

ESCENARIOS CLIMÁTICOS DE CORTO PLAZO

Un Caso de Estudio en
Argentina y Uruguay

El **CLIMA** siempre ha sido un factor de **RIESGO** para el sector Agropecuario y será potenciado en el contexto del **CAMBIO CLIMÁTICO**.

Tiempo

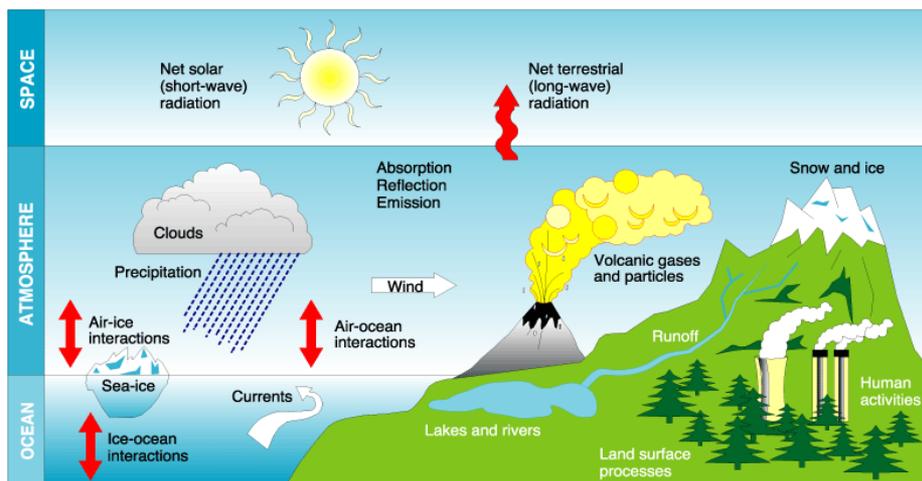
1 – 10 Dias

Sistema Complejo

Procesos a diferentes escalas espaciales y temporales que actúan simultáneamente

Variabilidad Climática

Estacional
Interanual
Decadal



Cambio Climático

Multi decadal
Secular

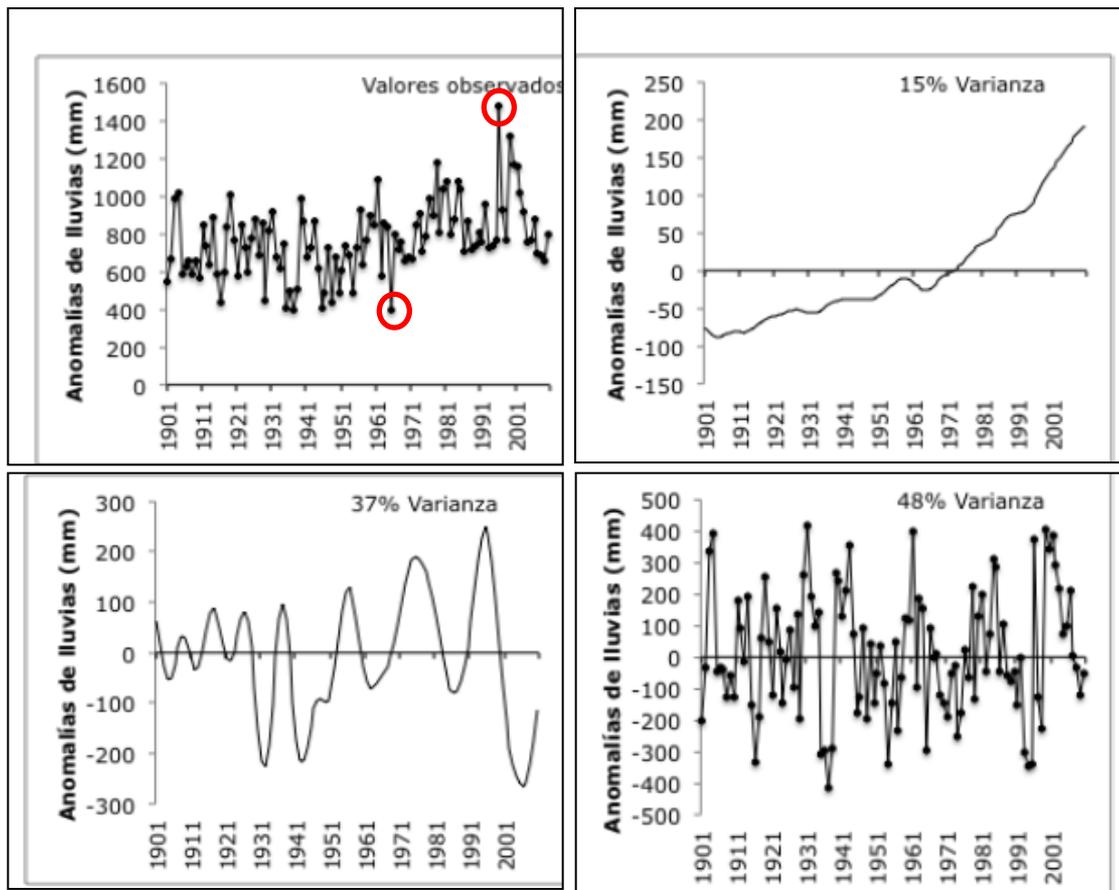
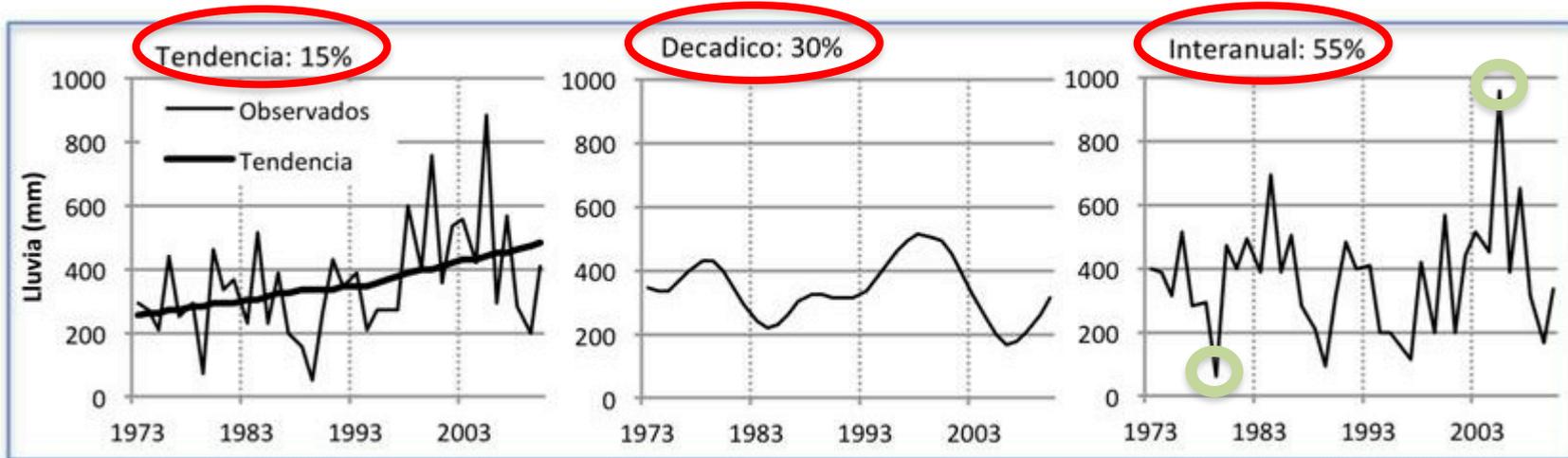


Figura 1: Lluvia anual en la localidad de Córdoba para el record 1901-2011 y su descomposición según tres fuentes de variabilidad: tendencia, variabilidad interdecadica y variabilidad interanual. a) Valores observados b) Tendencia de largo plazo de la serie, c) Variabilidad interdecadica de la lluvia (luego de quitar la tendencia de largo plazo, d) Anomalías interanuales de la lluvia (luego de quitar la tendencia y la variabilidad interdecadica)



Descomposición variabilidad climática en escalas temporales

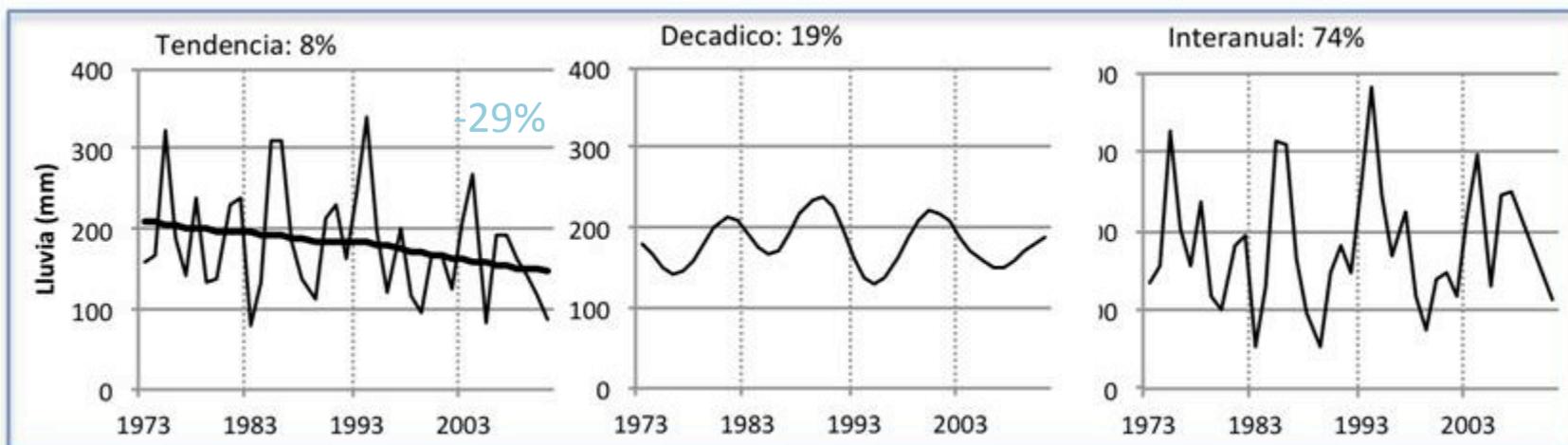
PP ABR-JUN (33 Orientales - Uy) - Otoño



+87 % (255-476mm)

Sin periodicidad definida

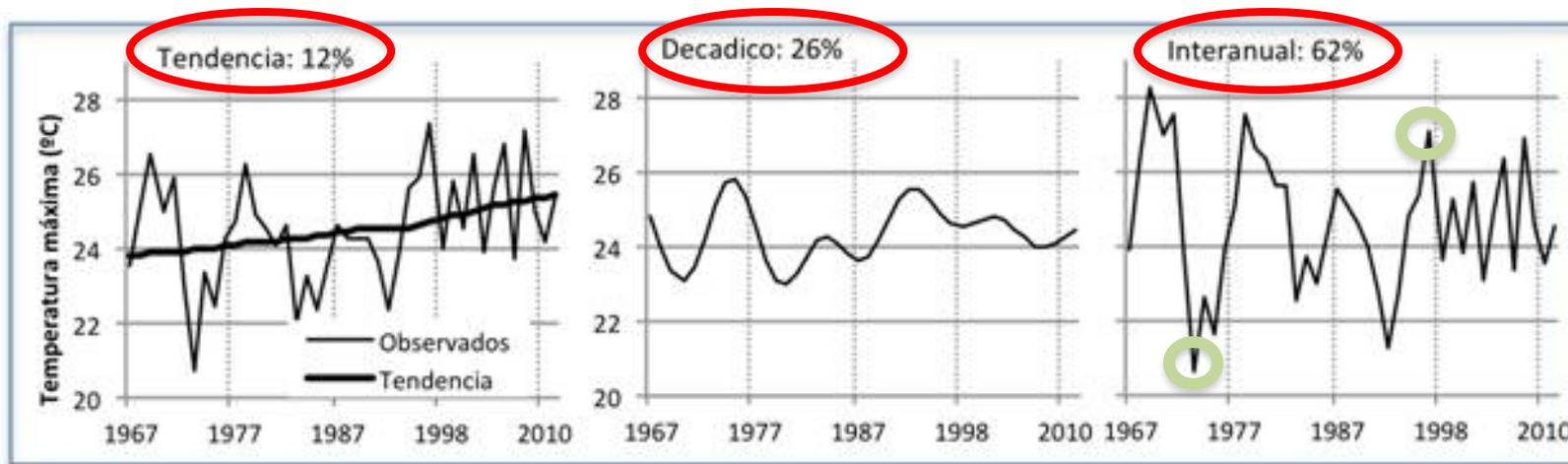
+ húmedos : 2005 +800mm
+ secos : 1979 -70 mm



PP ABR-JUN (Batán - Mx) - Primavera

Descomposición variabilidad climática en escalas temporales

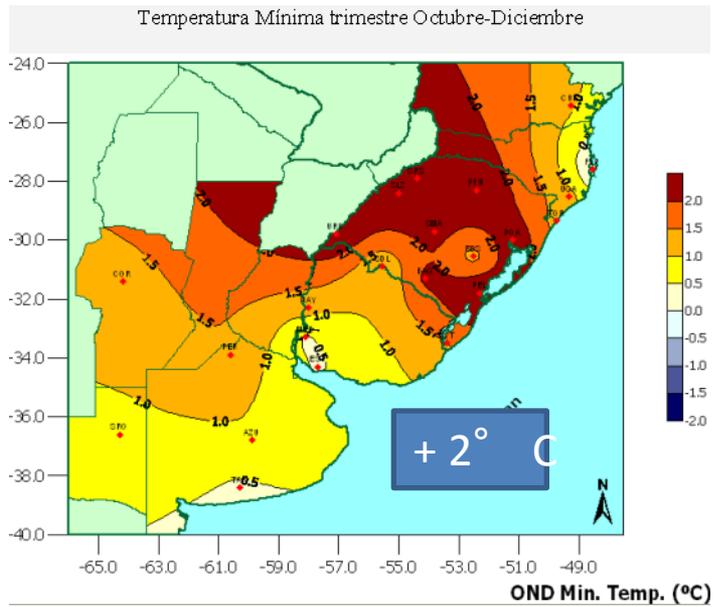
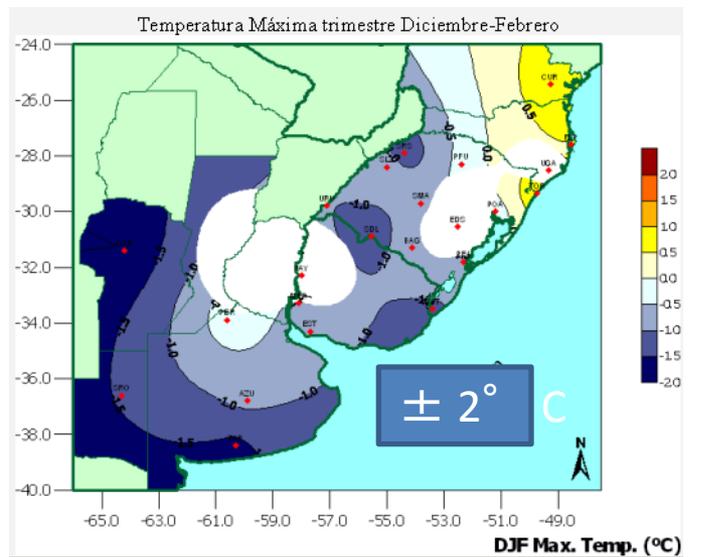
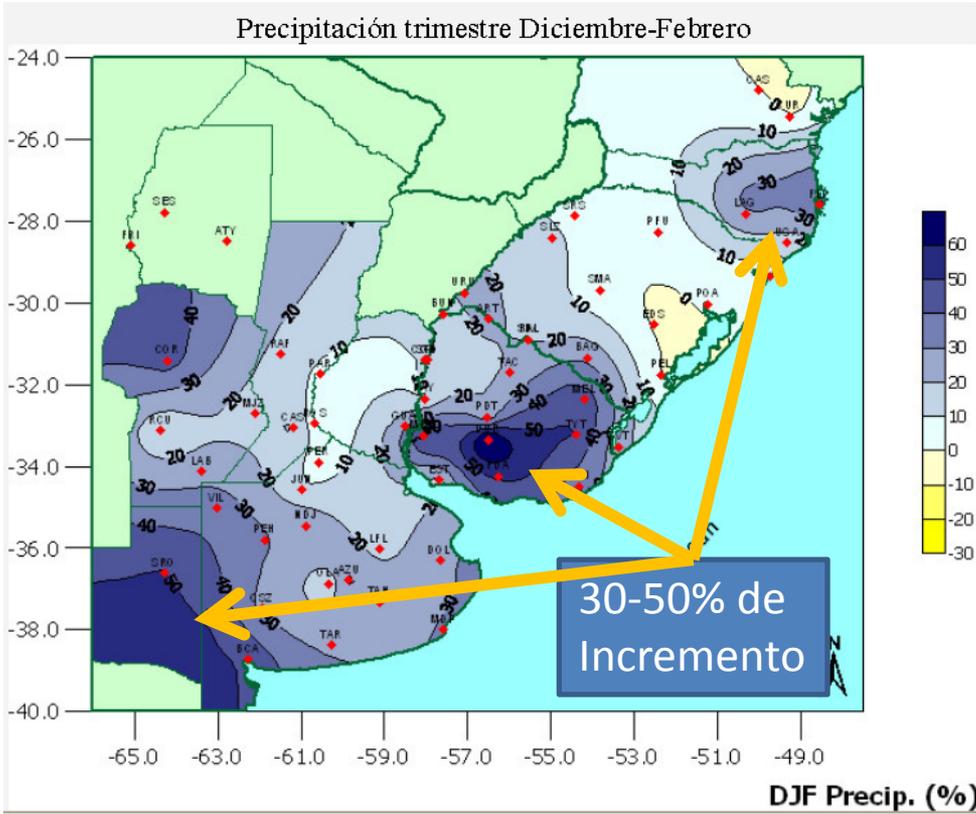
Tmax – JUL-SEP (Las Breñas, Ar) Invierno

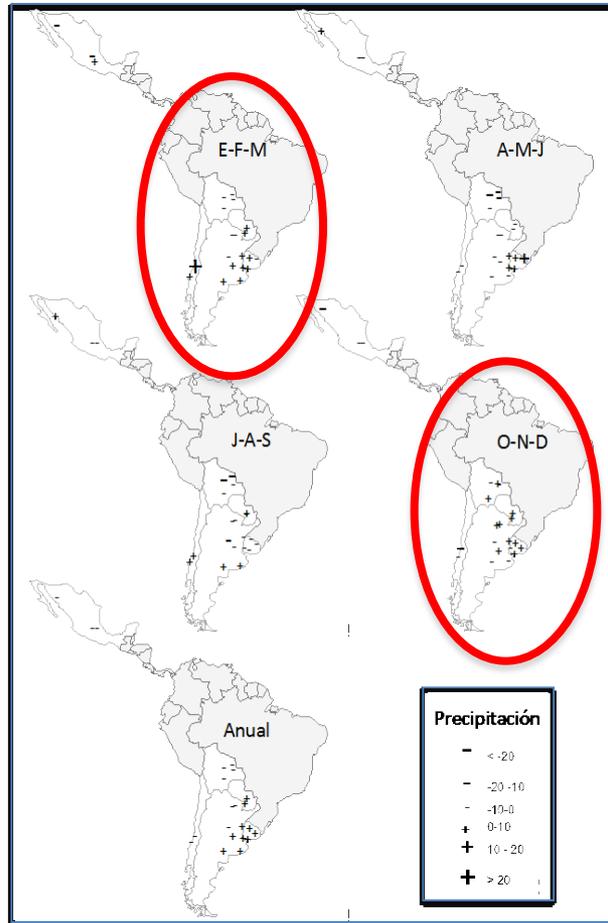


0.36°C / década

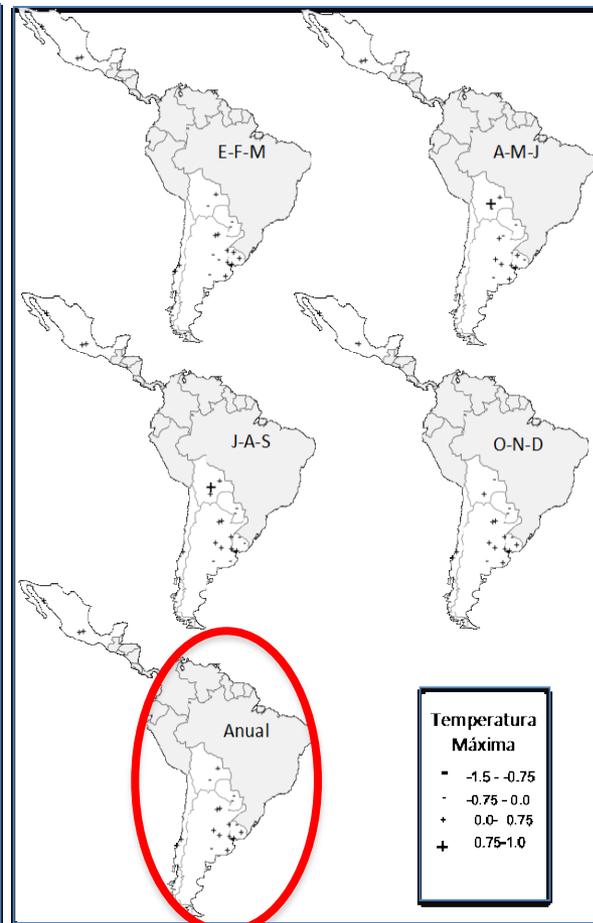
Que pasó con el Clima?

Cambios Observados en el Clima 1930-60 / 1970-00

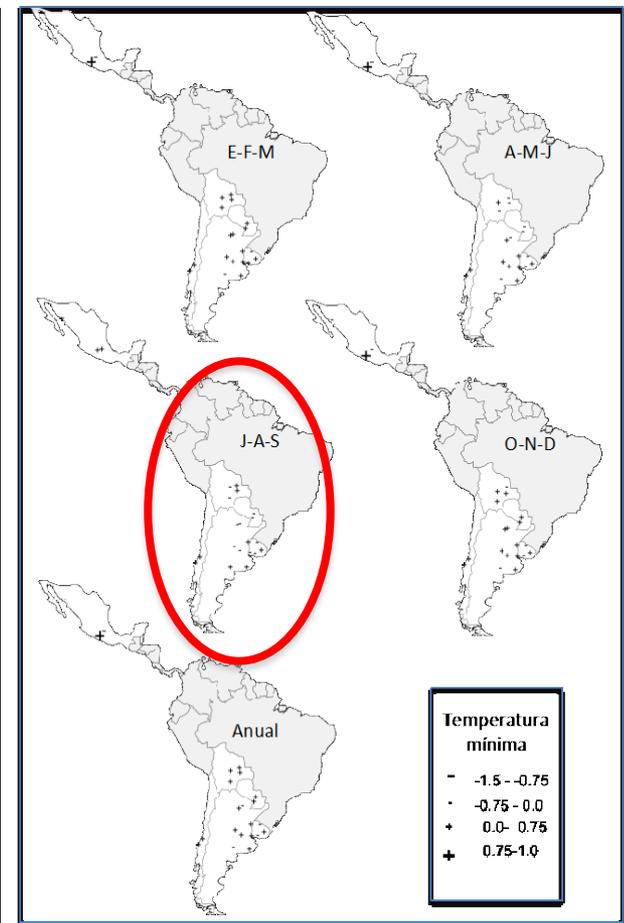




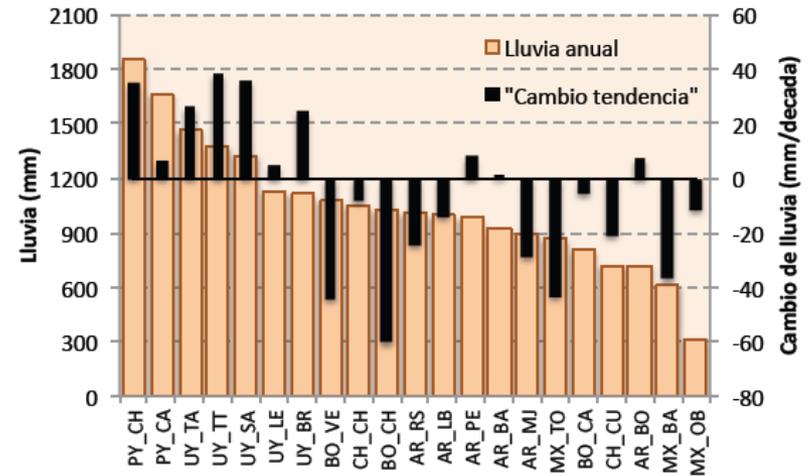
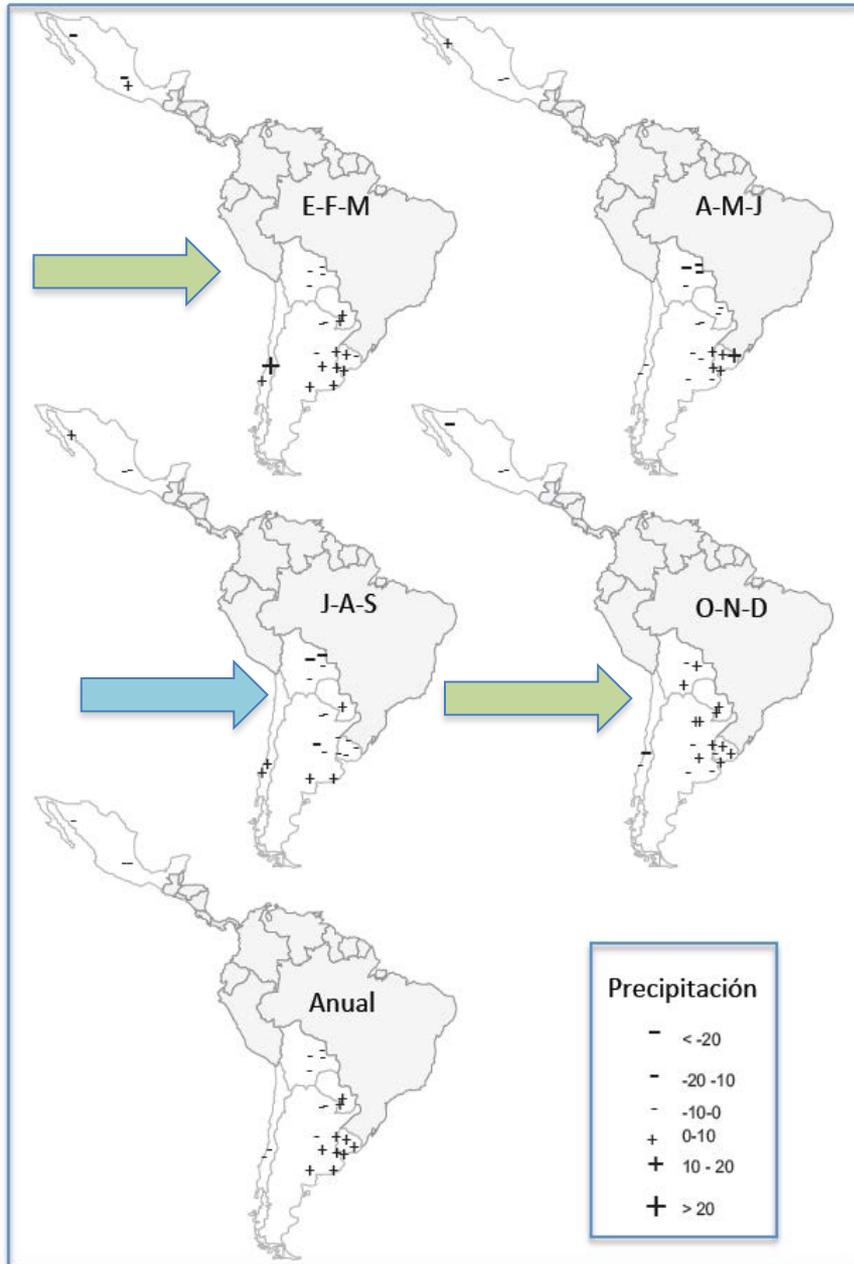
En general los aumentos ocurren **en primavera (O-N-D) y verano (E-F-M)**, aunque en Uruguay también se observan aumentos de importancia en otoño. La tendencia en general se revierte en invierno donde se observan reducciones de la lluvia en la mayor parte de la región.



La temperatura máxima media anual se incrementó en la mayor parte de los sitios, a excepción de las dos estaciones en Paraguay, Tacuarembó en Uruguay y Bordenave en Argentina. **En general, los incrementos se producen en todas las estaciones del año.**

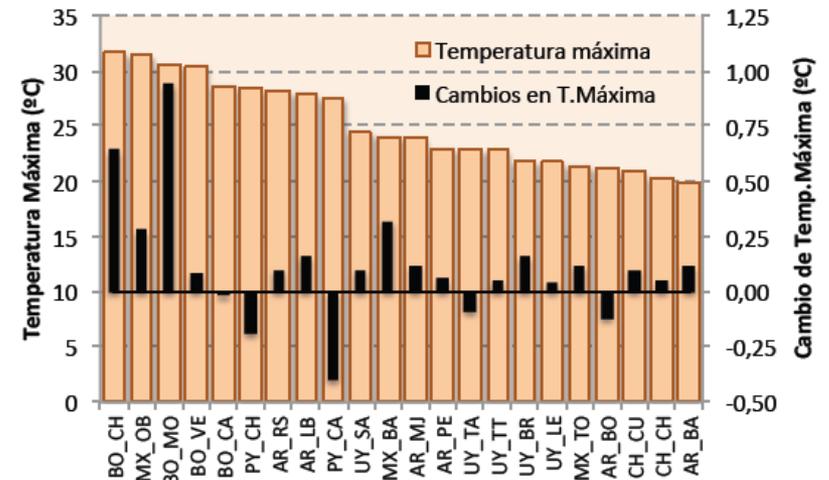
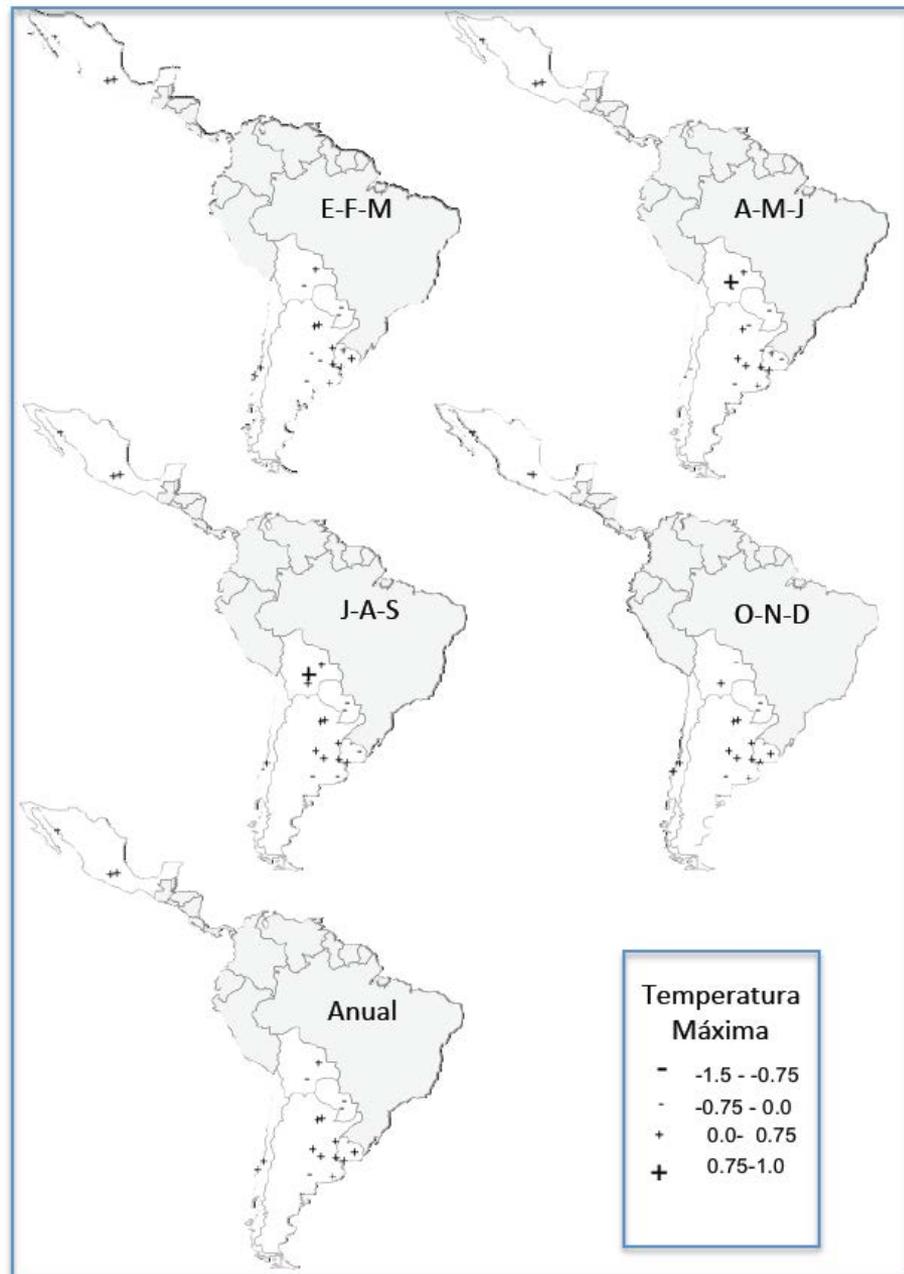


La Temperatura **mínima media anual** también **aumentó en la mayor parte de los sitios**. Los aumentos de la temperatura mínima fueron generalizados en el semestre octubre-marzo, mientras que en el trimestre **Julio-Septiembre** las mínimas tendieron a **bajar** en varios sitios.



SESA: Lluvia Anual Aumento en 10/13
 (19 mm/d promedio)
 +20% (Primavera-Verano) y
 Otoño(Uy)

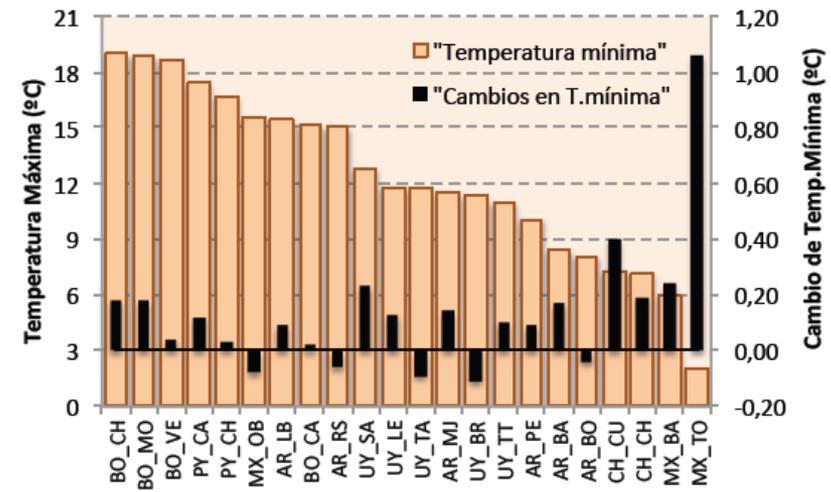
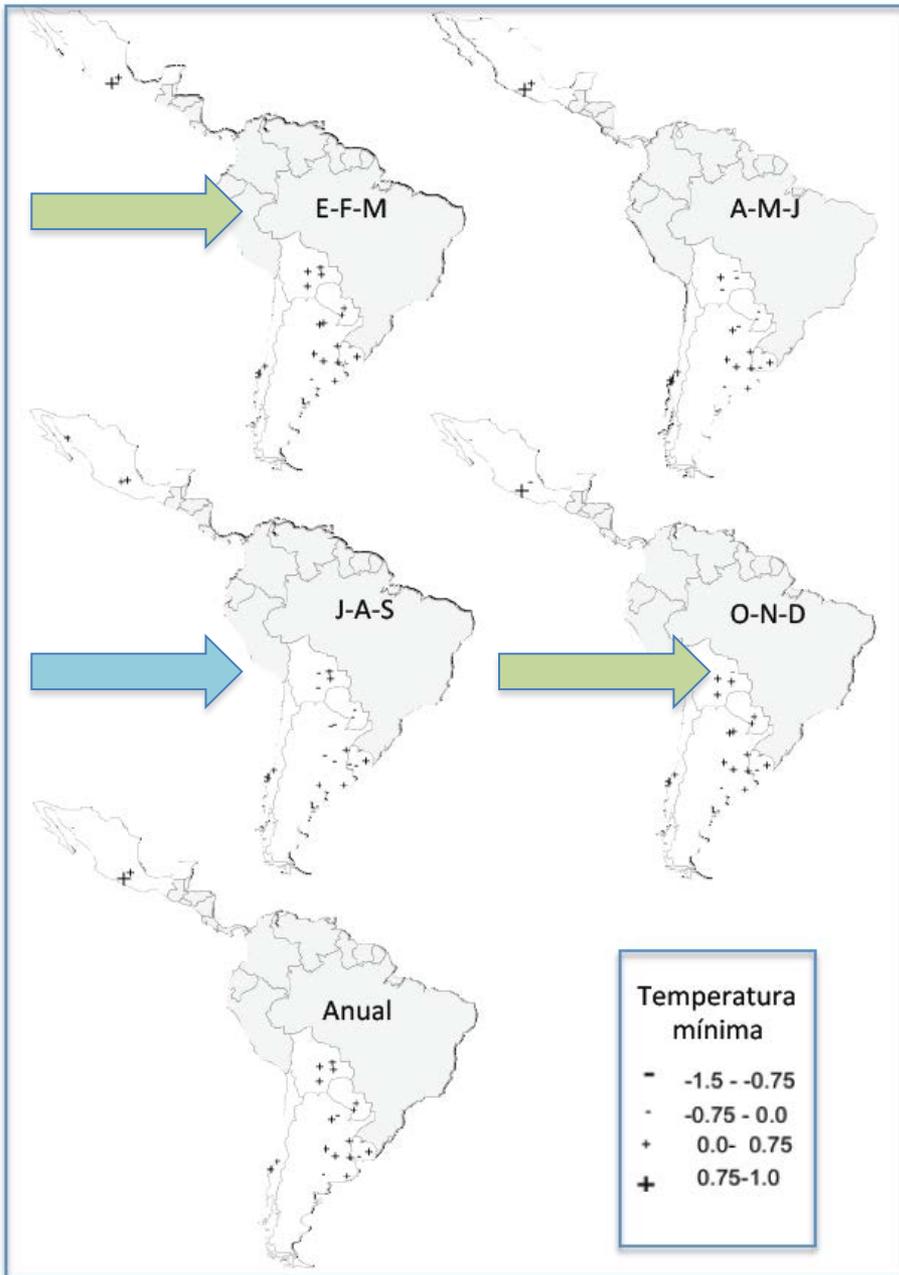
BO : -37 mm/d
 MX : -24 mm/d
 AR : -22 mm/d
 CH : -15 mm/d



Incrementos generales 0.2°C/d
 (0.94°C Montero-BO
 0.04°C Estanzuela-UY

Incrementos en todas
 las estaciones del año

Disminuciones :
 PY, Tacuarembó-UY y Bordenave-AR



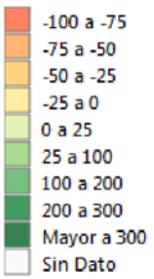
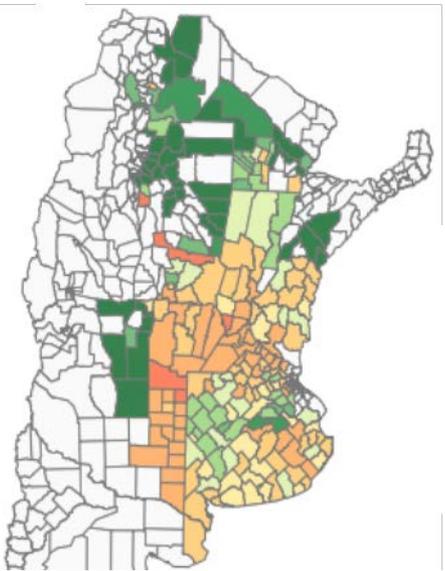
Incrementos generales 0.2°C/d
 (1.6°C Toluca-MX
 0.02°C Camiri-BO)

Incrementos en todas las estaciones del año

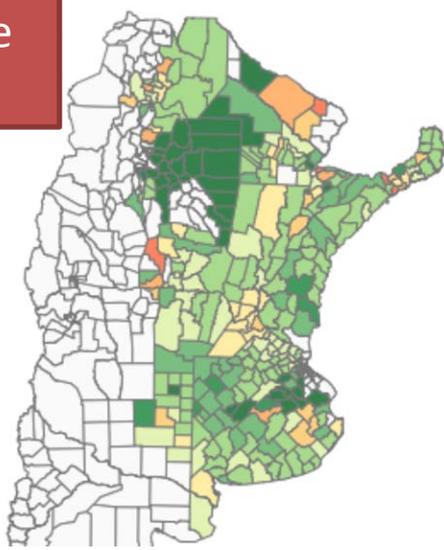
Disminuciones :
 Bordenave y RSP-AR
 Brujas y Tacuarembó – UY
 Obregón - MX

Expansión de la Frontera Agrícola 2000-2010

Cultivos de Invierno



Cultivos de Verano



PROVINCIA	Año 2000 Area (ha)	Año 2010 Area (Ha)	Diferencia (has)	Diferencia (%)
BUENOS AIRES	4.452.980	3.804.080	-648.900	-15
CORDOBA	1.328.250	675.610	-652.640	-49
LA PAMPA	1.093.920	386.540	-707.380	-65
SANTA FE	1.082.000	533.230	-548.770	-51
ENTRE RIOS	476.600	341.480	-135.120	-28
SANTIAGO DEL ESTERO	106.000	352.000	246.000	232
CHACO	85.000	157.700	72.700	86
SALTA	60.400	193.260	132.860	220
TUCUMAN	60.000	168.840	108.840	181
SAN LUIS	49.000	43.240	-5.760	-12
CORRIENTES	0	7.170	7.170	
TOTAL	8.794.150	6.663.150	-2.131.000	-24

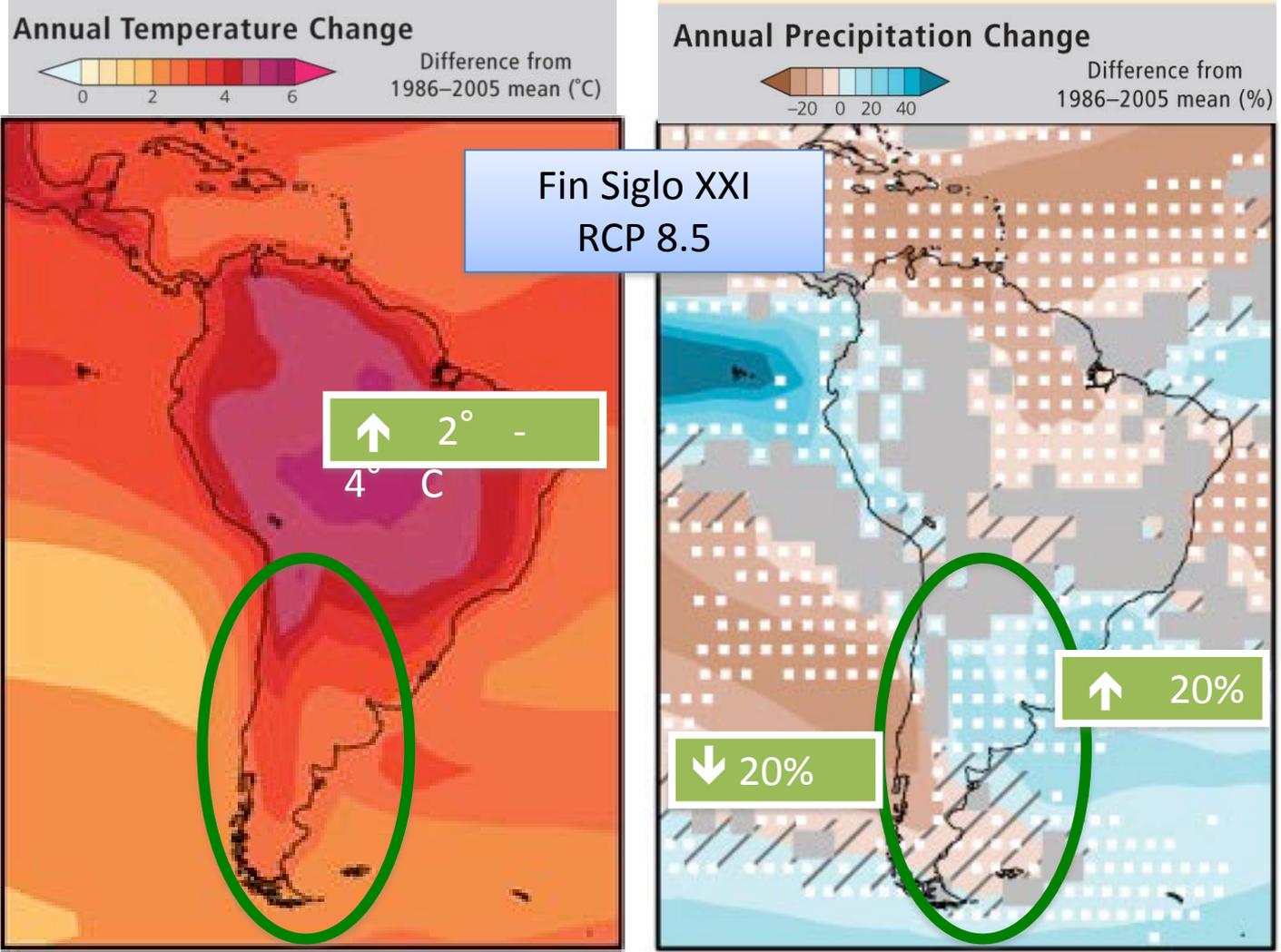
PROVINCIA	Año 2000 Area (ha)	Año 2010 Area (Ha)	Diferencia (has)	Diferencia (%)
CORDOBA	4.822.950	6.638.190	1.815.240	37,6
BUENOS AIRES	4.544.530	8.448.948	3.904.418	85,9
SANTA FE	3.850.350	4.161.877	311.527	8,1
ENTRE RIOS	990.100	1.902.450	912.350	92,1
LA PAMPA	969.100	1.322.400	353.300	36,5
CHACO	961.500	1.543.500	582.000	60,5
SANTIAGO DEL ESTERO	662.100	1.882.125	1.220.025	184,3
SALTA	577.400	968.010	390.610	67,6
TUCUMAN	250.150	327.460	77.310	30,9
SAN LUIS	139.300	376.000	236.700	169,9
CORRIENTES	87.920	141.769	53.849	61,2
TOTAL	17.855.400	27.712.729	9.857.329	55,2

Pampeana → Ganadería

Extra-Pampeana → Deforestación

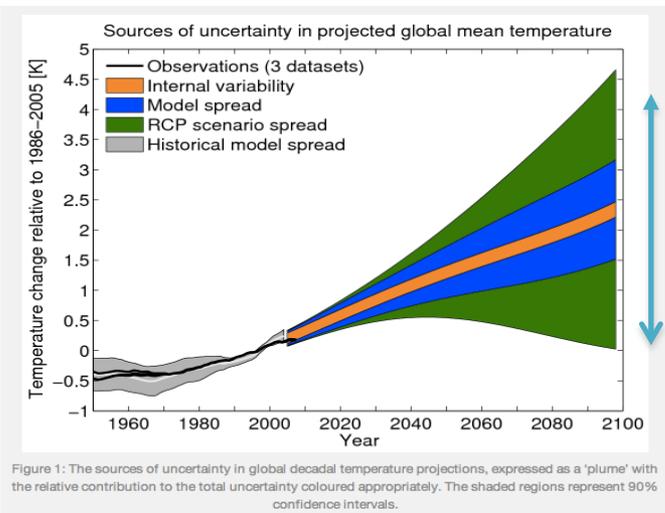


Proyecciones Futuras



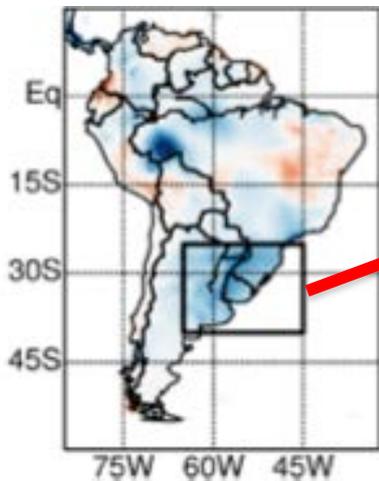
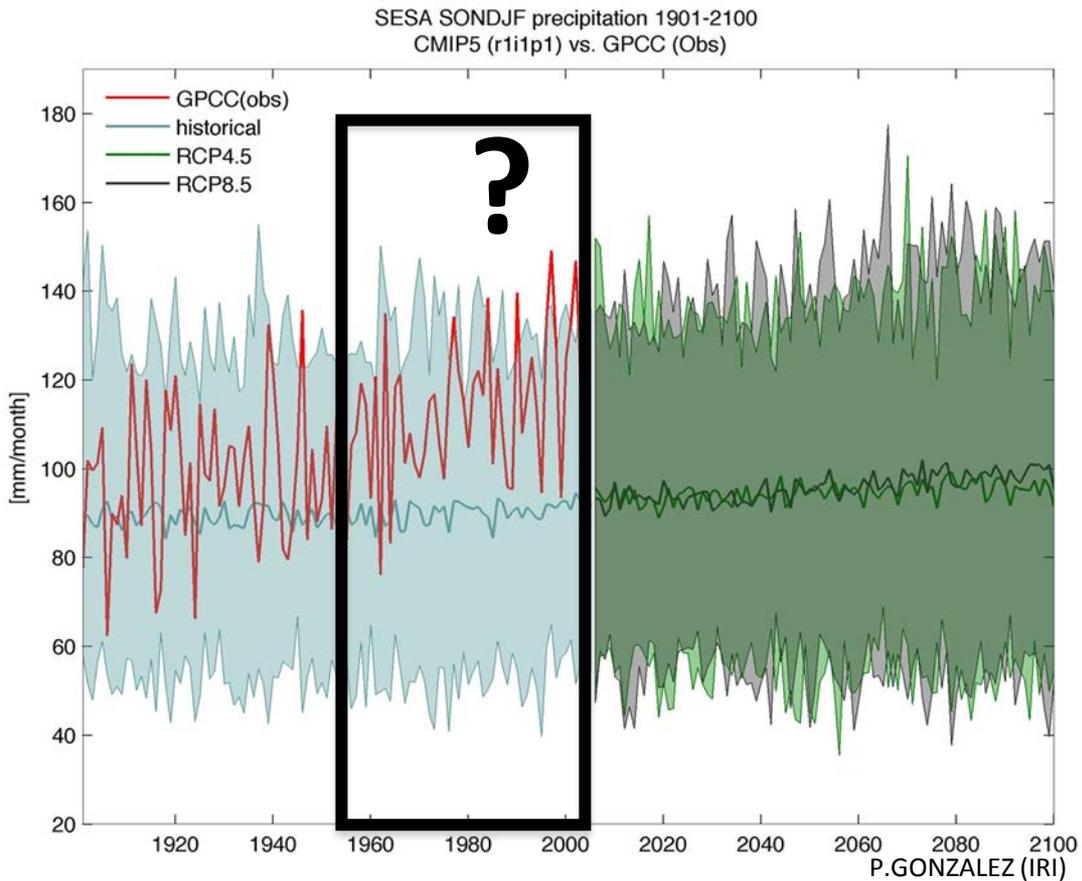
↑ Variabilidad Climática
↑ Frecuencia e Intensidad de los **Eventos Climáticos Extremos.**

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano and S. Vicuña, 2014: Central and South America. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Eby, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1499-1566.



Reducción de incertidumbre →
ENSEMBLE de MODELOS

Enfatiza el efecto antrópico



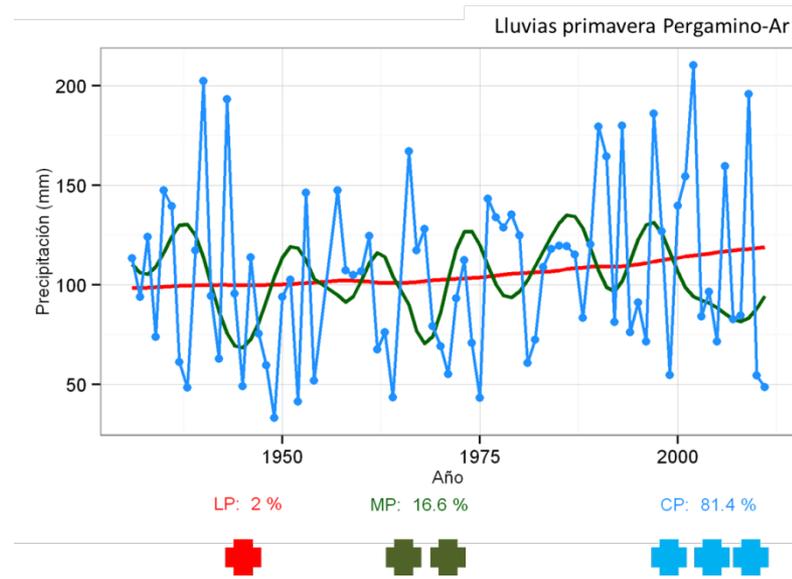
- ✓ El clima siempre ha sido un factor de riesgo para el sector agropecuario.
- ✓ Los cambios observados en las últimas décadas, tanto en los valores medios como en los extremos (sequías, inundaciones, etc.) agudizaron la problemática
- ✓ Los cambios en el uso del suelo y la deforestación tornan a los sistemas más vulnerables ante la variabilidad y el cambio del clima.
- ✓ La gran expansión de la producción agropecuaria en el área de estudio responde, en gran parte, al aumento en la demanda internacional de alimentos y bioenergía, y en varias zonas fue posible gracias a cambios del clima que favorecieron la expansión de las fronteras agrícolas.
- ✓ Uno de los mayores desafíos para la región será implementar un desarrollo agropecuario sostenible que permita el crecimiento económico del sector, mantenga las cualidades del ambiente, y reduzca el riesgo asociado a las variaciones o cambios del clima.

Desarrollo de escenarios climáticos (mediano plazo) para su uso en modelos de impacto

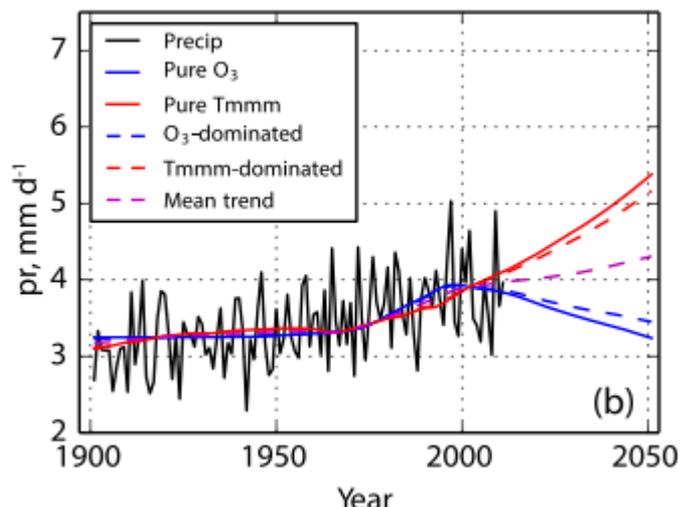
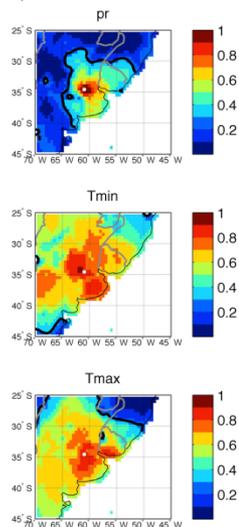
Simulación Estocástica

Enfoque → Información en Capas

- Fuentes
 - **GCMs:** Gran escala, Respuesta Forzada
 - **Observaciones:** Caracterización de variabilidad local
 - **Investigaciones en Marcha :** (refinamiento GCMs, Ozono)



CRU TS3.2 Spatial correlations for each station - AF



A.M. Greene et al. / Agricultural and Forest Meteorology 203 (2015) 217–228

Escalas Temporales

- Cambio Climático: Siglo (tendencias)
- Interanual-a-decadal
- Subanual (mensual o diario)

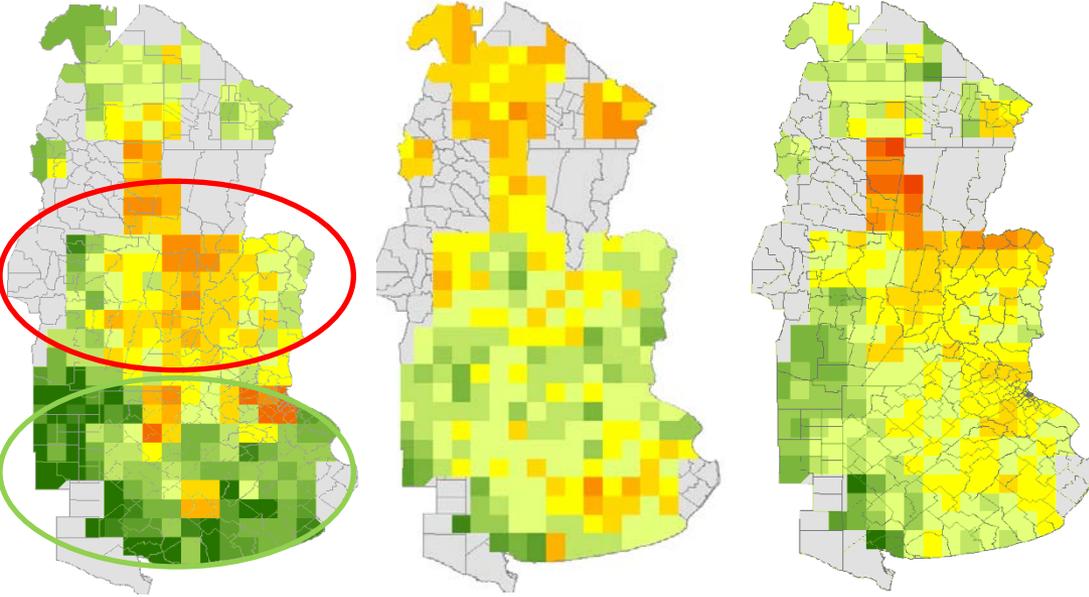


- ✓ La Variabilidad Interanual junto con la decadica explica +80% de la variación total de las series climáticas
- ✓ La Tendencia explica alrededor del 10% y es sensiblemente mayor para las temperaturas. La región se está calentando a una tasa de 0.2°C/d con una alta variabilidad espacial y temporal (épocas). Las lluvias aumentan en SESA pero disminuyen en Chile, México y Bolivia
- ✓ La variabilidad decádica explica el doble de la tendencia de largo plazo. (Importante para la expansión agrícola a zonas semiáridas)
- ✓ La variabilidad interanual es la mayor fuente de variación
- ✓ En el corto y mediano plazo (10-20 años) las prácticas de adaptación al clima deberían enfocarse en acciones que reduzcan el impacto de la Variabilidad Interanual y permitan continuar con la actividad en décadas mas o menos favorables.

Evaluación de impactos del cambio climático sobre la producción agrícola en la Argentina

Murgida, A; Travasso, MI; Gonzalez, S & Rodriguez, GR

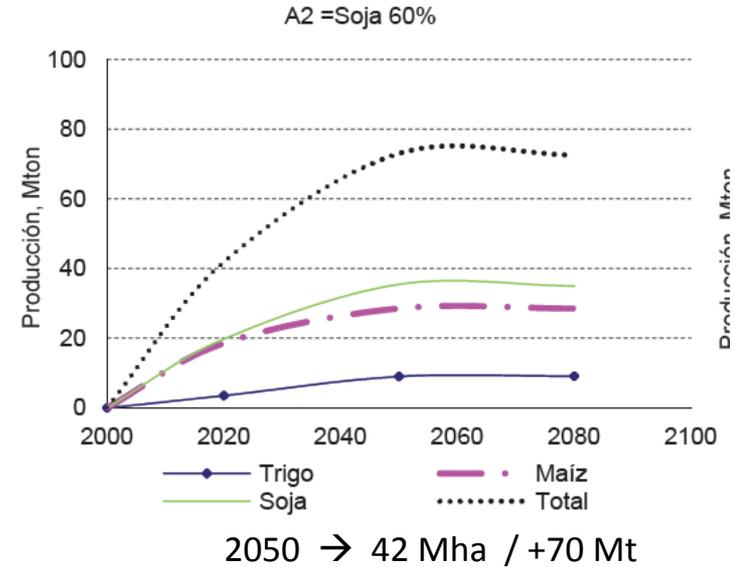
A2



Soja +14%

Maíz +1%

Trigo +3%



Favorecidos → Sur y Oeste

Desfavorecidos → Norte (Incluye Zona Núcleo)

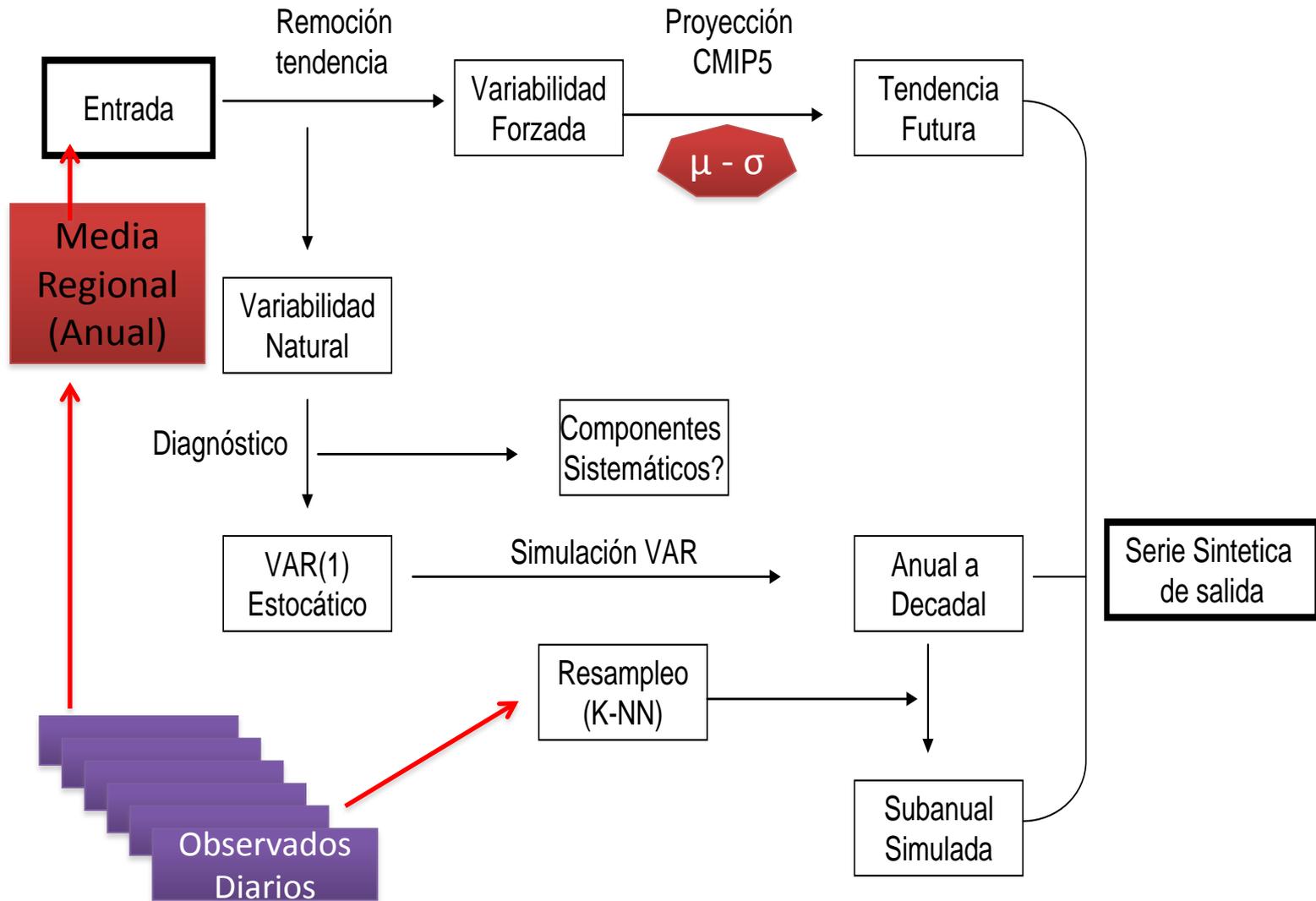
Consistente con resultados obtenidos con otros modelos Climáticos (p.e MM5)

Zona Núcleo:

+ Temperatura → Acortamiento de los ciclos de crecimiento y + demanda de Agua

RCM Precis

- ✓ Los cambios en el clima que podrían esperarse en las próximas décadas, se refieren a veces colectivamente como “**cambio climático a corto plazo**”.
- ✓ Los mismos han recibido una atención creciente en los últimos años debido en parte a la dificultad percibida de iniciar las respuestas necesarias de **adaptación** en base a las proyecciones basadas en el muy largo plazo (2100).
- ✓ Las predicciones climáticas decadales es una ciencia de incipiente desarrollo
- ✓ Esta metodología no es un **pronóstico**. Su objetivo es **caracterizar** los rangos de variabilidad climática en el corto plazo.
- ✓ Las simulaciones incorporan las estimaciones de la tendencia de largo plazo asociada al cambio climático antropogénico.
- ✓ Entorno de simulación multivariado (tx, tm, pr)



Un escenario es una descripción coherente, internamente consistente y plausible de un posible estado futuro del mundo. **No es un pronóstico**, sino más bien, cada escenario es una imagen alternativa de cómo puede desplegarse el futuro.

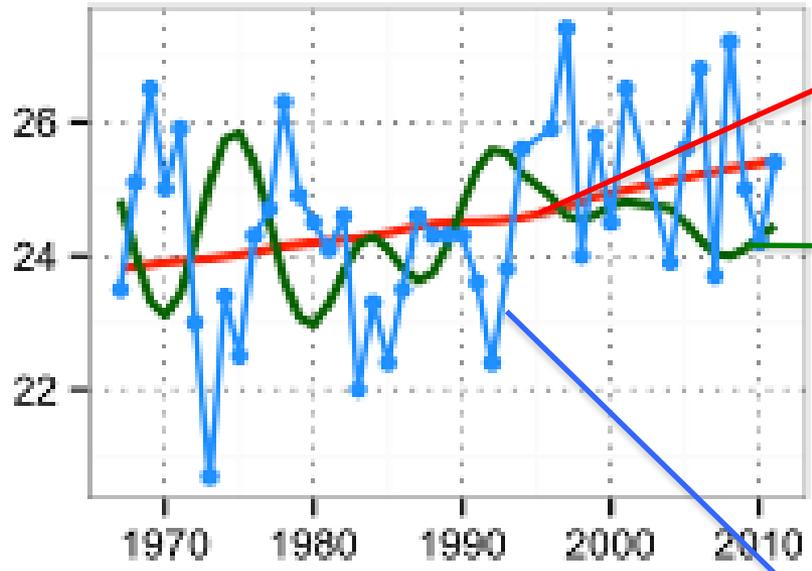
Una proyección puede servir como materia prima para un escenario, pero los escenarios a menudo requieren información adicional (por ejemplo, sobre las condiciones de línea de base).

Un conjunto de escenarios se adopta con frecuencia para reflejar, lo mejor posible, el intervalo de incertidumbre de las proyecciones.

La simulación se basa en la descomposición de la variabilidad climática en sus componentes temporales



Interacción entre escalas?



P: 11.4 %

MP: 26.3 %

CP: 62.3 %

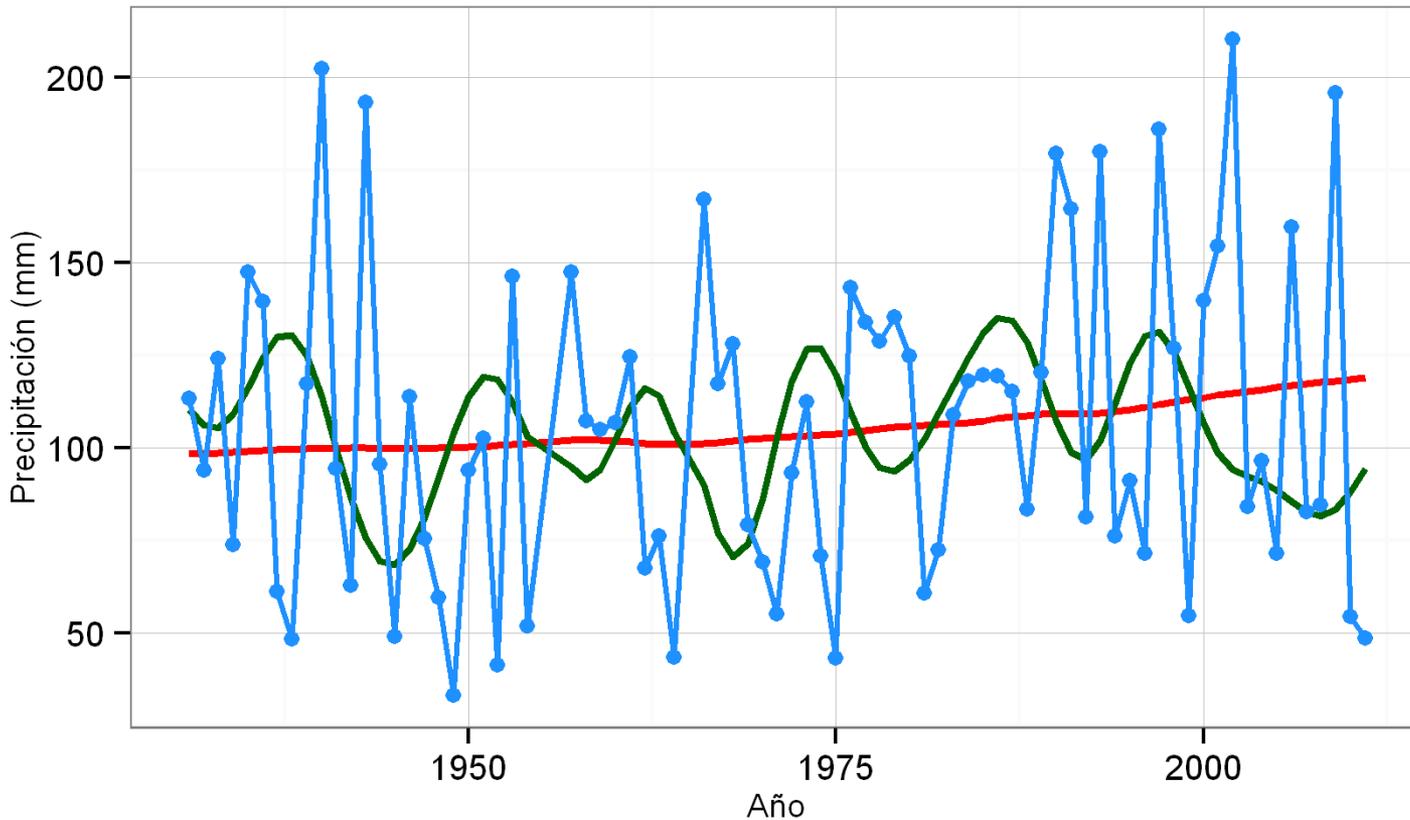
GCM - CMIP5

Simulación Estocástica
(Decadica + Interanual)

Generadores Climáticos
(LARS- K-NN)

Estos modelos no toman en cuenta explícitamente los aspectos de la variabilidad de baja frecuencia tales como oscilación decadal

Lluvias primavera Pergamino-Ar



LP: 2 %

MP: 16.6 %

CP: 81.4 %

Escala secular
GEI

ENSO,
oscilaciones
oceánicas
(AMO, etc)
Uso del Suelo

Naturaleza
Caótica de la
atmósfera

Regresión con covariable
Temperatura media del globo
(Ensemble de modelos)
1901-2015
Separa Natural de Antrópica

Filtro Lowpass
(Modelo ARMA)
Filtra la variabilidad
de mayor frecuencia

Residual



Existen diferentes metodologías para el ajuste de la tendencia

Linear es el más simple

Tendencias pasadas y futuras pueden no coincidir

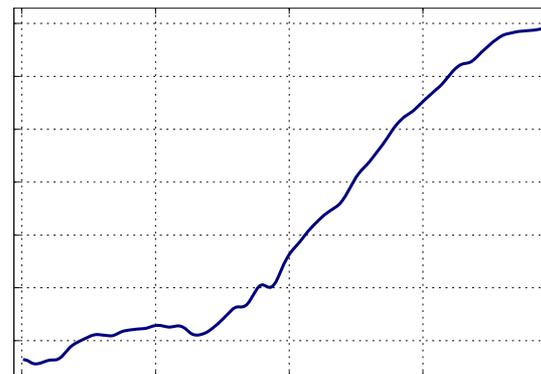
El uso del paso del tiempo para la tendencia no tiene sustento físico y es de naturaleza meramente numérica

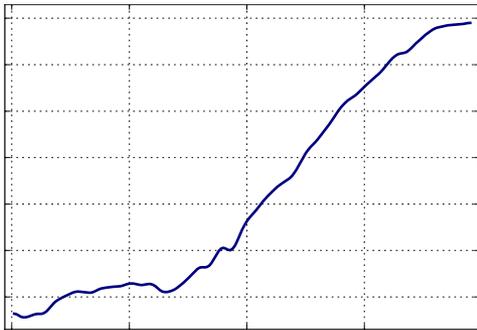


Ajuste de la tendencia de acuerdo al aumento de la temperatura global del planeta

$$T_r = \beta_0 + \beta_1 T_g$$

Record local ó regional





Reducción de incertidumbre
 →
ENSEMBLE de MODELOS

Enfatiza el efecto antrópico

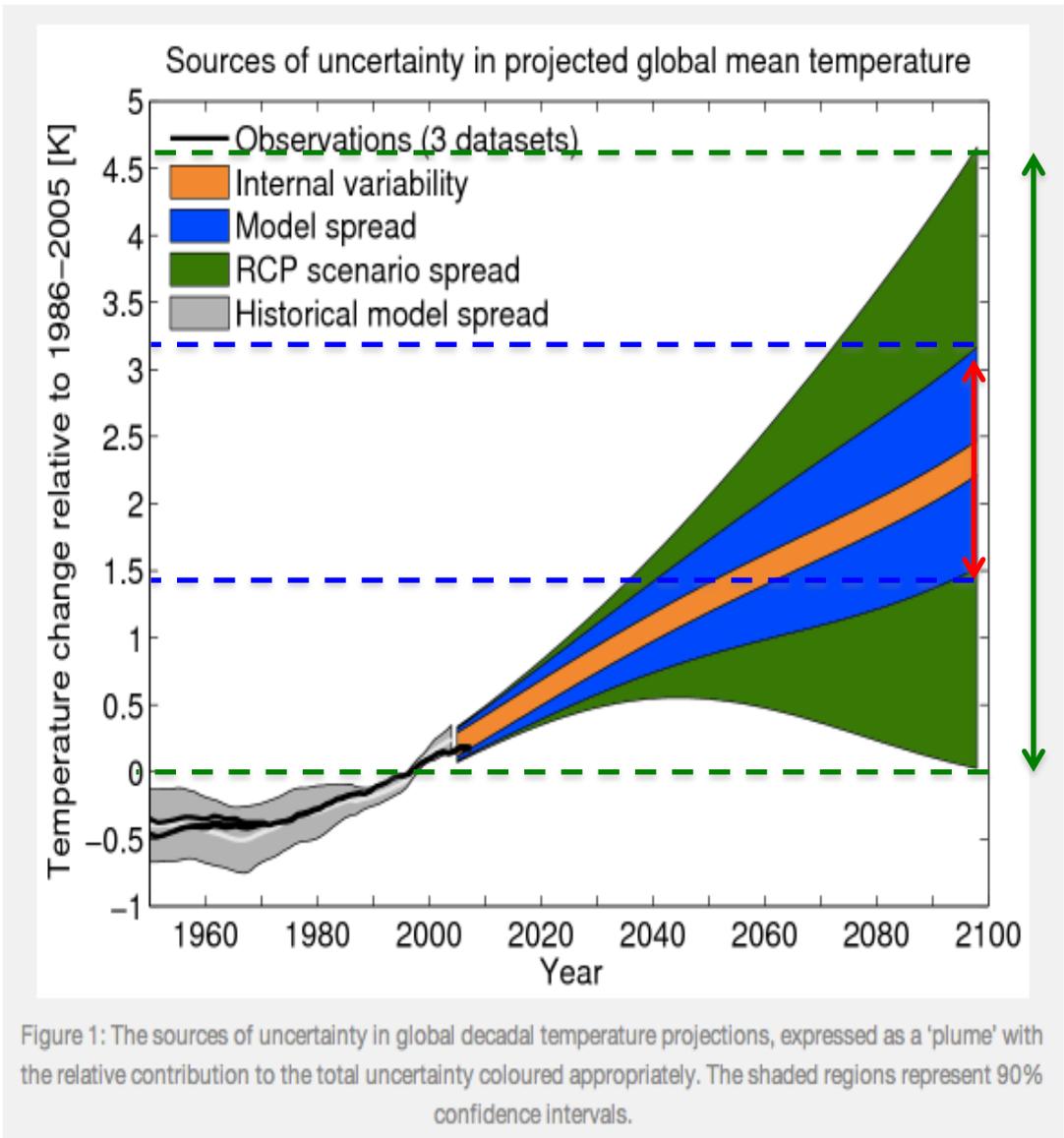
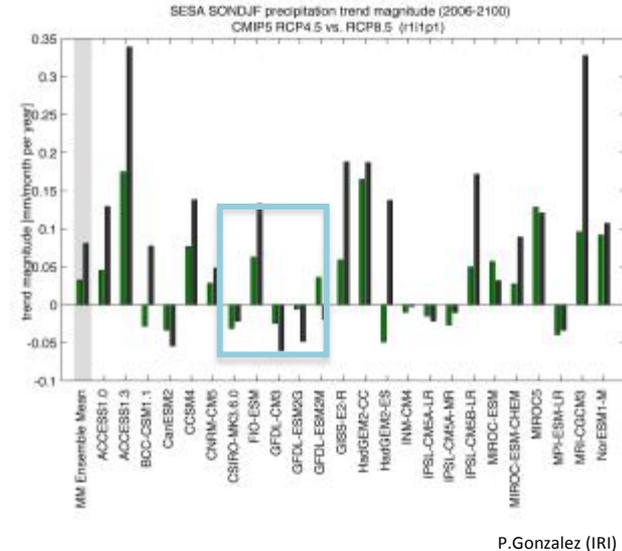
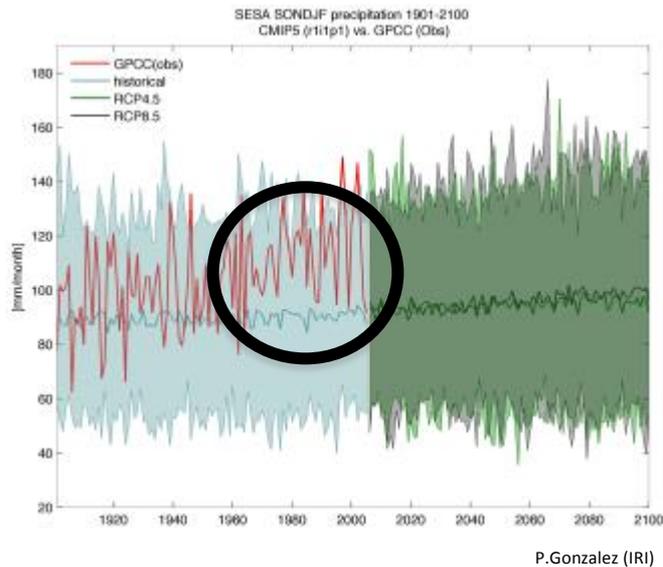


Figure 1: The sources of uncertainty in global decadal temperature projections, expressed as a 'plume' with the relative contribution to the total uncertainty coloured appropriately. The shaded regions represent 90% confidence intervals.



Reducción de incertidumbre → **ENSEMBLE de MODELOS**

La solución de las diferencias entre modelos podría reducir significativamente la incertidumbre, pero todavía hay una gran incertidumbre irreductible debido a la variabilidad climática en el corto plazo y a la incertidumbre en los escenarios de emisiones a largo plazo.

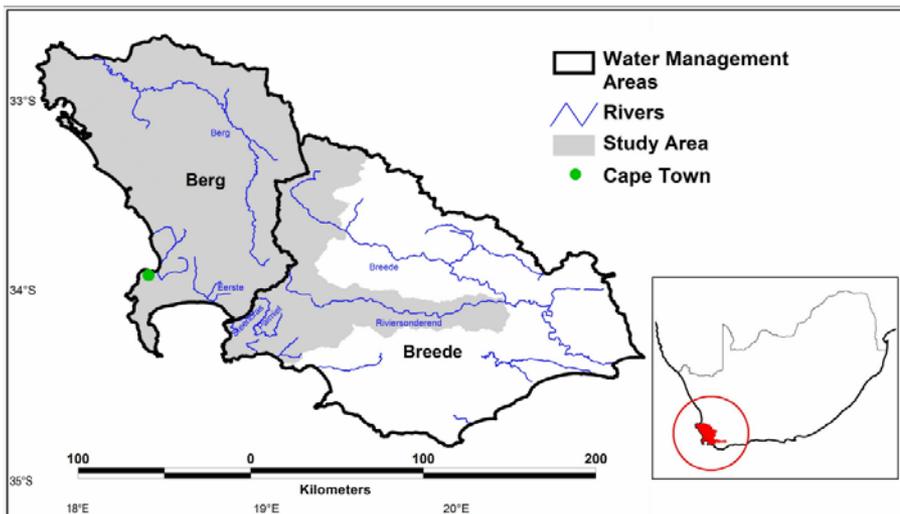
SIMGEN - Generalidades

Enfoque → Información en Capas

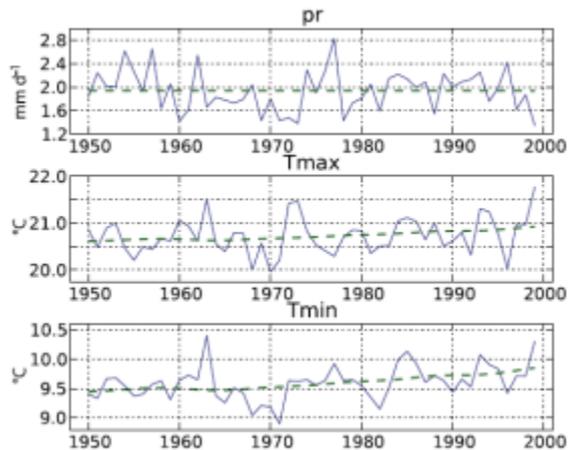
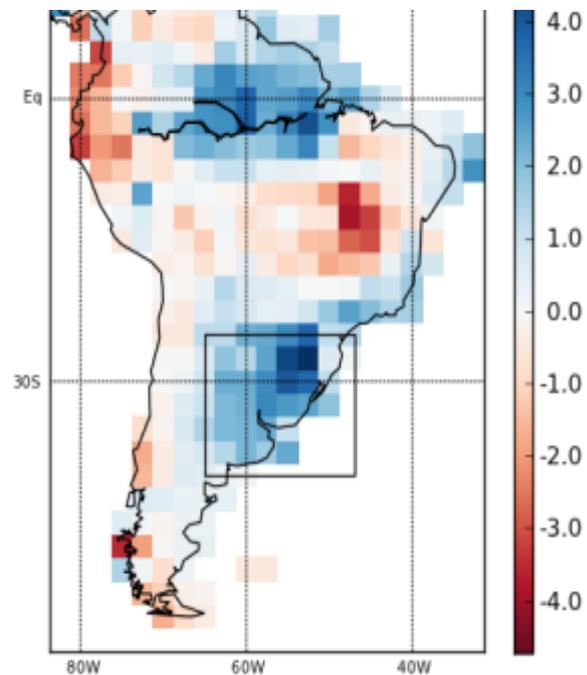
- Diferentes fuentes
 - GCMs: Gran escala, Respuesta Forzada
 - Observaciones: Caracterización de variabilidad local
 - Investigaciones en Marcha : (refinamiento GCMs, Ozono)
- Diferentes Escalas Temporales
 - Cambio Climático: Siglo (tendencias)
 - Interanual-a-decadal
 - Subanual (mensual o diario)

Posibles interacciones entre escalas? → Aún no las incorpora

Metodología desarrollada para Western Cape, SA

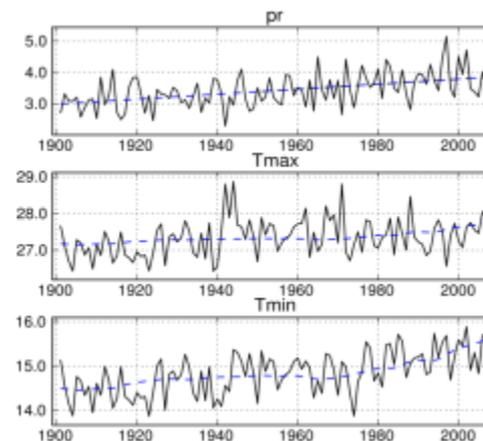


Greene et al., Water Resour. Res, 2012

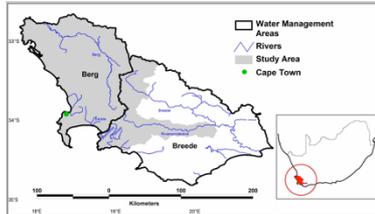


171 Estaciones

50 Años de registros climáticos diarios.

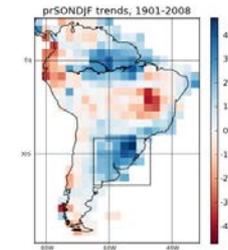


Greene, AM



Western Cape

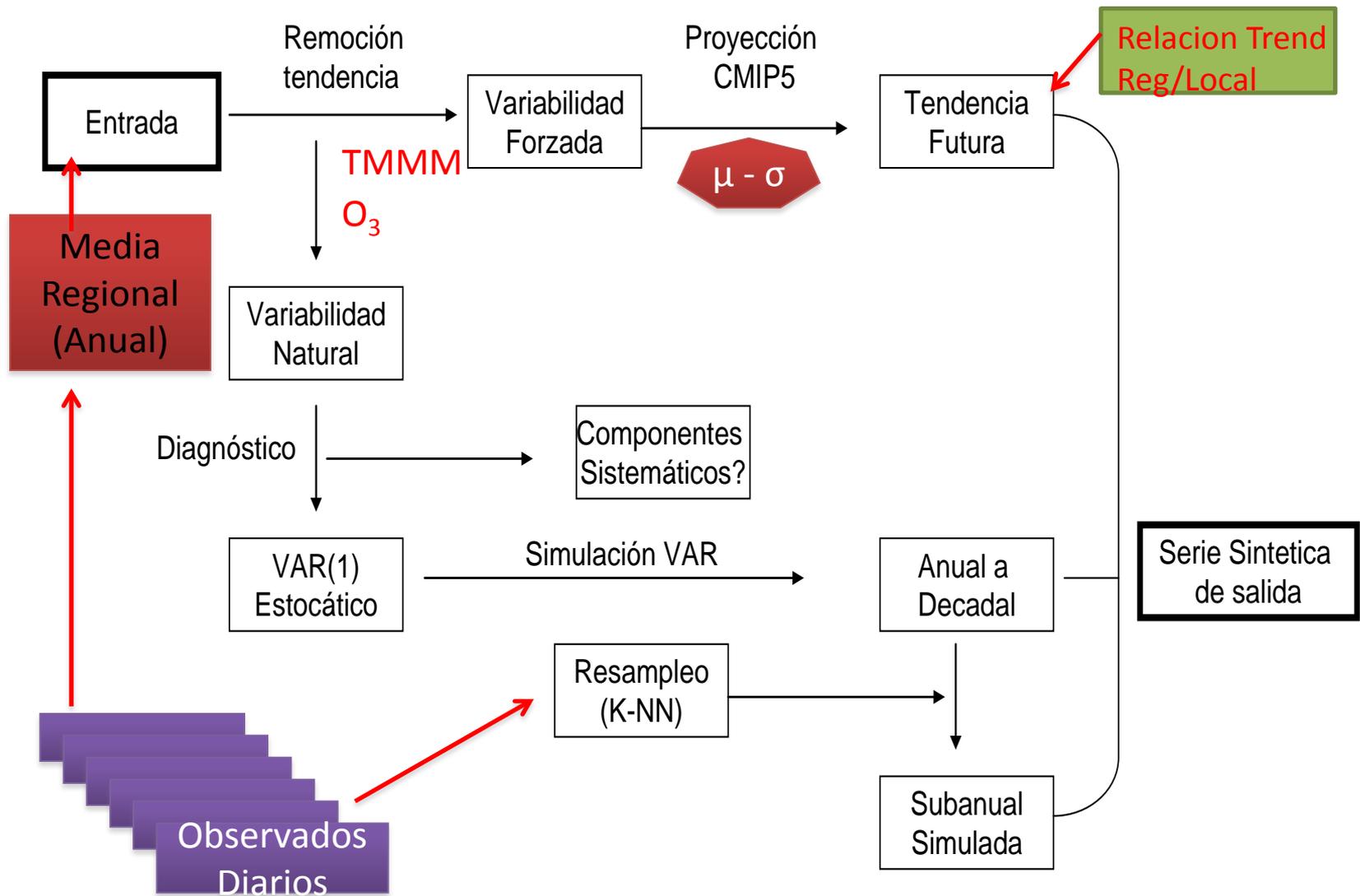
- 20C: la tendencia de la precipitación es efectivamente nula, en ambos modelos y observaciones.
- 21C: la tendencia del MMM es hacia la disminución de las precipitaciones, con un buen consenso entre modelos.
- **Dominio Espacial Pequeño**
- **Alto número de observaciones y períodos largos**



SESA

- 20C tendencia de la precipitación es marcadamente ascendente, los modelos no la reproducen.
- 21C Los modelos muestran tendencias muy pequeñas y la tendencia del MMM es nula, con respuestas opuestas entre modelos.
- Dominio Espacial Grande
- Baja Densidad de estaciones con períodos largos

Necesidad de Adaptación del Código, parámetros y algunas metodologías



Es la media de las estaciones representativa de la media regional?

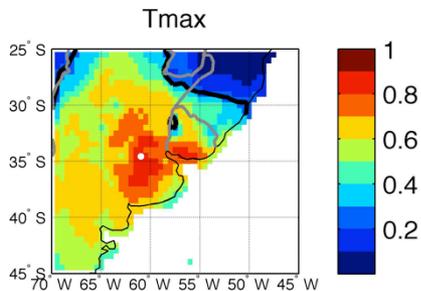
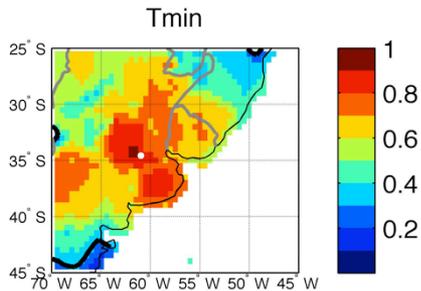
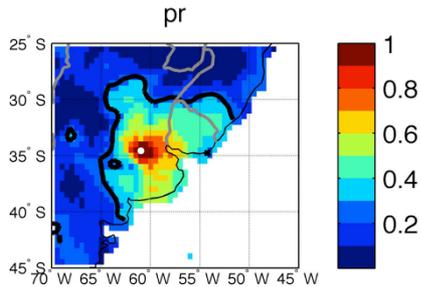
Correlacion CRU vs Estación

GROUP 2
Correlations

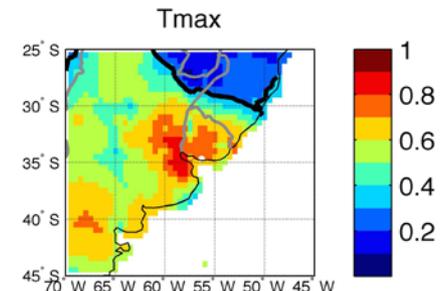
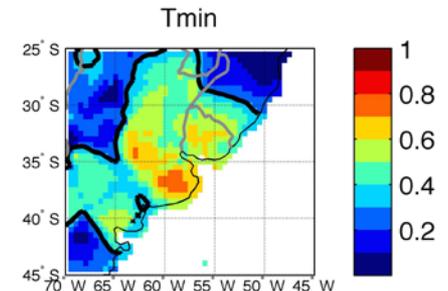
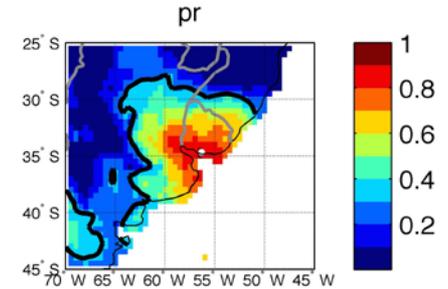
	pr	Tmin	Tmax
ARAZ	0.68	0.76	0.72
ARBA	0.74	0.60	0.75
ARJU	0.66	0.80	0.83
ARNJ	0.54	0.75	0.81
ARPE	0.70	0.46	0.79
ARTR	0.47	0.75	0.69
UYLB	0.83	0.66	0.80
UYLE	0.63	0.88	0.85
UYSA	0.84	0.88	0.82
UYTT	0.81	0.79	0.77

Todas altamente significativas

CRU TS3.2 Spatial correlations for each station - ARJU

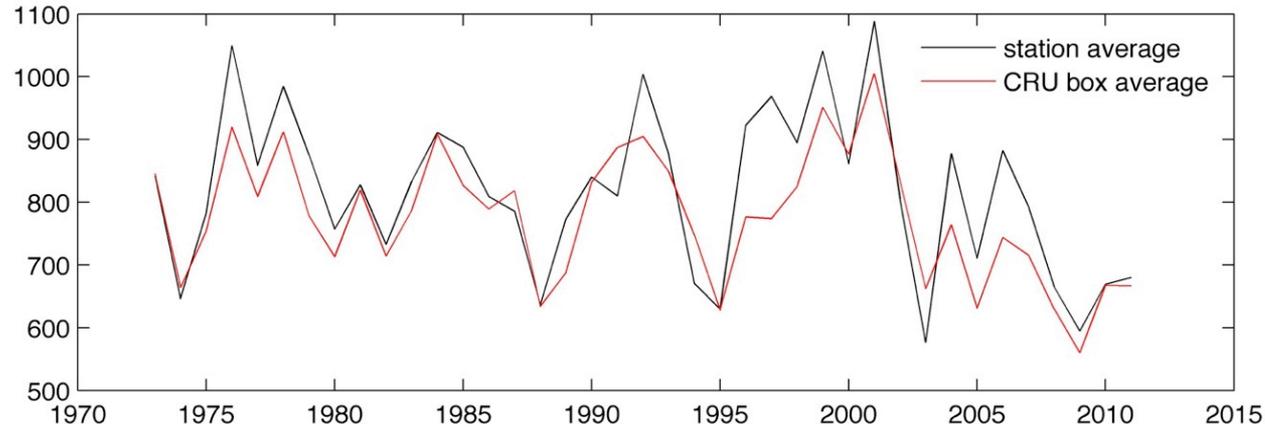


CRU TS3.2 Spatial correlations for each station - UYLB

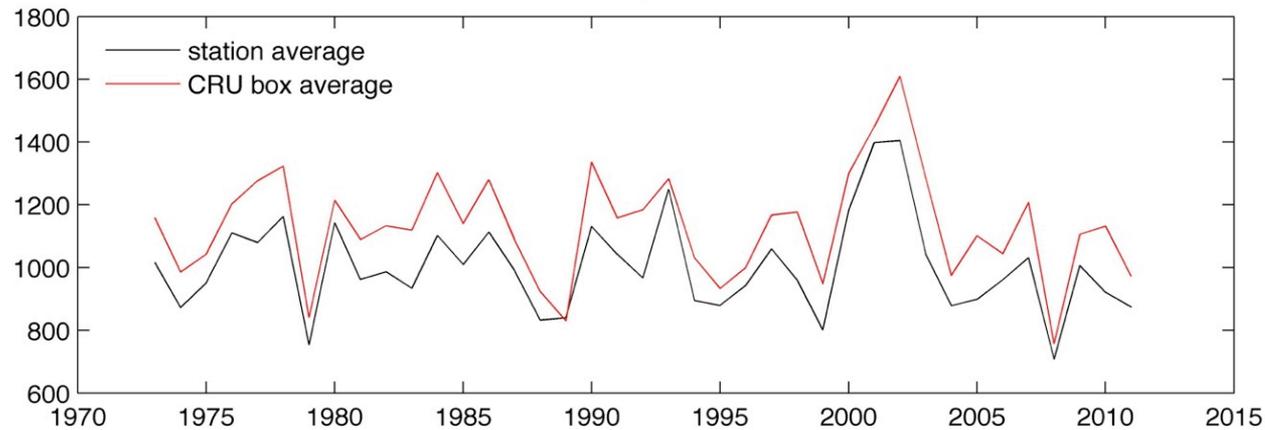


Es la media de las estaciones representativa de la media regional?

Comparison between station-based and CRU TS3.2 regional averages
GROUP 1

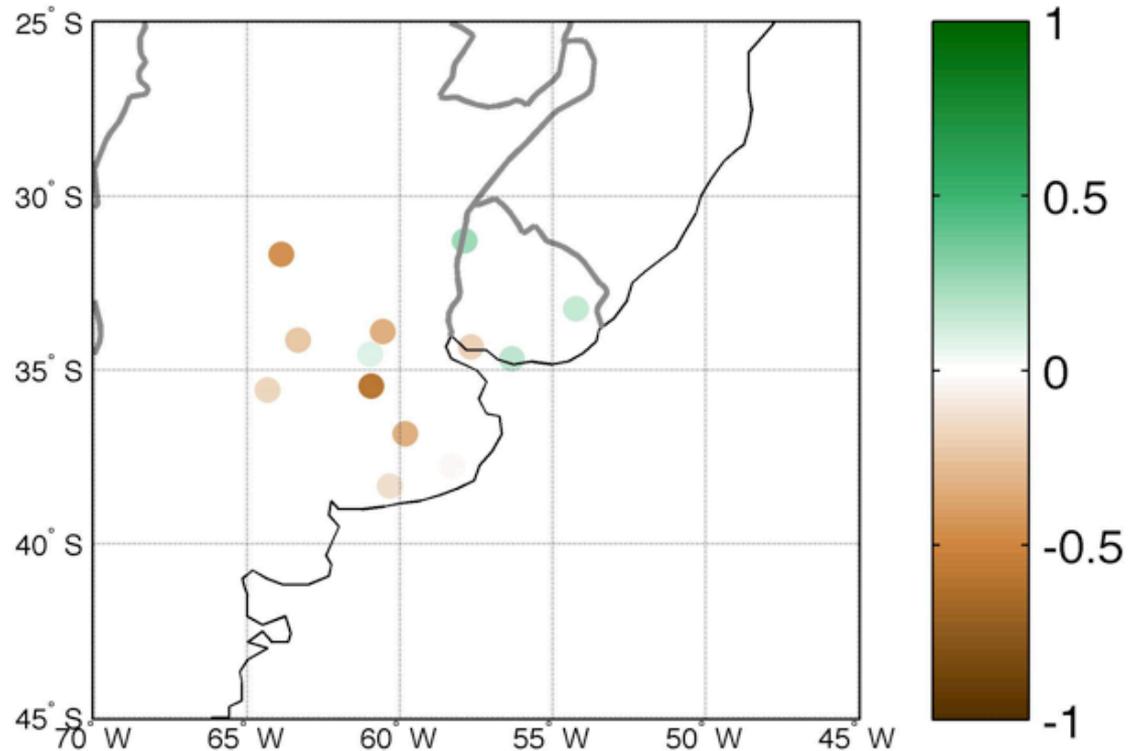


GROUP 2



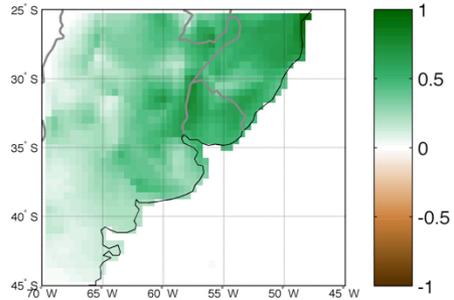
Tienen todas las estaciones la misma tendencia?

AR and UY stations - 1973-2011
 precip change per degree of global warming [mm/day per degree]

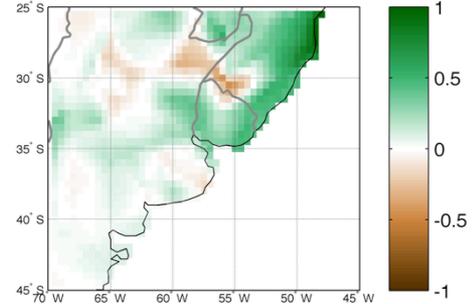


Influye el período analizado?

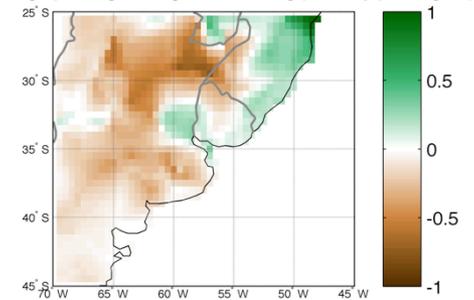
CRU TS3.2 - 1901-2011
precip change per degree of global warming [mm/day per degree]



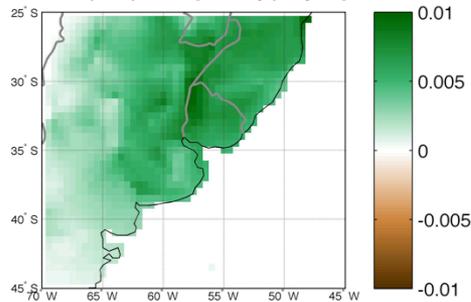
CRU TS3.2 - 1960-2011
precip change per degree of global warming [mm/day per degree]



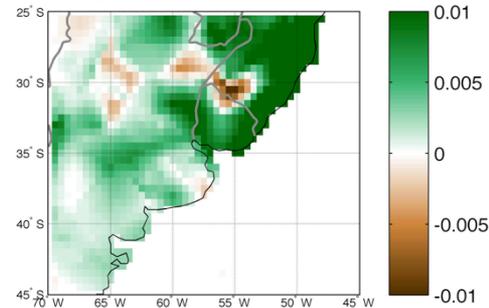
CRU TS3.2 - 1973-2011
precip change per degree of global warming [mm/day per degree]



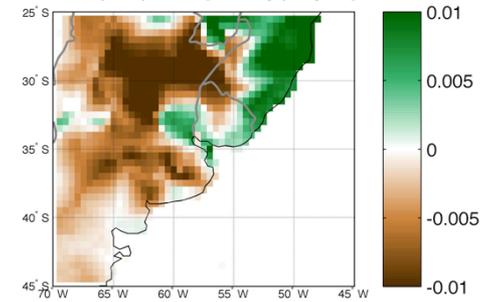
linear precip trend [mm/day per year]



linear precip trend [mm/day per year]

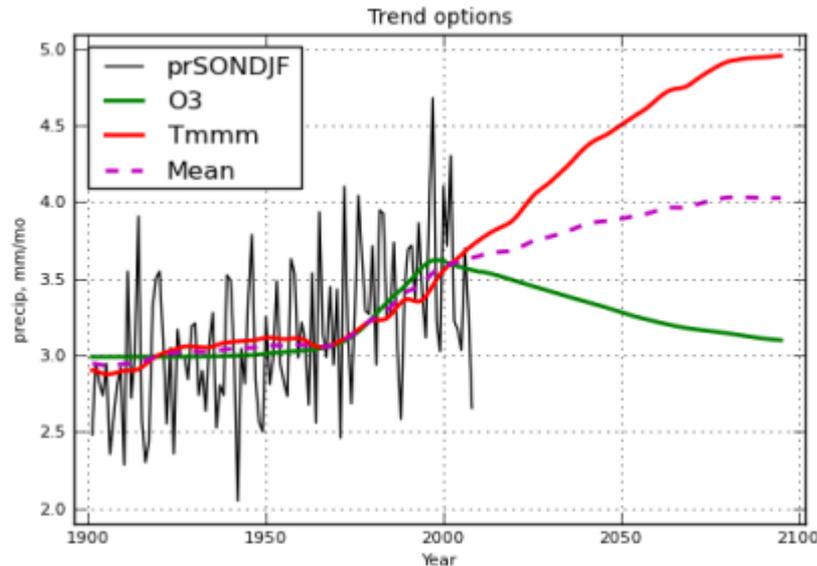


linear precip trend [mm/day per year]



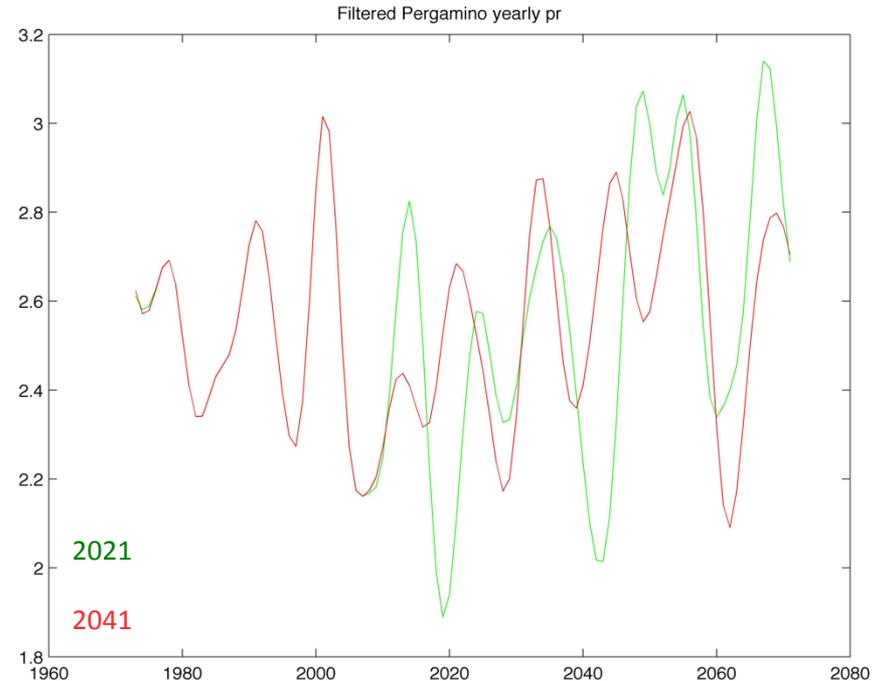
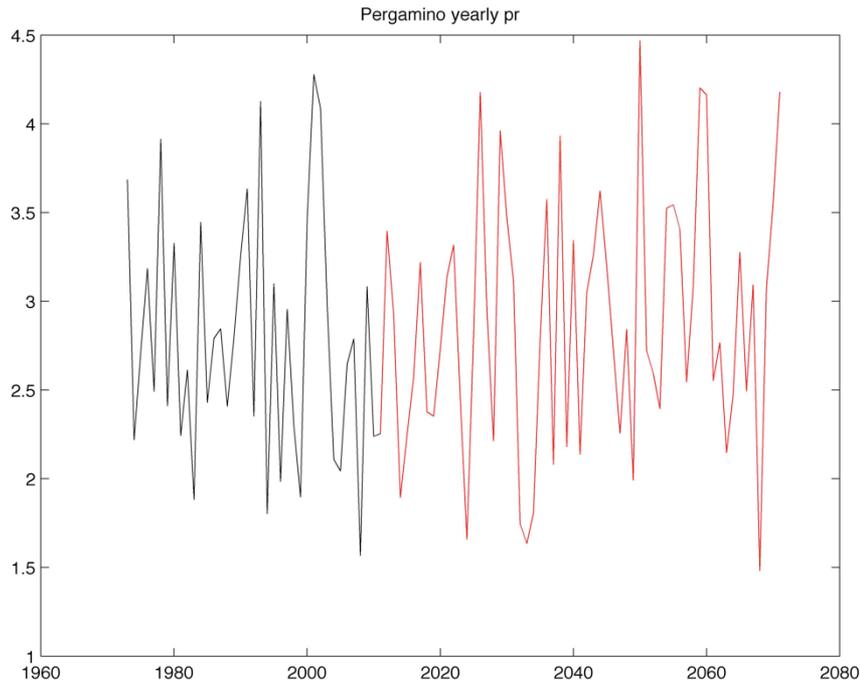
Prestar especial atención al período analizado ya que las tendencias pueden variar de acuerdo al periodo analizado

Recientemente, mediante el uso de experimentos de modelado altamente controlados con forzamientos individuales, dos estudios independientes han demostrado que el impacto de la disminución del ozono en el Hemisferio Sur ha sido bastante mas grande que el impacto asociado con el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) durante la segunda mitad del siglo XX. Estos resultados de los modelos han recibido observacional confirmación.



Cambiamos **trendq** por **bfactor**,
Que incluye un balance entre el
efecto del TMMM ty el Ozono

Simulación Estocástica



Simgen permite imponer distintas características de diferentes períodos de duración en diferentes tiempos

Por Ejemplo: Periodicidad (5,10, 15 años) <- percentil (5, 50, 95)

Importante : Realizar Ensembles utilizando varias decadas con similares características

Simulación Estocástica

Proximos Pasos :

Seria muy util:

- Hacer User Friendly la programacion
- Unificar Herramientas de simulación (R, Python, cdms2, etc)
- Unificar Scripts (Actualmente se utilizan +5)
- Automatizar la generacion de Ensembles (RCP's y Simix).