudio de los impactos probables del cambio
- evaluación de las vulnerabilidades de los sistemas productivos en cada región.
- riesgos y oportunidades

Regiones



El Rio Maipo

- El Rio Maipo, con una longitud de 250 Km., nace al pie del volcán del mismo nombre a 5.623 m.s.n.m. y desemboca en el Océano Pacífico al sur del puerto de San Antonio.
- La cuenca del Rio Maipo ($32^{\circ}55'$ y $43^{\circ}15'S$) es una cuenca andina con una superficie total de 15.157 Km²

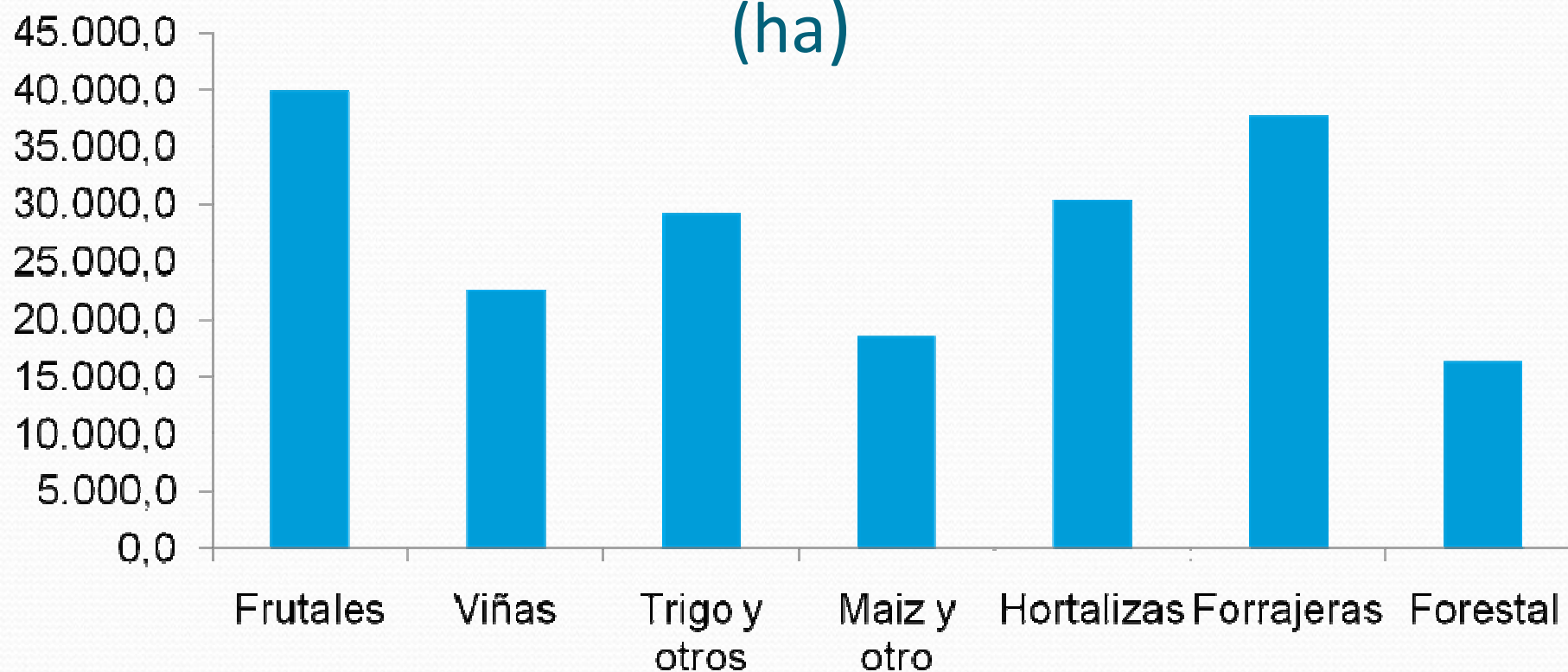




Demandas de Agua para Uso Agrícola.

- El 33% de la superficie de la cuenca corresponde a alta cordillera, el 45% a terrenos con aptitud forestal, el 15% a terrenos con aptitud agropecuaria y el 5% restante se reparte entre 524 Km² de aéreas urbanas, 206 Km² de cauces y 32 Km² de lagos y embalses.
- La cuenca del río Maipo cuenta con 634 canales, ubicados mayormente en los ríos Maipo y Mapocho, los cuales en su conjunto riegan un total de aproximadamente **194.868 ha** cultivables, supliendo una demanda anual de **4.985,8 mm/año**.

Áreas según tipo de cultivo en el total de la cuenca del río Maipo (ha)



Régimen de crecidas y estiajes.

- Al llegar al valle, el río posee un caudal medio de 112 m³/s, variando entre caudales medios mensuales de 228 m³/s en diciembre y 57 m³/s en mayo.
- El curso bajo del río tiene un caudal medio anual de 117 m³/s variando entre caudales medios mensuales de 175 m³/s en agosto y 73 m³/s en abril



01/07/2008

Workshop Workshop, 7th, 2008

Desembocadura – Sector Costa



Cambios esperados en la cuenca del Rio Maipo

- Cambio de temperatura en Chile Central de 2 a 3 °C.
- Precipitaciones
 - Chile central: reducciones significativas (30 a 50%)
- Isotherma de 0°C sufre desplazamiento en altura
 - Incremento de crecida invernales
 - Reducción de la capacidad de almacenar en las cuencas.

Temp. media	DEF	MAM	JJA	SON
Actual	22°C	15°C	10°C	14°C
2070 - 2100	24°C	17°C	12.5°C	16.5°C

Precipitacion	DEF	MAM	JJA	SON
Actual	10	100	300	15
2070 - 2100	0	70	210	10

Impactos y posibles adaptaciones

- 1. La oferta hídrica disminuye aunque en el corto plazo es suficiente.**
- 2. Los cambios en el hidrograma y estacionalidad de las precipitaciones pueden tener un alto impacto.**
- 3. La elevación de la temperatura impacta por incrementar evapotranspiración**

4. Adaptaciones

Mayor tecnificación y eficiencia en el riego, cambio de sistemas de riego

Cambio en las especies y variedades cultivadas, oportunidad en el adelanto de cosechas para mercados de primicias

Los ríos de la Región Cuyana

Disponibilidad Hídrica

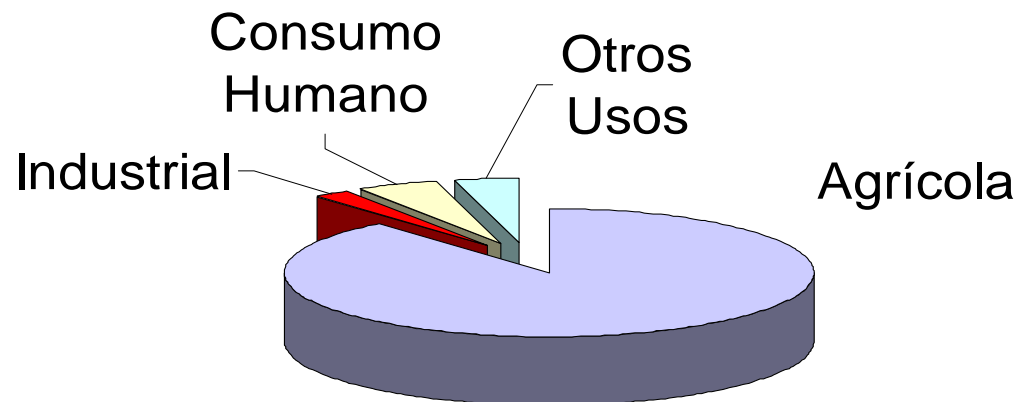
BALANCE HÍDRICO PROVINCIAL	
OFERTA	ASIGNACIÓN
7.232 hm ³	5.586 hm ³

De la oferta hídrica anual, el 77% es asignado para su aprovechamiento en los diferentes usos del agua.

Distribución del agua en Mendoza

Demanda por usos

SECTOR AGRÍCOLA	89%
SECTOR INDUSTRIAL	2%
CONSUMO HUMANO	5%
OTROS USOS	4%

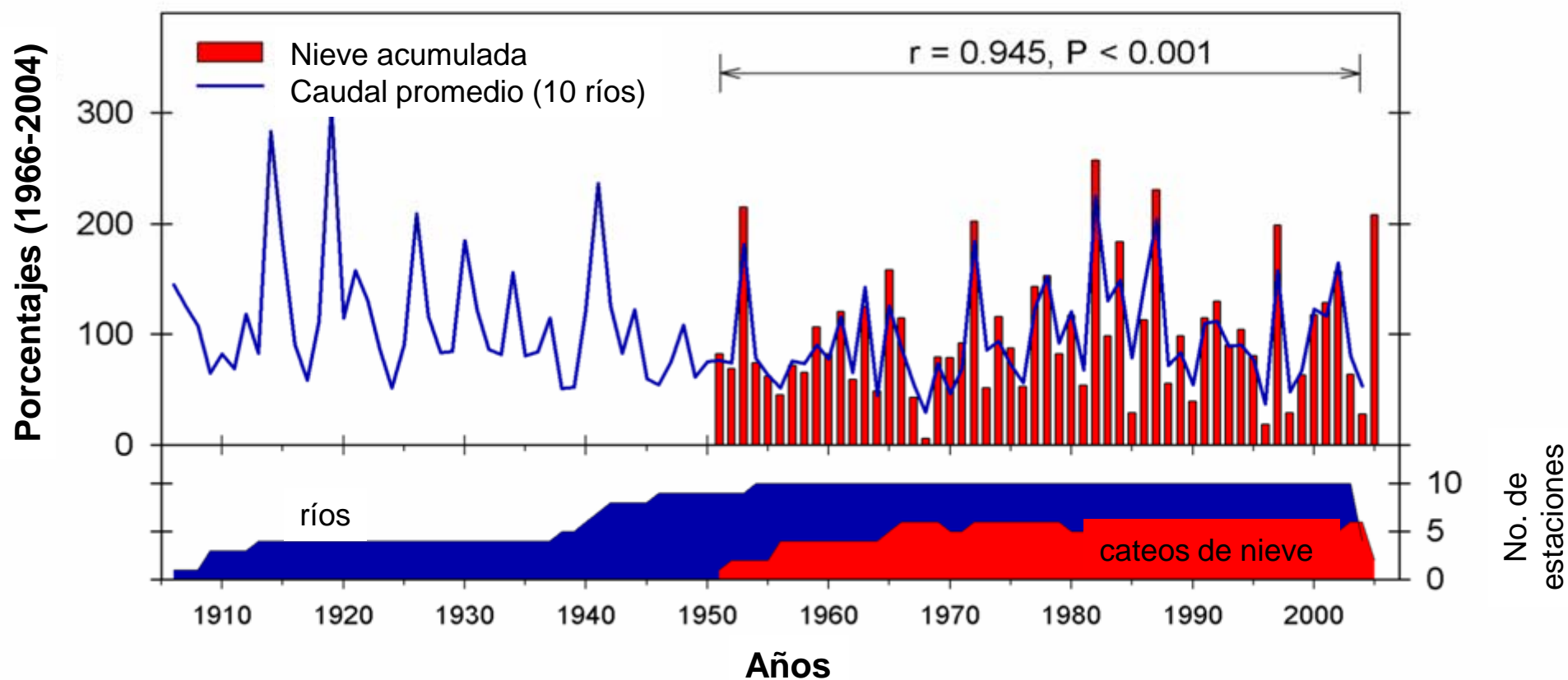


Relación Nieve - caudal



El volumen del caudal de verano es función de la nieve acumulada en invierno

Relaciones entre nieve y caudal en los Andes de San Juan y Mendoza



Fuente: Masiokas et al (2006) *J. Climate*



Foto :W. Von Fischer, 1914

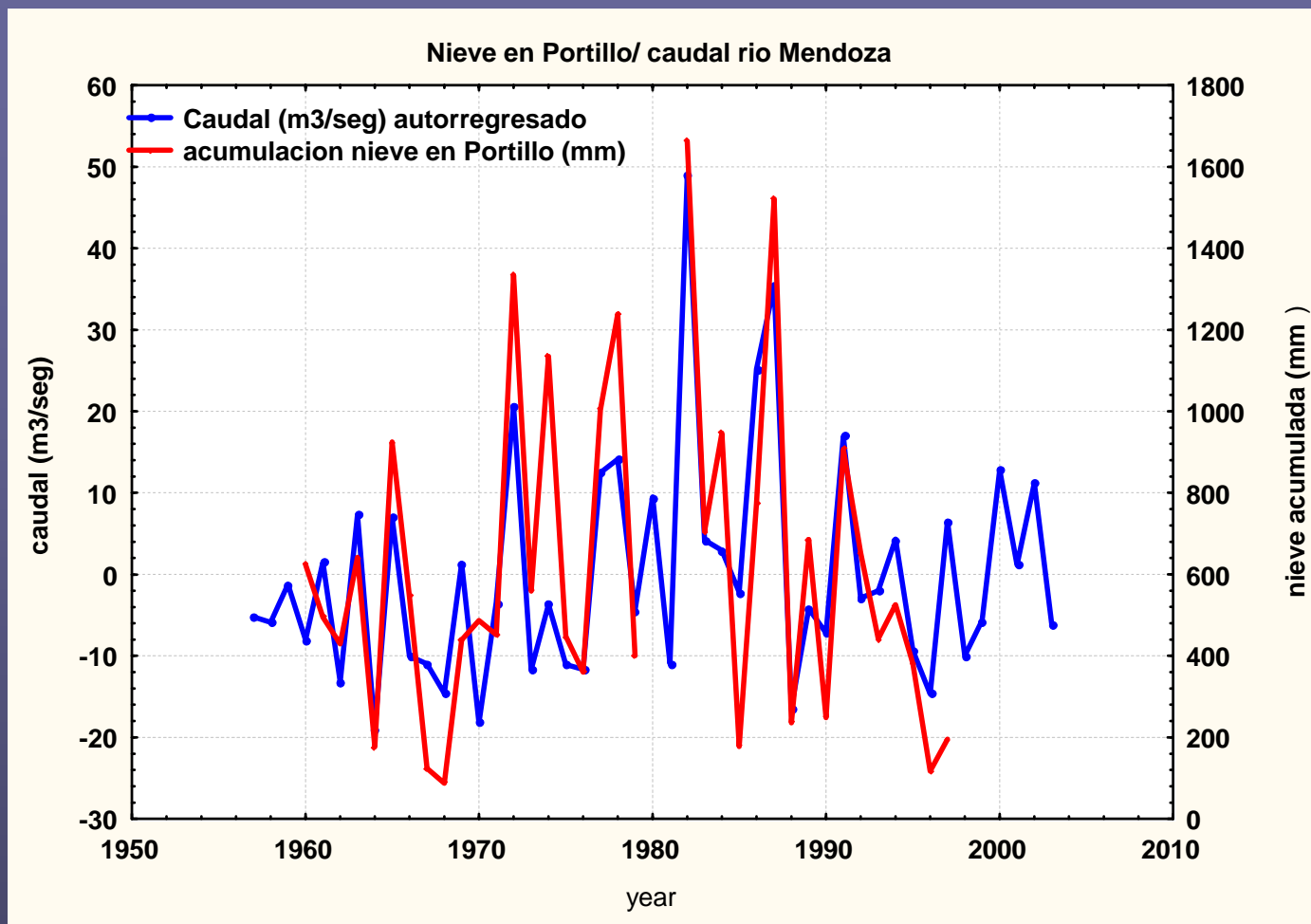
1908

Cuenca Rio Atuel:
Glaciar del Humo

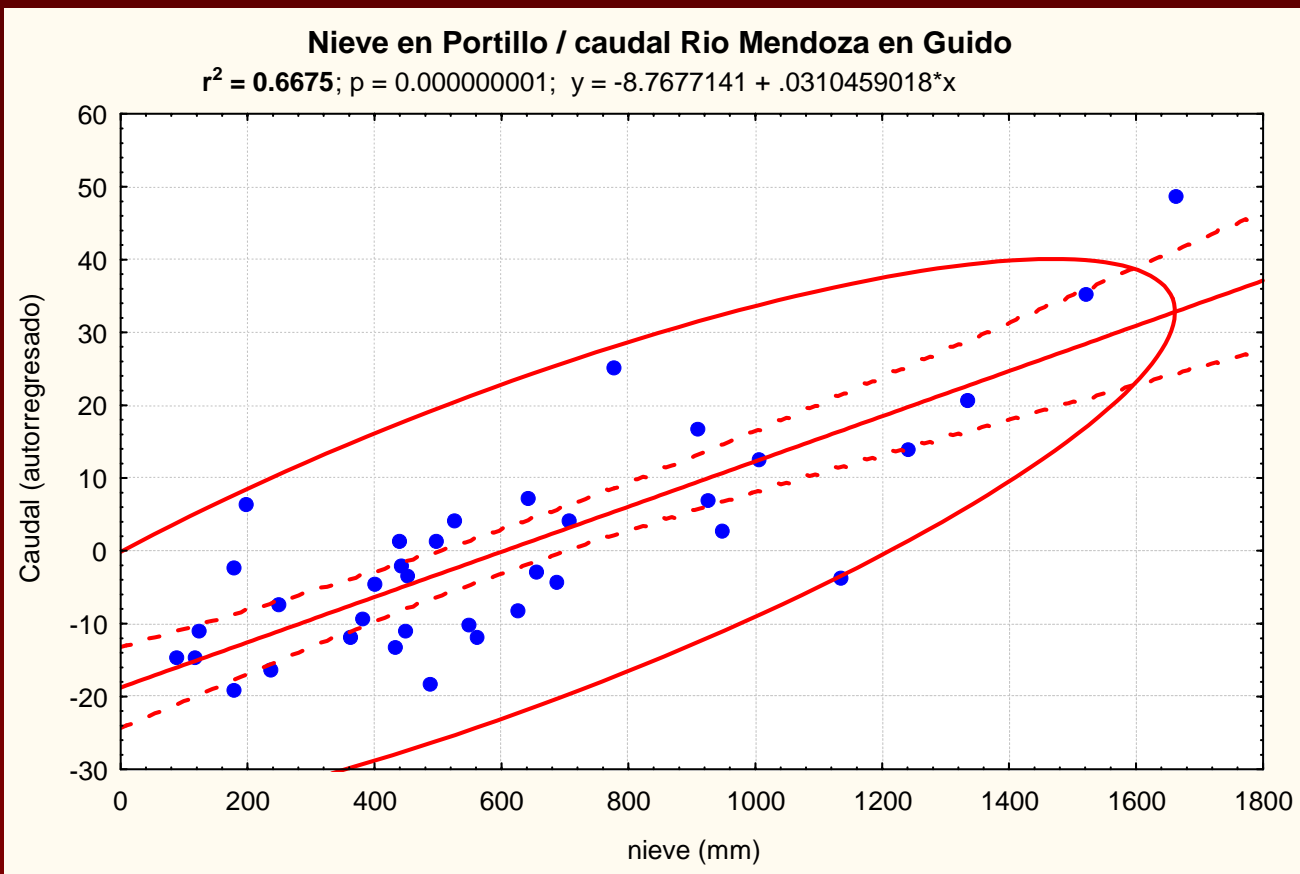
1984



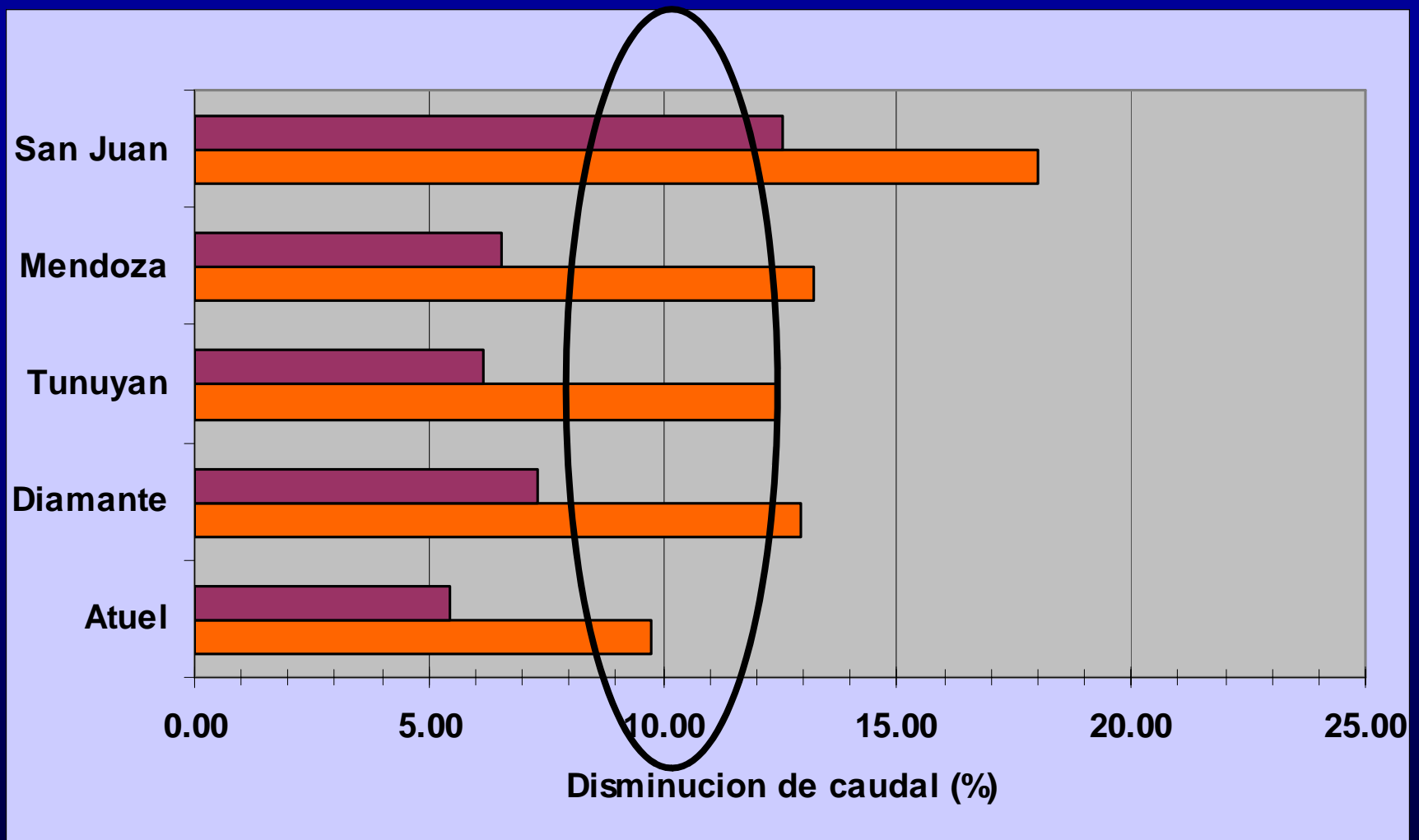
Foto: Prof. D. R. Cobos



Nieve en Portillo y caudal Río Mendoza en Guido



Relación
Nieve y
caudales con
modelado
autorregresivo

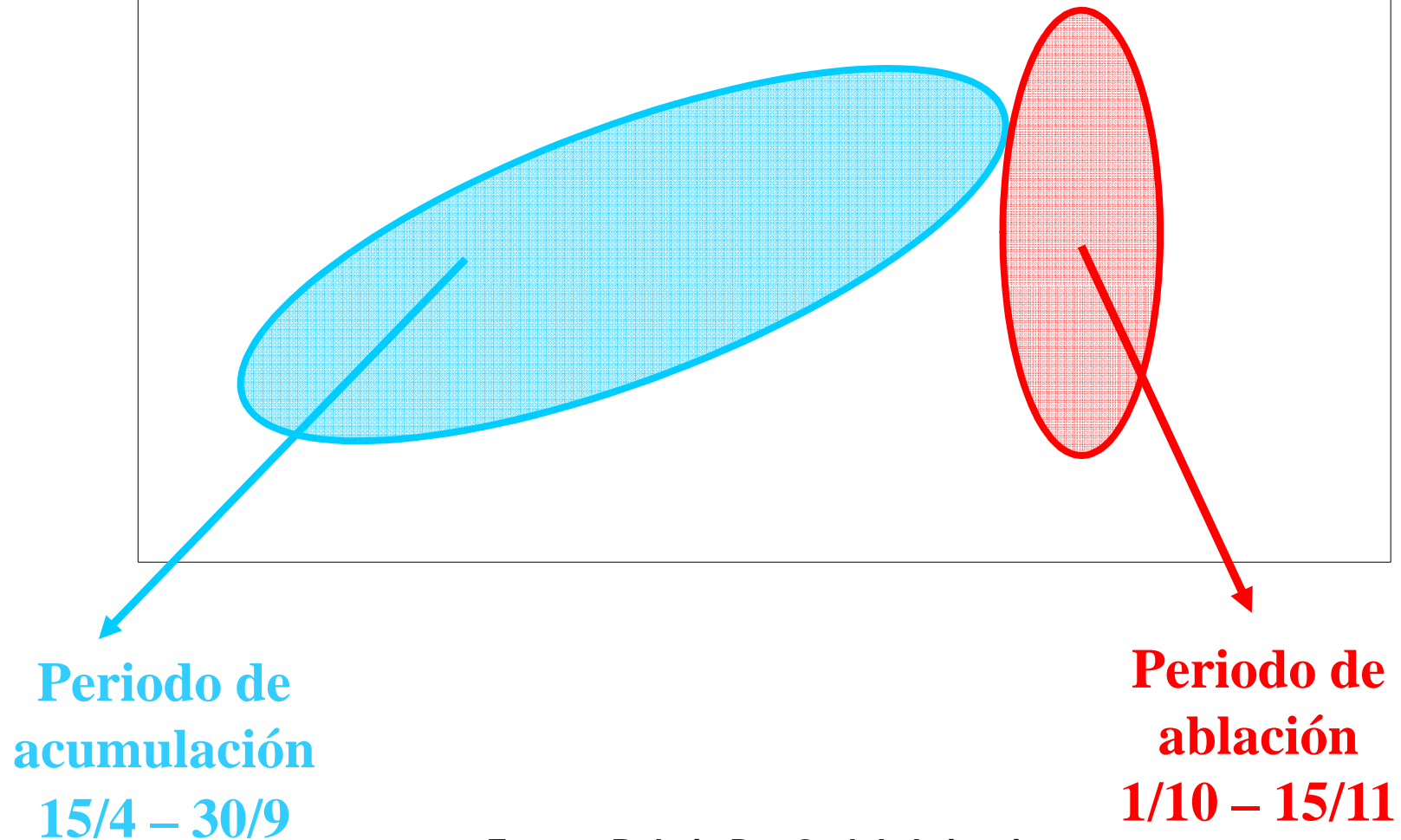


Porcentaje de disminución media en caudales
Década 2021 / 2030

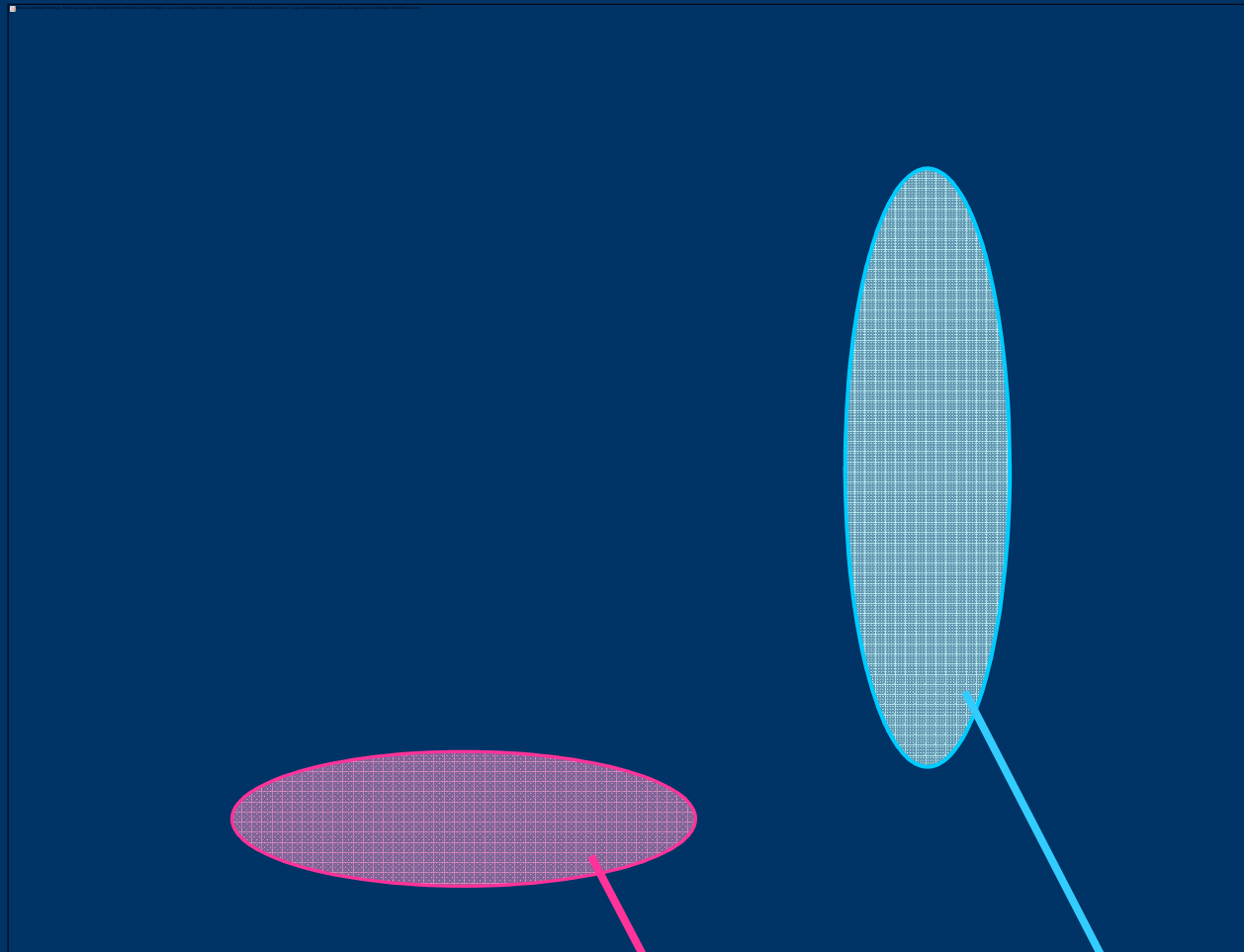


**La temperatura regula la fusión
Sus cambios modifican
al hidrograma**

Estación Nivométrica Toscas
Cuenca del Rio Mendoza: Acumulación - fusión de nieve



Fuente: Boletin Dto Gral de Irrigacion



Relación entre temperatura media mensual y los caudales mensuales en Punta de Vacas

Lat: 32°51'11"S Long:69°45'25"W 2384mts s.n.m.

Ecuación de ajuste $y=a+bx^3$

Correlacion: $r = 0.735$ $p>0.0001$

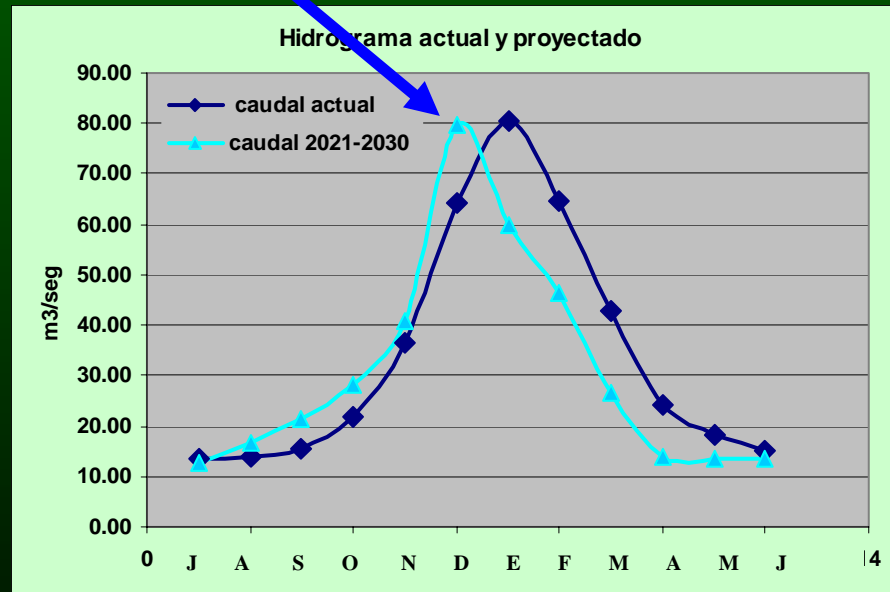
Con temperaturas $< 10^{\circ}\text{C}$ en Punta de Vacas, el caudal es aproximadamente constante (15 y 17 m³/seg).

A temperaturas mayores, el caudal crece exponencialmente. La dispersión de los datos es muy grande a temperaturas $> 15^{\circ}\text{C}$.

Hidrograma actual y Proyectoado Rio Vacas

Mes	t° 2020/30 °C	Caudal 2020/30 m3/seg	Caudal 2021/30 nieve 550mm
Julio	4.61	13.73	12.56
Agosto	6.65	16.42	16.72
Setiembre	8.52	21.29	21.29
Octubre	11.72	28.09	28.09
Noviembre	14.93	45.31	40.91
Diciembre	17.52	84.86	79.73
Enero	18.97	73.93	59.96
Febrero	18.35	51.49	46.55
Marzo	16.74	41.07	26.60
Abril	13.50	25.46	13.99
Mayo	9.63	14.48	13.57
Junio	5.60	9.46	13.56

Caudal para carga de nieve igual a la actual (550 mm/año) en el 2021-2030

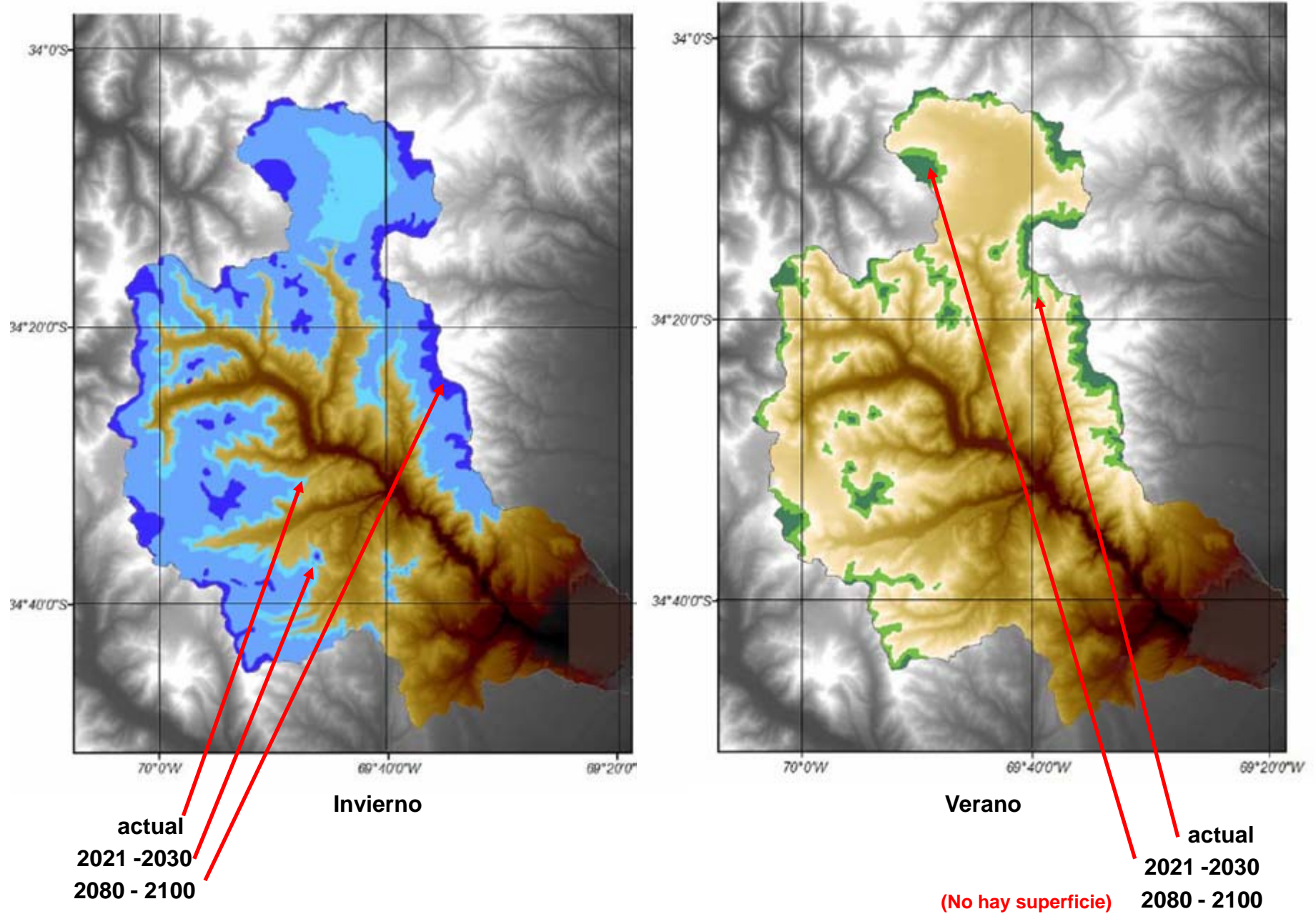




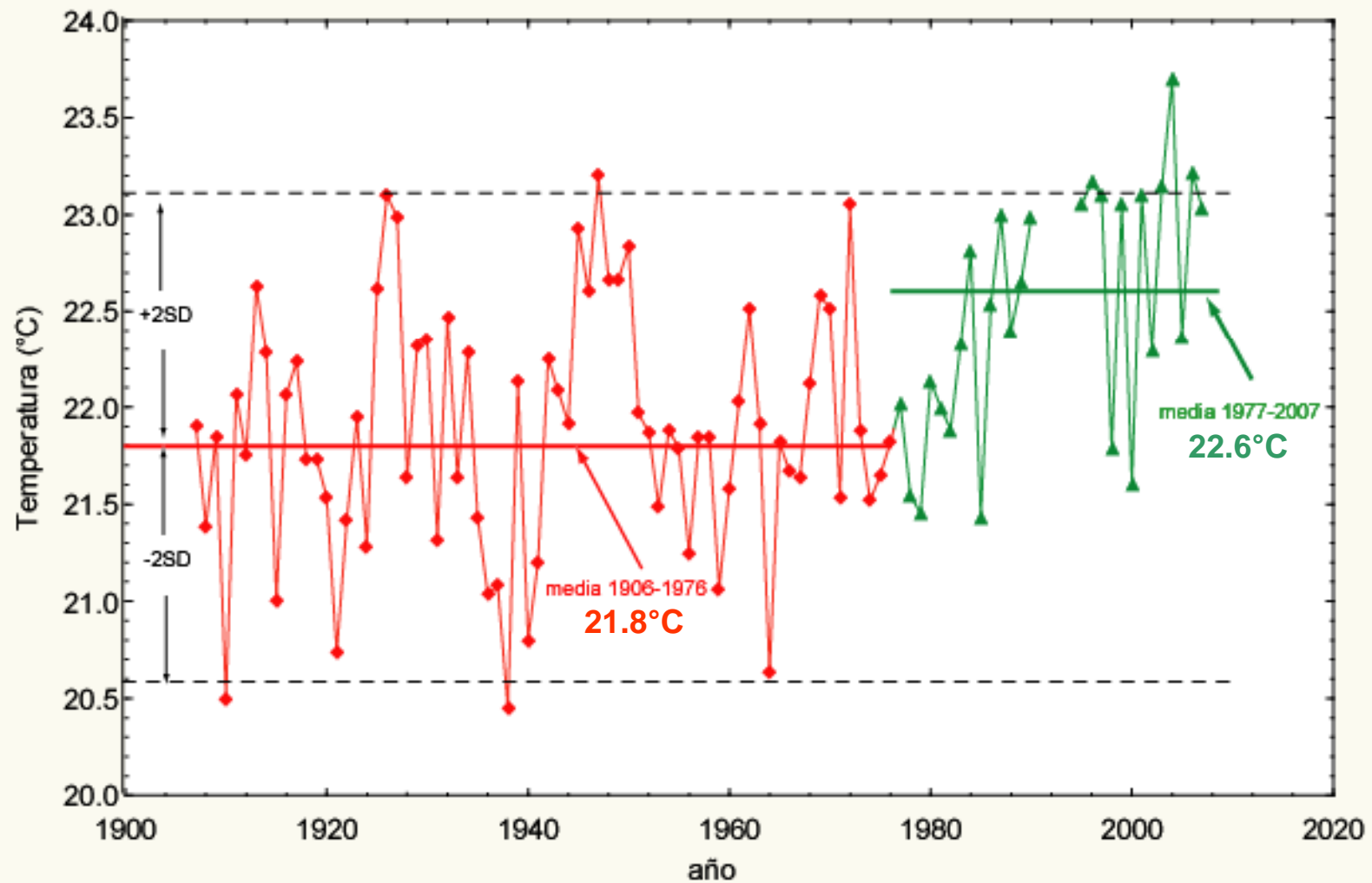
La isoterma de 0°C

Cuenca del Rio Diamante

Superficie de la cuenca por encima de la Isotherma de 0°C



Temperatura Media Octubre - Marzo Mendoza Aeropuerto



Impactos en Mendoza y posibles medidas de adaptacion

Cambios en el hidrograma y en la oferta hidrica: necesidad de manejar el riego incrementando eficiencia y tecnologia.

Competencia de la agricultura en la asignacion de del recurso. Incremento del uso consuntivo y para industria. Sistemas de ahorro de agua.

Incremento en la temperatura: Evaluar adaptacion de variedades y/o practicas culturales, calidad, sanidad.

Creacion de nuevos cultivares resistentes

Córdoba Central

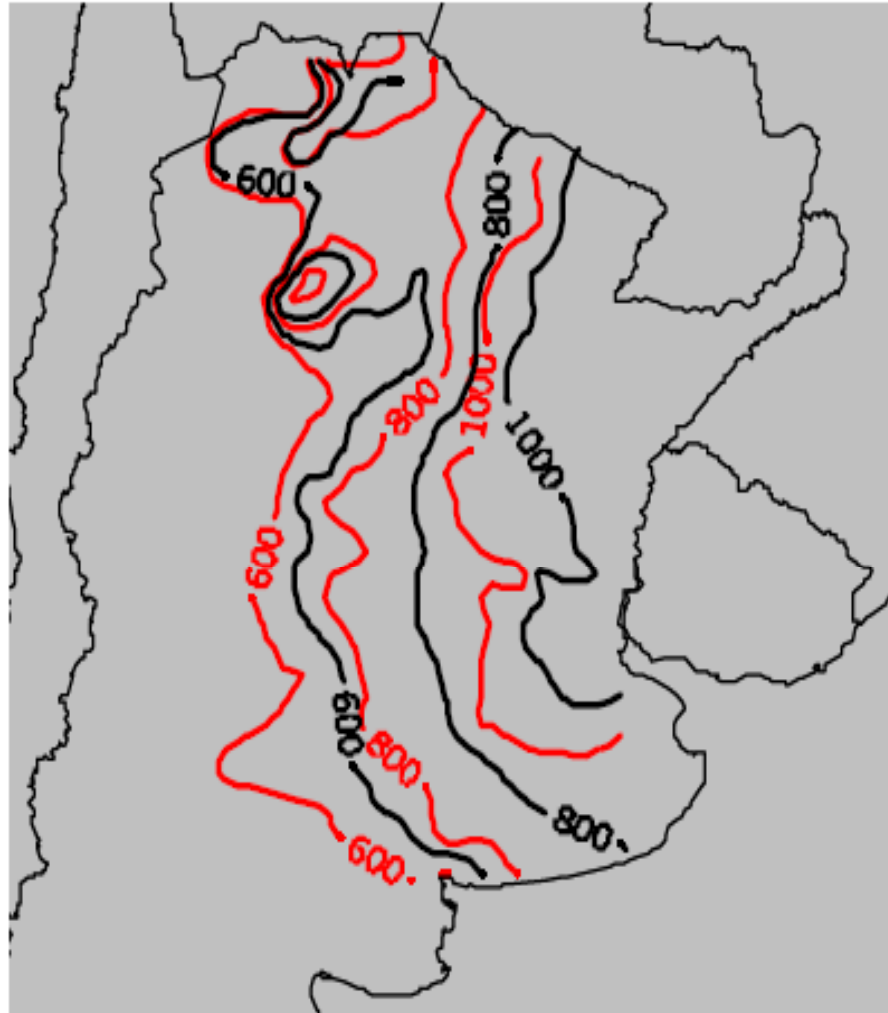
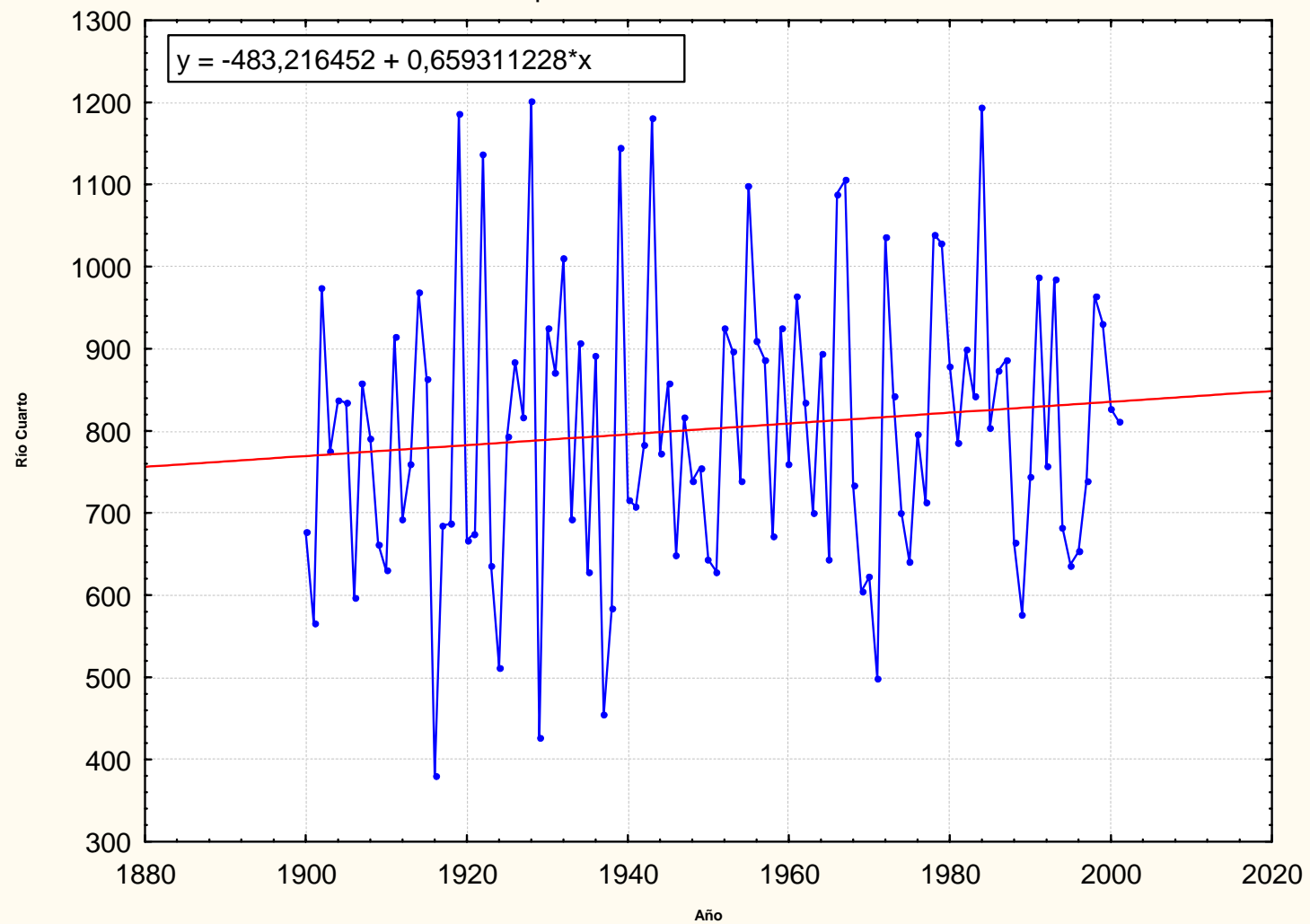
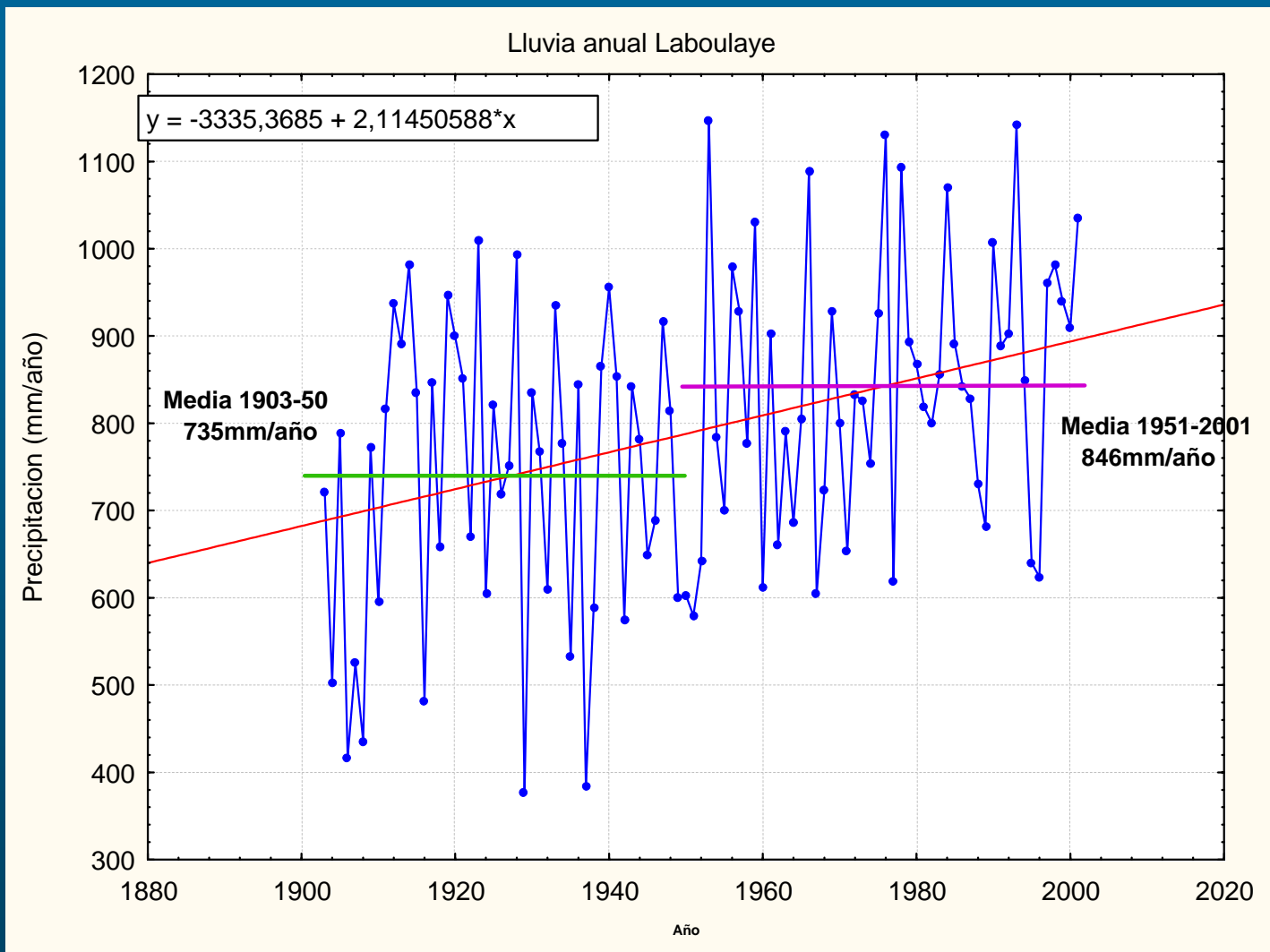


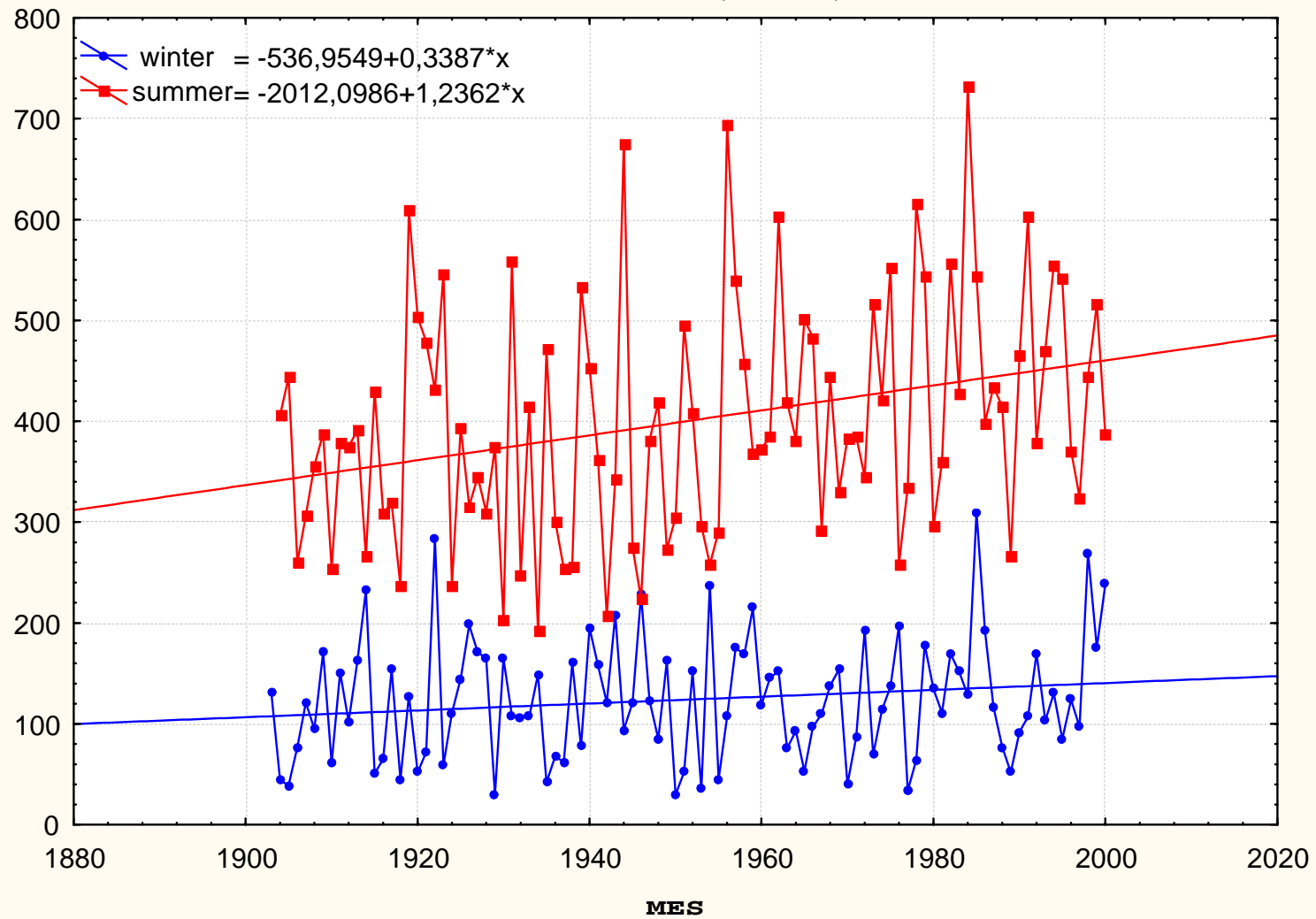
FIGURA 4.3. Isoyetas en mm. En negro 1950 /1969 y en rojo 1980/1999 (de Barros 2004)

Precipitacion Anual Rio Cuarto





VILLA MERCEDES (San Luis)



Córdoba Central

Incrementos probables de temperatura

Temp. media	DEF	MAM	JJA	SON
Actual	25°C	15°C	9°C	17°C
2070 - 2100	28°C	17°C	11°C	18.5°C

Incrementos probables de precipitación

Precipitacion	DEF	MAM	JJA	SON
Actual	350	220	100	180
2070 - 2100	450	280	150	130

Según modelo PRECIS

Impactos del CC en la agricultura en ALC

Impactos ya observados en Sudeste de Sur América

- Aumento de productividad de cultivos de verano y pasturas por mayores lluvias (1930-1960 vs 1970-2000) (Fuente: Magrin, 2007)

	Maíz	Pasturas
Sur de Brasil	+ 12	
Uruguay	+ 49	+ 7
Pampa Húmeda Argentina	+ 26	+ 7
Pampa Semiárida Argentina	+ 41	

- Cambios en la productividad del trigo por aumentos de temperatura (Fuente: Magrin, 2007)

Sur de Brasil	- 6
Uruguay	+ 3
Pampa Húmeda Argentina	- 3
Pampa Semiárida Argentina	+ 24

Impactos del CC en la agricultura en ALC

Posibles impactos a futuro

- **Arroz**
 - Guyana: de -3% a -16%
 - Costa Rica: -31%
 - Guatemala: de -16% a -27%
 - Bolivia: de -2% a -15%
- **Sudeste de Sur América (Fuente: IPCC, 2007)**
 - Trigo: + 9 a + 14%
 - Maíz: - 5 a + 8%
 - Soya: + 24 a + 45%
- **Pampas argentina (con efecto CO2)**
 - Trigo: + 1°C (+11%) / + 2°C (+3%) / + 3°C (-4%)
 - Maíz: + 1°C (0%) / + 2°C (-5%) / + 3°C (-9%)
 - Soya: + 1°C (+40%) / + 2°C (+42%) / + 3°C (+39%).

Agua y agricultura en un contexto de CC

- Se proyecta un incremento en la demanda de agua para irrigación, generando mayor competencia por esta entre los sectores agropecuario, industrial, energético y doméstico
- Cambios en la disponibilidad de agua
 - Afectada por CC tanto por carencia como por exceso
 - Afectada por opciones de adaptación en la agricultura
 - Demandas de otros sectores (e.g. crecimiento económico y de la población)

La disminución de los niveles freáticos y el incremento en el costo energético para su extracción harán que se incrementen los costos en la agricultura.



Impactos del cambio climático en Córdoba

Impactos generales esperados a futuro

- Cambios en los patrones de precipitación y temperatura que afectarán la disponibilidad de agua en donde la mayor precipitación sera neutralizada por mayor evapotranspiración (agricultura, energía).
- A partir de los incrementos en las temperaturas medias regionales de entre 1 y 3 °C, se proyecta un incremento en el potencial para la producción agrícola, pero este se reduce para incrementos mayores.
- Reducciones importantes de productividad si la varianza de las temperaturas (variabilidad climática) se duplica
- En zonas templadas se proyecta un incremento en la productividad de la soya



CEPAL

La adaptación al cambio climático

Adaptaciones observadas

- **Prácticas desarrolladas por los agricultores**
 - Cambios en el uso de la tierra (e.g. Combinación de cultivos)
 - Cambios en la fecha de siembra
 - Diversificación espacial
 - Manejo sostenible (e.g. labranza mínima, agricultura orgánica)
 - Diversificación económica (e.g. economía rural no agrícola)
- **Investigación y desarrollo**
 - Adaptación de genotipos para desarrollar tolerancia a variaciones en temperatura y humedad.
 - Innovación en irrigación
- **Mecanismos económicos**
 - Mecanismos de seguros

Algunas prioridades para las políticas públicas

- **Reconocer que la adaptación en la agricultura tiene características de bien público**
 - En ausencia de intervención gubernamental habría menos adaptación de lo socialmente deseable.
 - Las políticas públicas de adaptación al cambio climático en la agricultura también debe contribuir a la cohesión social
 - Sistemas de alerta temprana;
 - Investigación en el desarrollo de nuevas variedades o de variedades más resistentes a las variaciones en la disponibilidad de agua;
 - Provisión de infraestructura de riego y drenaje,
 - Programas de seguros agropecuarios
 - Ordenamiento territorial y zonificación agroclimática.

Gracias por la atención

