

Los Reanálisis

Eugenia Kalnay

Universidad de Maryland

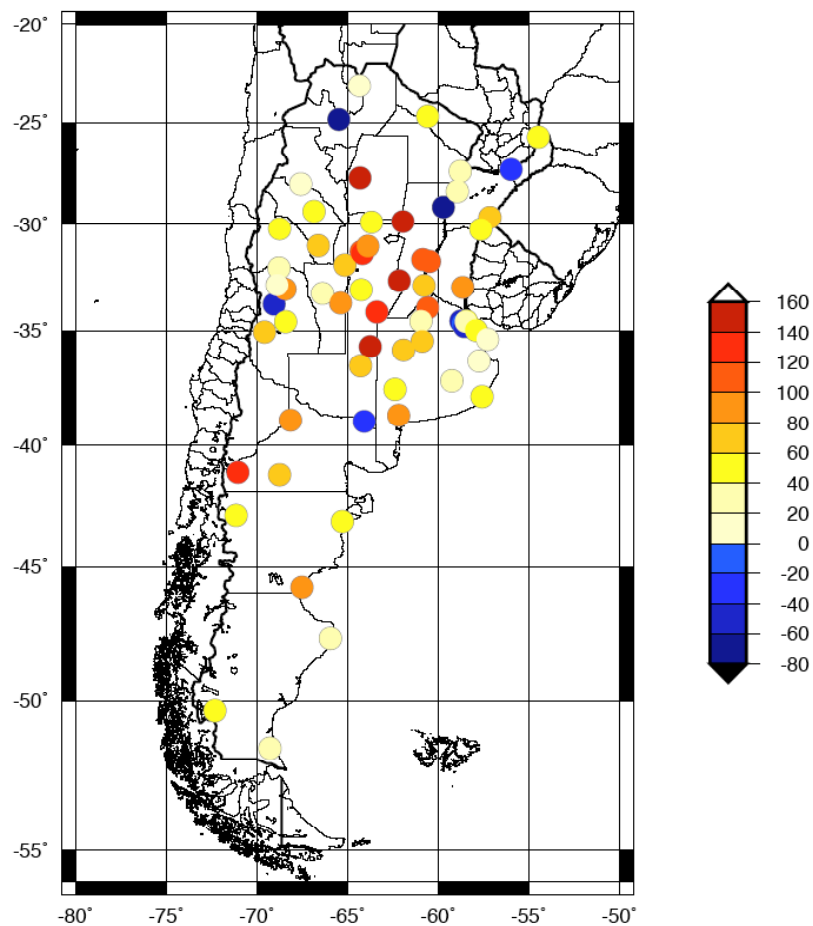
Calentamiento Global y Fenómenos Climáticos Extremos

2º curso de verano, Hotel El Convento, Viejo San Juan, Puerto Rico

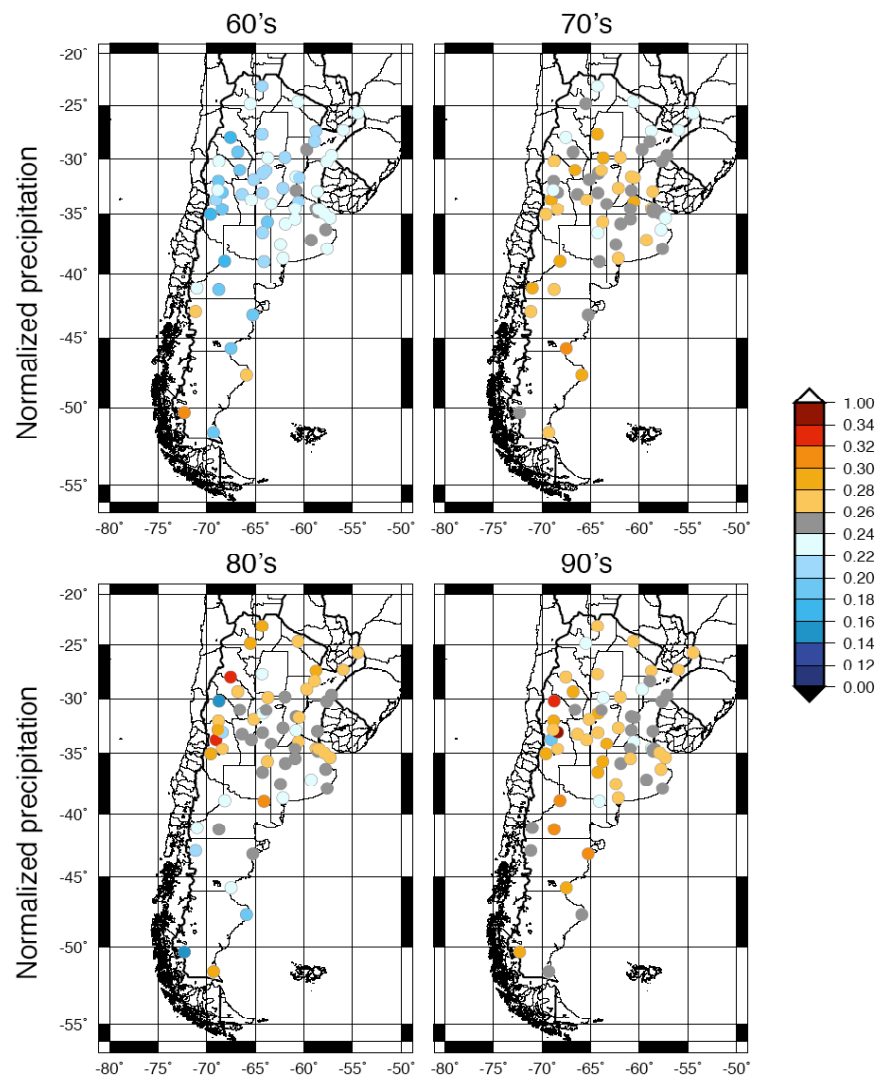
En la Argentina la precipitación ha aumentado: Podemos usar el Reanálisis para saber porqué?

Precipitation Trend (mm/decade)

$$((90'-80') + (70'-60'))/2$$



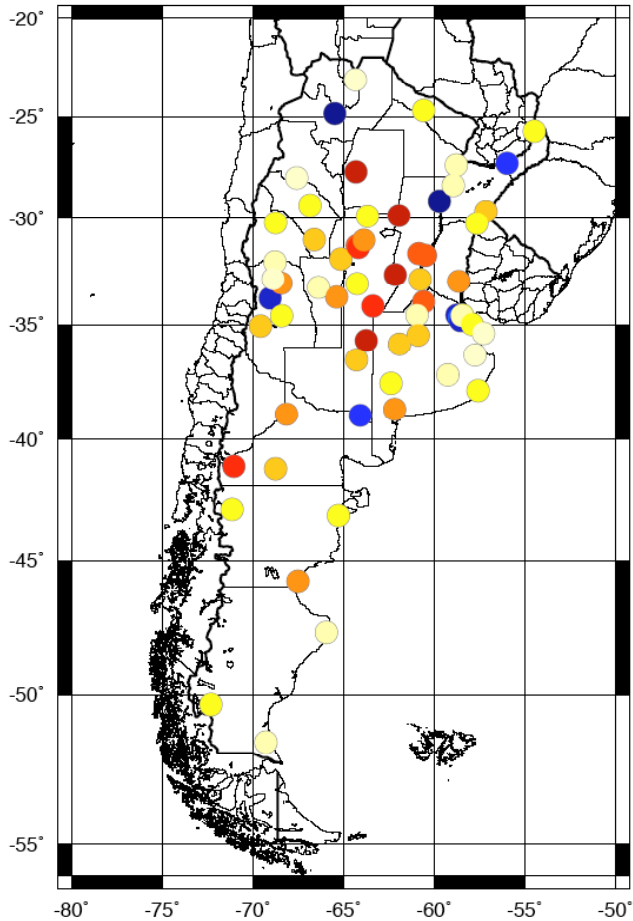
Relative contribution
of each decade to 40 years precipitation



En la Argentina la precipitación ha aumentado: Podemos usar el Reanálisis para saber porqué?

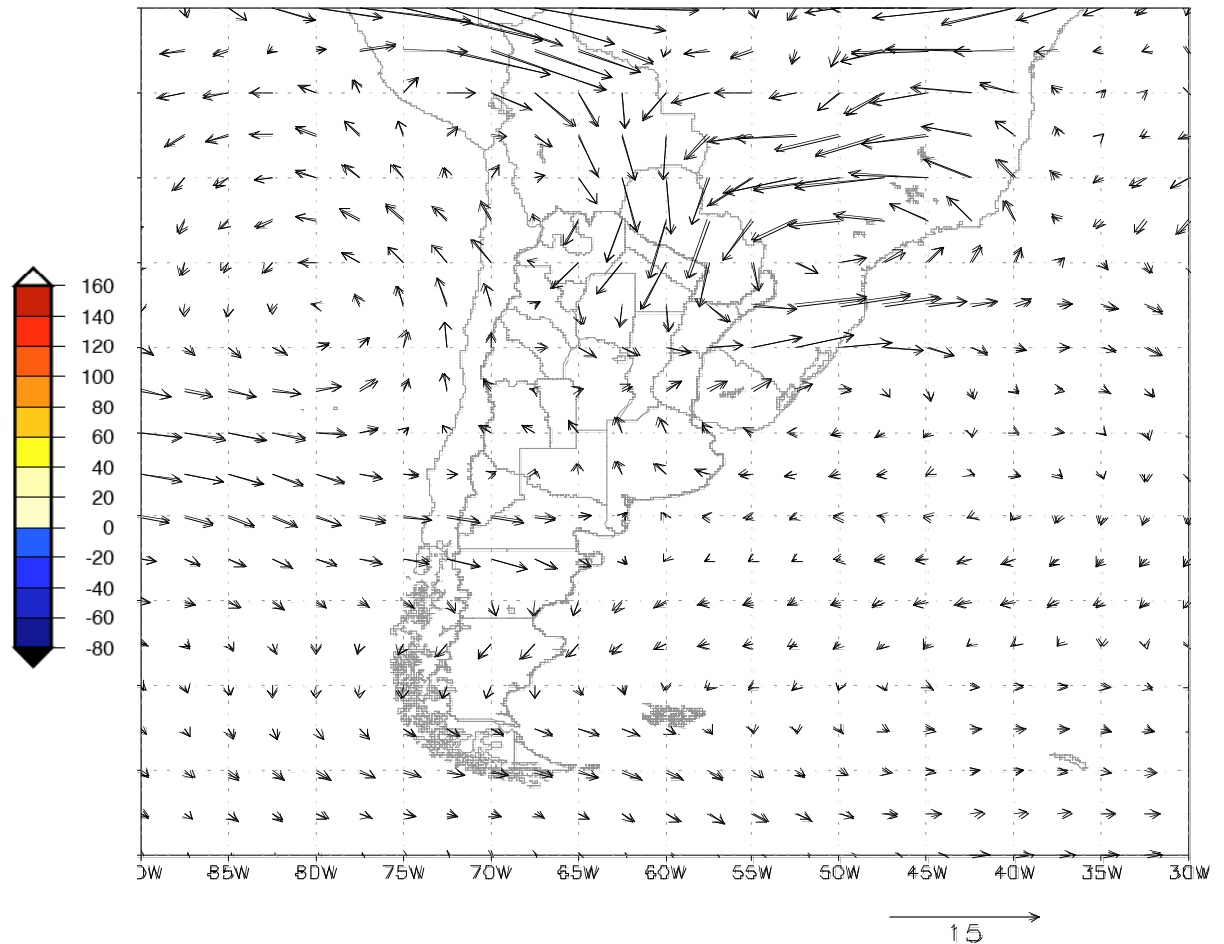
Precipitation Trend (mm/decade)

$$((90'-80') + (70'-60'))/2$$



Tendencia del flujo de humedad

Trend of the water vapor mean flux (850hPA)
 $((90's-80's) + (70's-60's))/2$



Sí se puede! Pero hay que tener cuidado!

Reanalyses citations (ISI search)

Topic: "Reanalysis AND Climate"

ISI Web of KnowledgeSM *Take the next step*

All Databases | Select a Database | Web of Science | Additional Resources

Search | Cited Reference Search | Advanced Search | Search History | Marked List (0)

Web of Science®

<< Back to previous results list

Citation Report Topic=(reanalysis AND climate)
Timespan=All Years. Databases=SCI-EXPANDED.

This report reflects citations to source items indexed within Web of Science. Perform a Cited Reference Search to include citations to items not indexed within Web of Science.

Published Items in Each Year

Citations in Each Year

Results found: 1,381

Sum of the Times Cited [?]: 21,308

[View Citing Articles](#)

[View without self-citations](#)

Average Citations per Item [?]: 15.43

h-index [?]: 54

Results: **1,381** Page 1 of 139 Go Sort by: Times Cited

	2004	2005	2006	2007	2008	Total	Average Citations per Year
Use the checkboxes to remove individual items from this Citation Report or restrict to items processed between 1955 and 2008							
<input type="checkbox"/> 1. Title: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project Author(s): Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. Source: BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY Volume: 77 Issue: 3 Pages: 437-471 Published: MAR 1996	637	729	666	721	392	5,533	425.62
<input type="checkbox"/> 2. Title: Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs Author(s): Xie PP, Arkin PA Source: BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY Volume: 78 Issue: 11 Pages: 2539-2558 Published: NOV 1997	104	130	127	135	52	894	74.50

En el Hemisferio Sur, los pronósticos sin datos de satélite eran muy malos. Porqué decidimos empezar en 1957 y no en 1979 como hizo ERA-15?

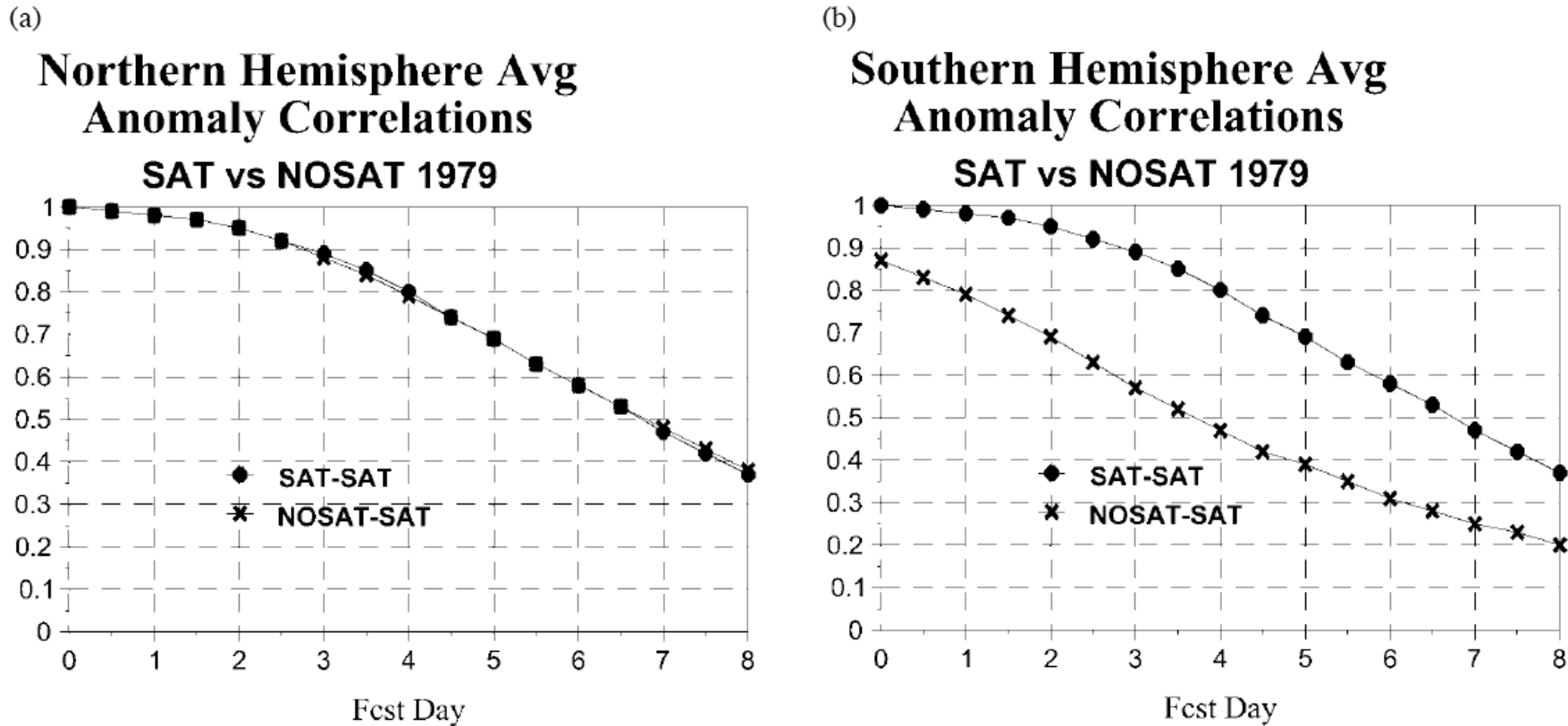
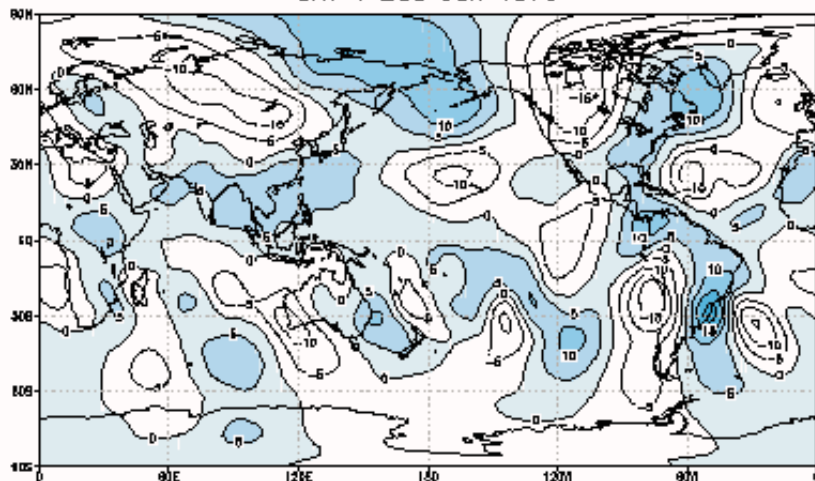


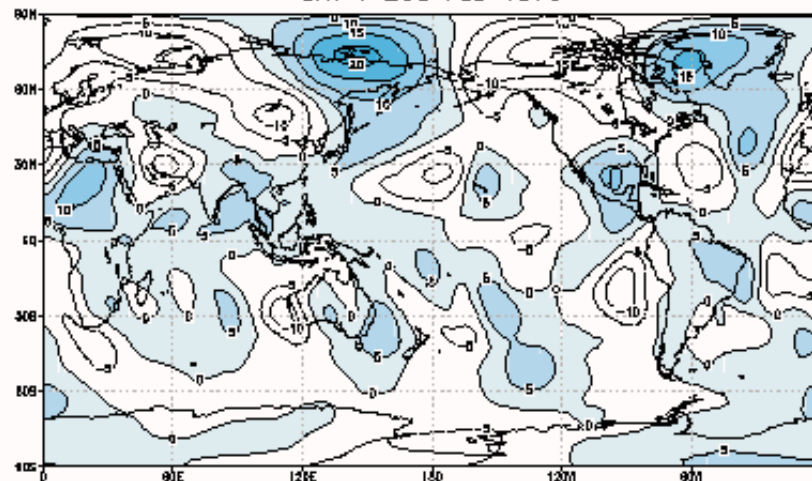
FIG. 5. Anomaly correlation decay for the (a) Northern Hemisphere and the (b) Southern Hemisphere with time averaged over 73 predictions (one every 5 days) in 1979 with initial conditions from the analysis using all observations (SAT) and without using satellite data (NOSAT). They are both verified with the SAT analysis.

En el Hemisferio Sur, los pronósticos sin datos de satélite eran muy malos. Decidimos empezar en 1957 (y luego extendimos a 1948) porque los mapas mensuales eran buenos. (Luego ERA-40 hizo lo mismo)

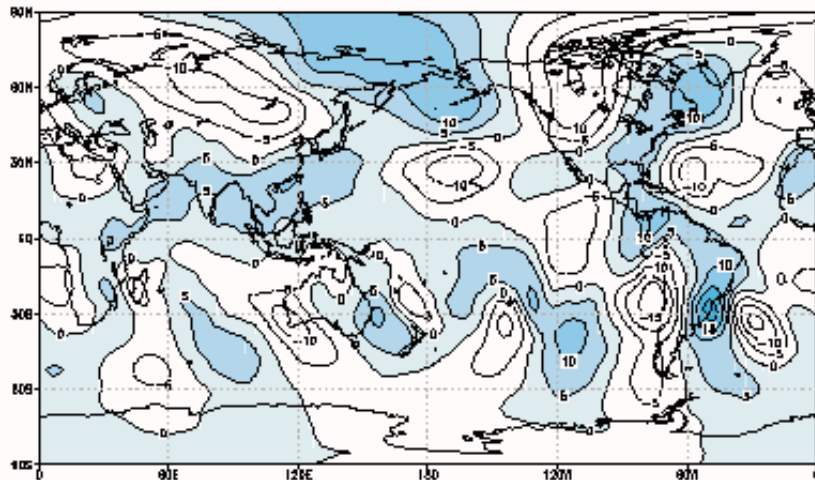
SAT V 200 Jan 1979



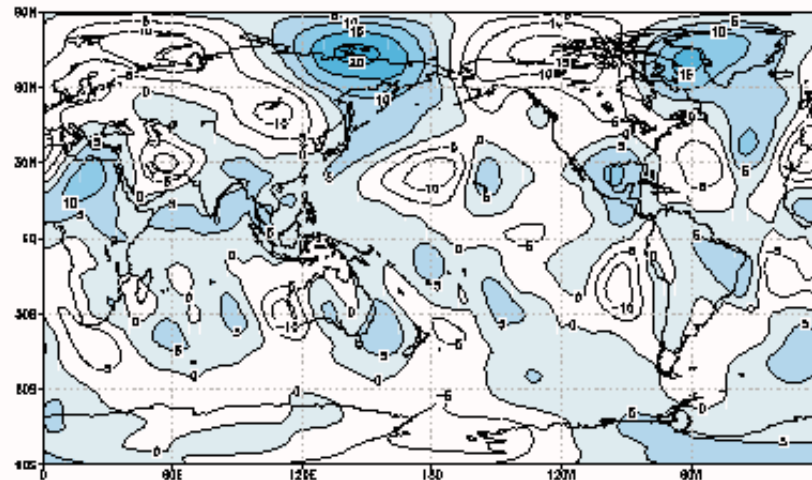
SAT V 200 Feb 1979



NOSAT V 200 Jan 1979



NOSAT V 200 Feb 1979

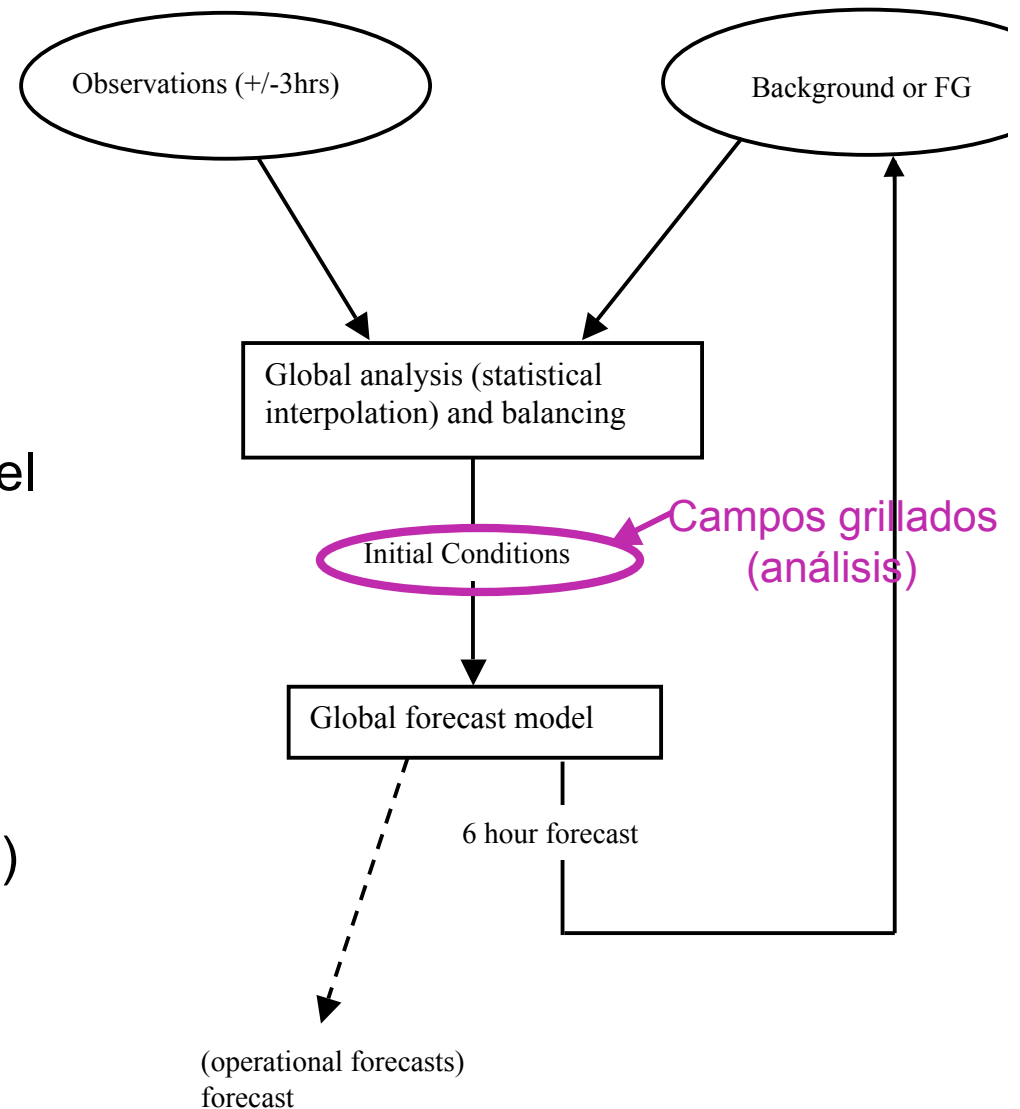


Contenido de la charla

- Asimilación de datos
- Porque se crean los reanálisis?
- Algunos ejemplos de Kistler, Kalnay et al. (2001)
- Los reanálisis que ya existen: NCEP-NCAR (NCEP 1), NCEP-DOE (NCEP 2), ERA-40, NARR, JRA-25, NASA-MERRA, y los futuros
- NRC reporte sobre reanálisis: Capítulo 2
- Características, similitudes, diferencias
- Aplicaciones: estudiar circulaciones, pronósticos experimentales
- Cuidado! Algunas variables (ej. lluvia), son menos seguras. También las tendencias...
- Preguntas y discusiones

Asimilación de datos

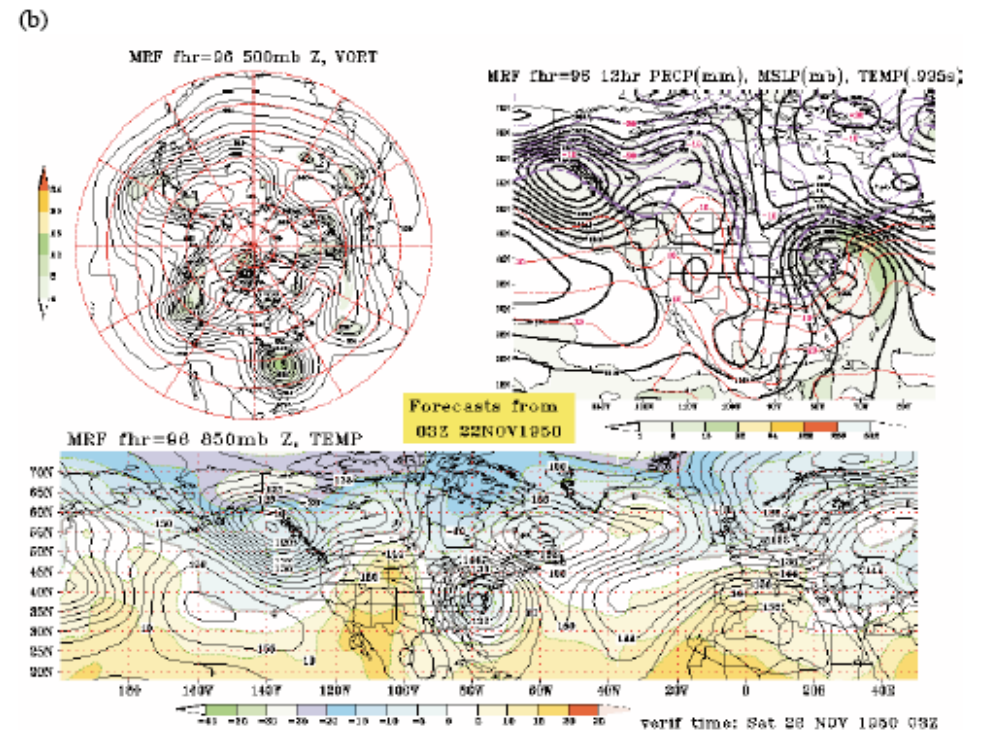
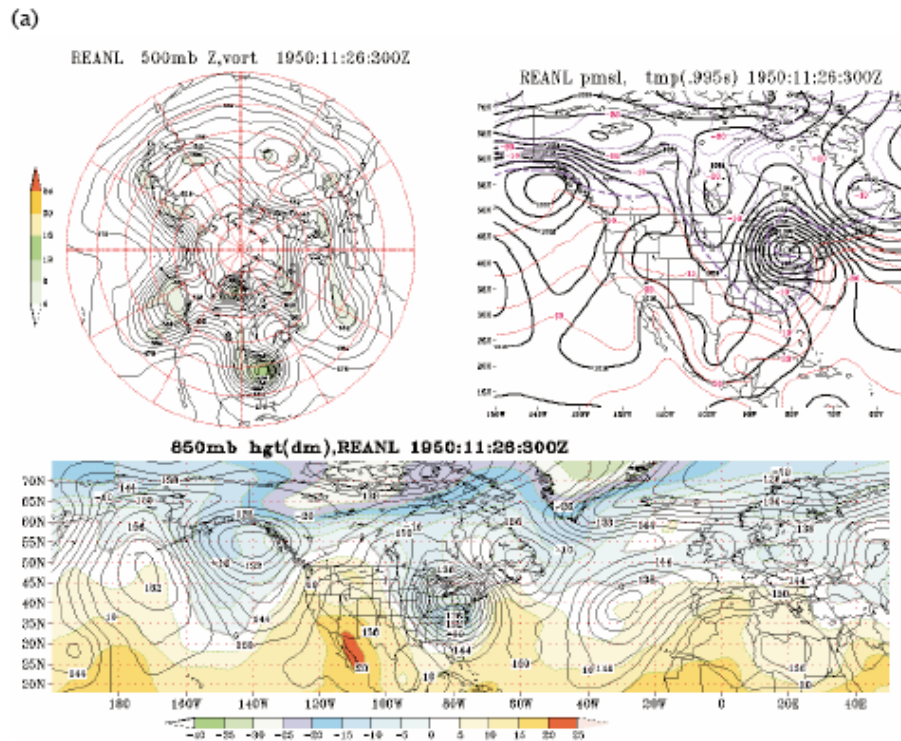
- Es la manera de dar condiciones iniciales para el **pronóstico numérico del tiempo**
- Fue desarrollada sólo con este propósito
- Los climatólogos empezaron a usarlo porque daba mapas grillados.
- Pero, cada vez que se mejoraba el sistema, se cambiaba el clima!
- Los climatólogos querían un sistema “congelado” para que el clima no saltara!
- Así se creó el primer “reanálisis”
- El NCEP-NCAR Reanálisis (NNR) ya cubre más de 60 años (1948-presente)
- Pero tiene un sistema de 1994...
- Nuevos reanálisis...



Esta tormenta de nieve (Thanksgiving 1950) no fue pronosticada ni con 12hrs. Los experimentos de 24hr de Charney resultaron en la formación del JCNWP

Renálisis: 11 Nov 1950

Repronóstico de 4 días!



Comparaciones de temperatura de superficie estimadas por el reanálisis NCEP y derivada de las estaciones

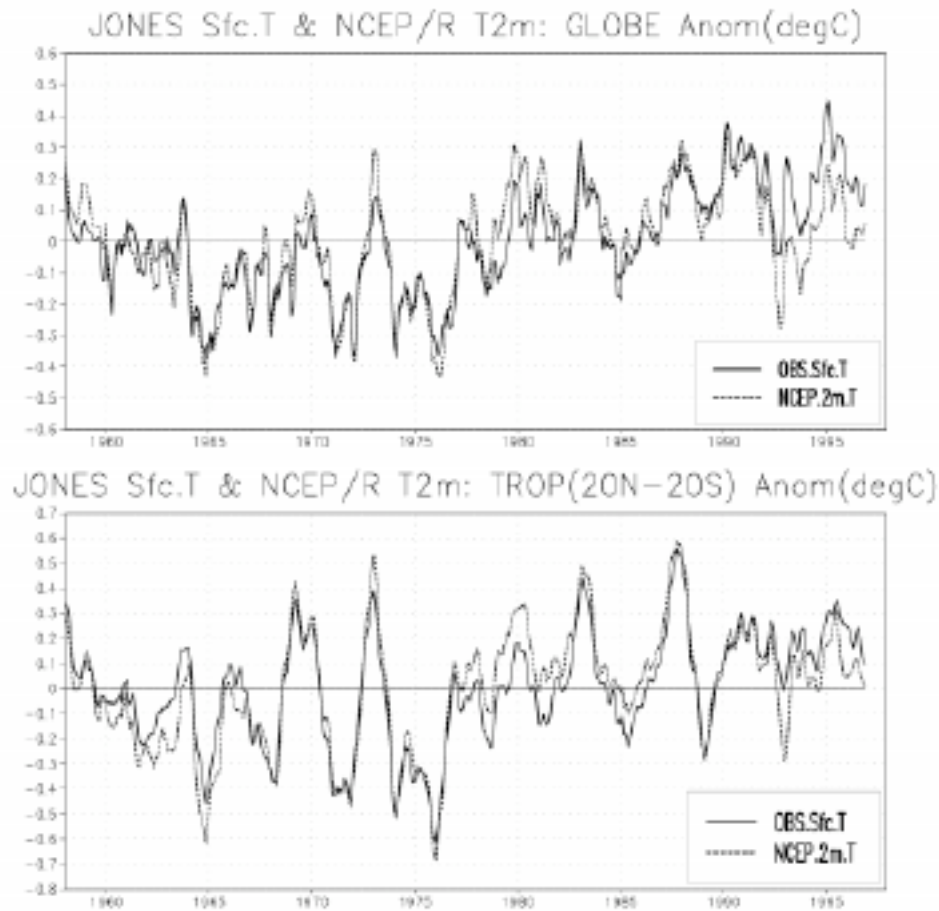


FIG. 12. Time series of global and tropical mean surface monthly temperature anomalies from NCEP-NCAR and from Jones (1994).

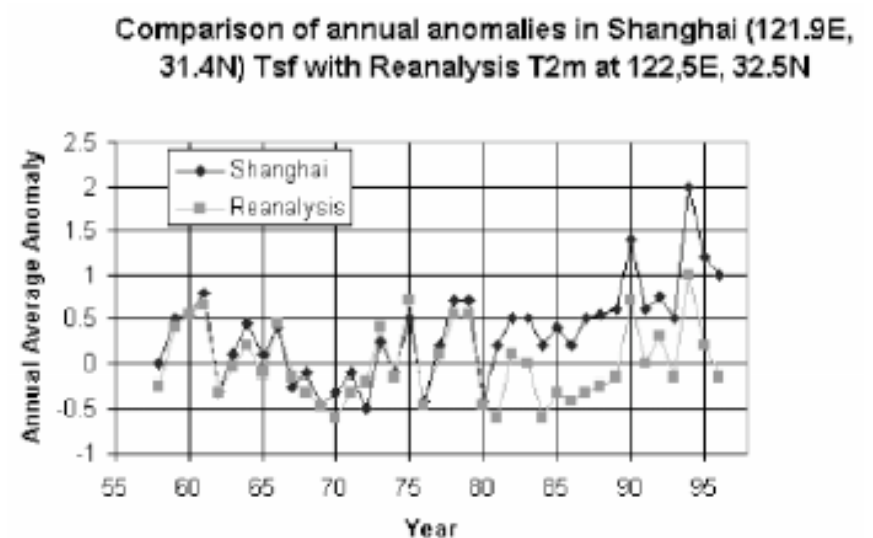


FIG. 13. Comparison of annually averaged surface temperature anomalies measured at the Shanghai Observatory (31.4° lat, 121.9° long) with the reanalysis estimated at the closest grid at 2.5° by 2.5° resolution, which is an “ocean” point.

Hay que comparar (especialmente para las variables derivadas del modelo) con observaciones

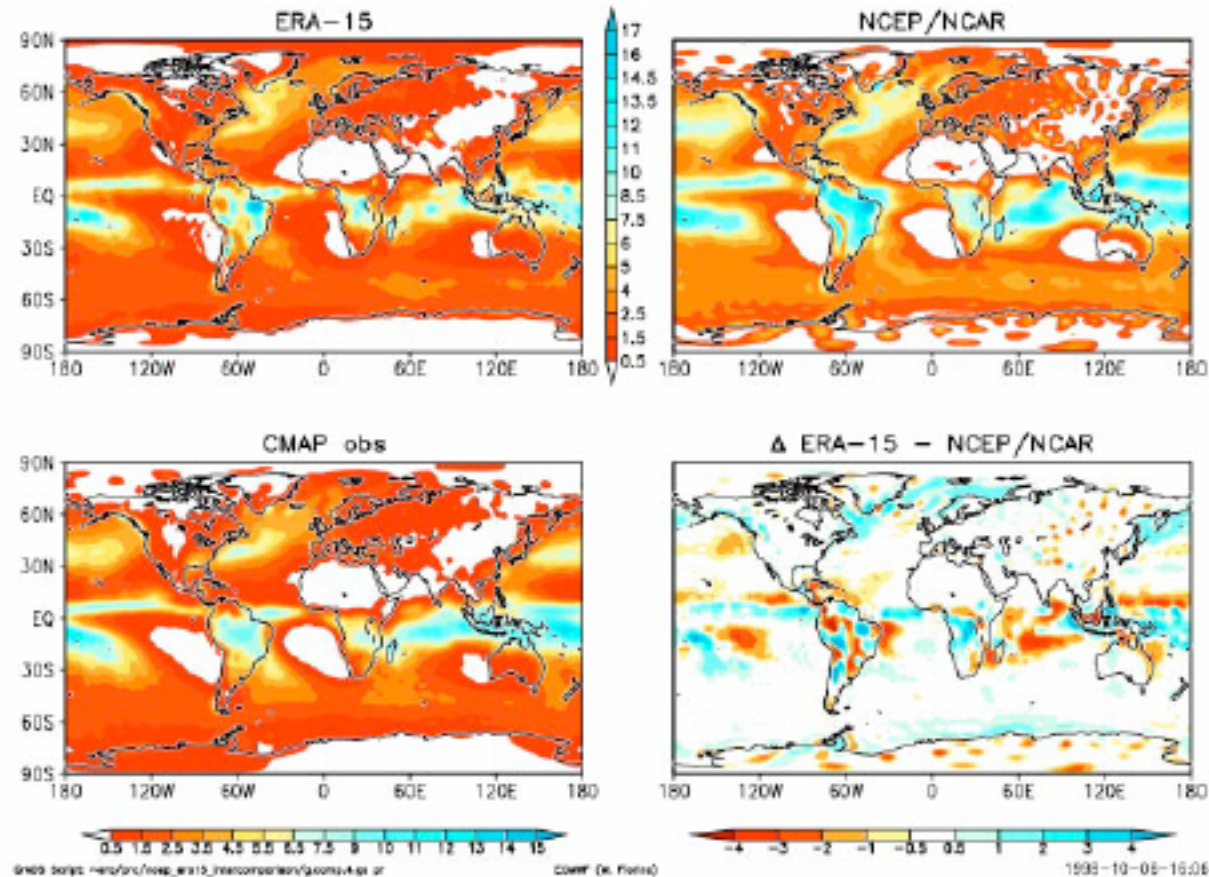


FIG. 18. Intercomparison of the mean DJF precipitation (top panels) against an analysis of observations and the difference during ERA-15 period Jan 1979–Feb 1994.

Hay algunos problemas inevitables, especialmente cuando se cambia el sistema de observaciones. Este es un ejemplo en 1979, cuando empezó el sistema de observaciones satelitario.

Lo mismo se observa en ERA-40 que en el NCEP.

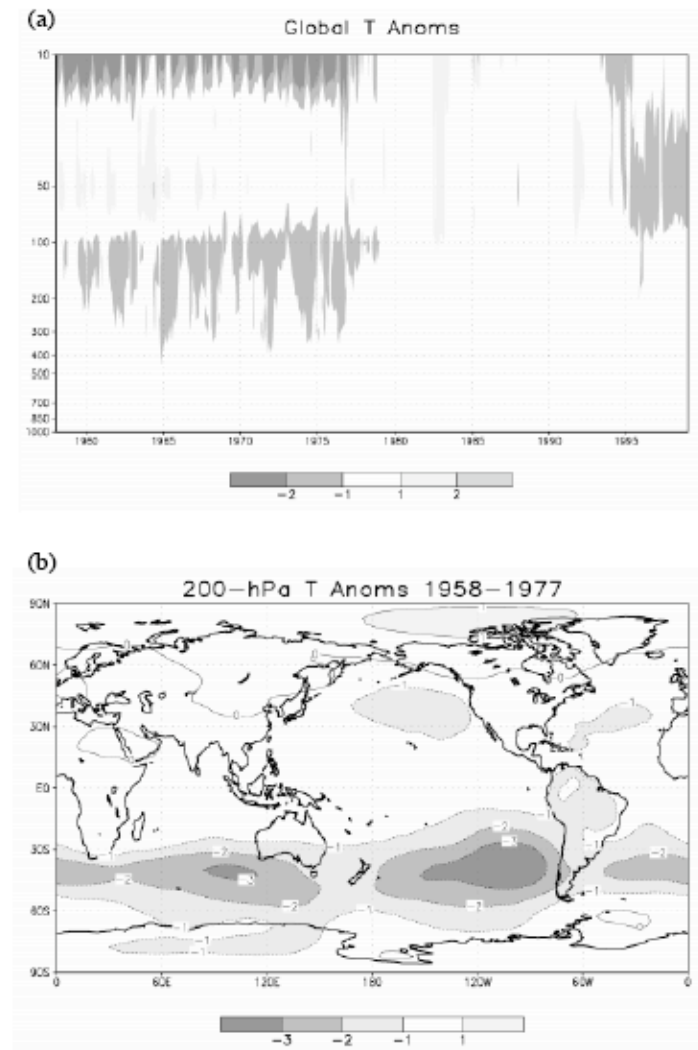


FIG. 10. (a) Cross section of globally averaged temperature anomalies showing the impact of the satellite observing system introduced in 1979. (b) Geographical distribution of the bias of the temperature at 200 hPa defined for 1958-77 and compared with the climatology defined for the years 1979-97.

NRC Report on Reanalysis, Chapter 2: **Re-Analysis of Historical Climate Data for** **Key Atmospheric Features**

Convening Lead Author: Dr. Siegfried Schubert, NASA

Lead Authors: Dr. Phil Arkin (University of Maryland)

Dr. James Carton (University of Maryland)

Dr. Eugenia Kalnay (University of Maryland)

Dr. Randal Koster (NASA)

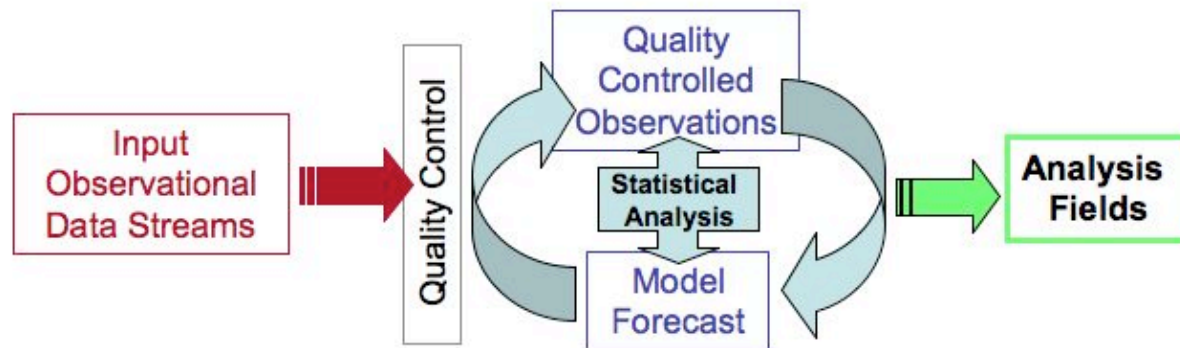
Contributing authors: Dr. Randall Dole (NOAA)

Dr. Roger Pulwarty (NOAA)

Questions addressed in Chapter 2:

- 2.1. What is a **climate reanalysis**, and what role does reanalysis play within a **comprehensive** climate observing system?
- 2.2. What can reanalysis tell us about **climate forcing** and the **veracity** of **climate models**?
- 2.3. What is the capacity of current reanalyses to help us identify and understand major **seasonal-to-decadal climate variations**, including changes in the frequency and intensity of climate extremes such as droughts?
- 2.4 To what extent is there agreement or disagreement between **climate trends** in **surface temperature and precipitation** derived from **reanalyses** and those derived from **independent data**?
- 2.5. What steps would be most useful in **reducing spurious trends** and other major uncertainties in describing the past behavior of the climate system through reanalysis methods? Specifically, what contributions could be made through **improvements in data recovery or quality control, modeling, or data assimilation techniques**?

What is climate analysis?

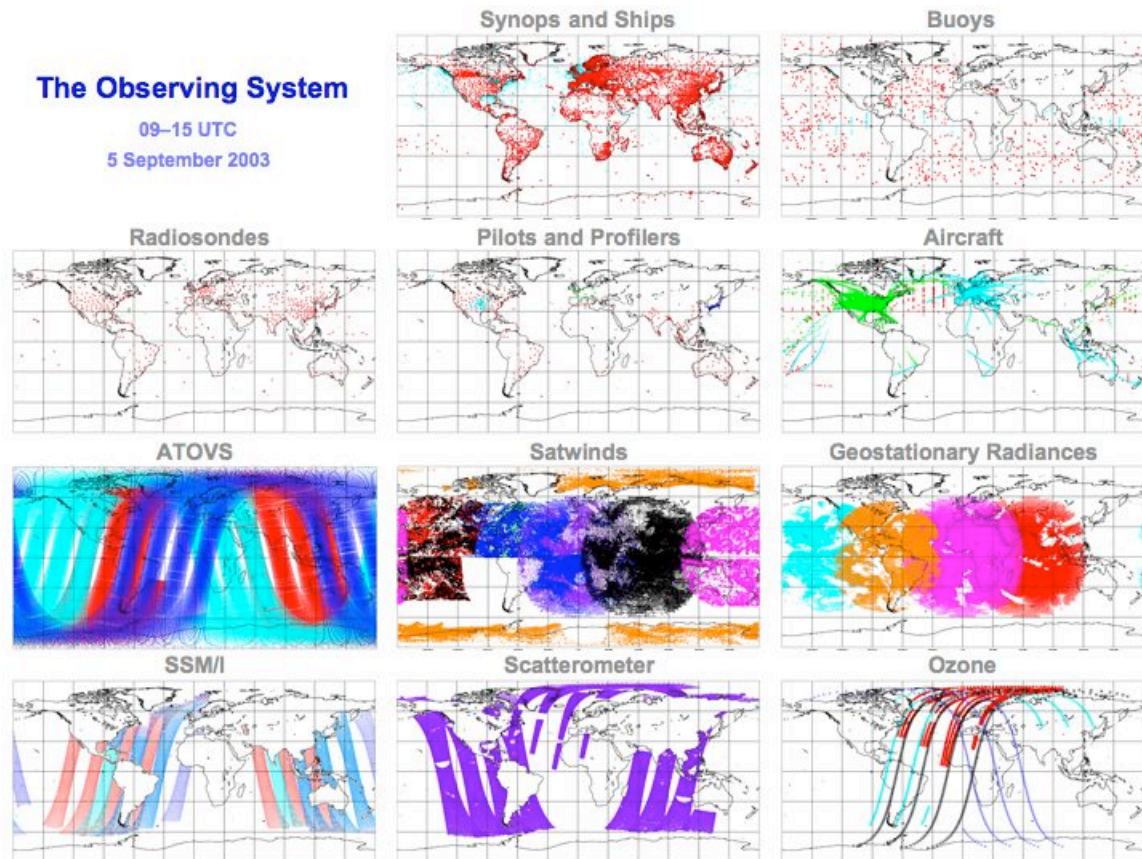


Short forecasts and observations are statistically combined to create a complete “analysis” or gridded 3-D state of the atmosphere every 6 hours.

This “analysis cycle” was developed for NWP, where the model and statistical analysis are frequently changed (e.g., increased resolution) in order to improve the forecasts.

The changes produce spurious “jumps” in the analysis climatology

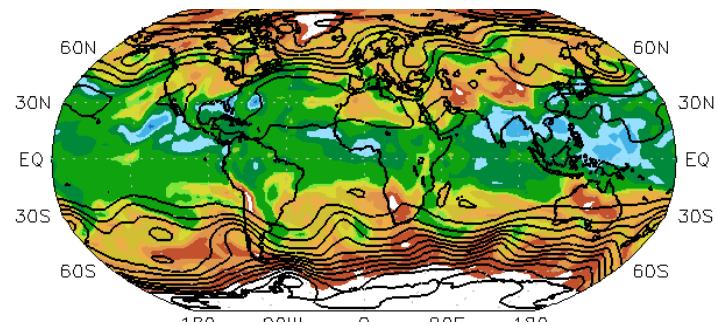
**Analysis input:
many different
types of
observations**



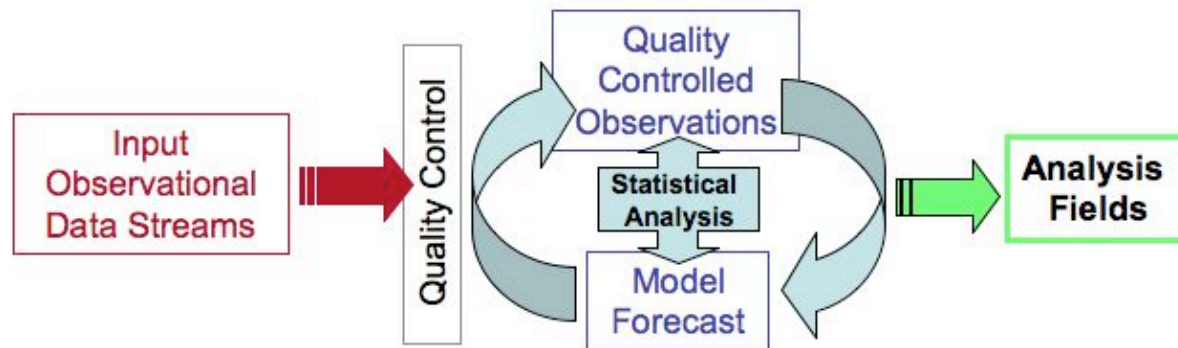
**Analysis
output:
gridded
analyses**

500mb Height and TPW

12UTC 05 September 2003



What is climate **re-analysis**?

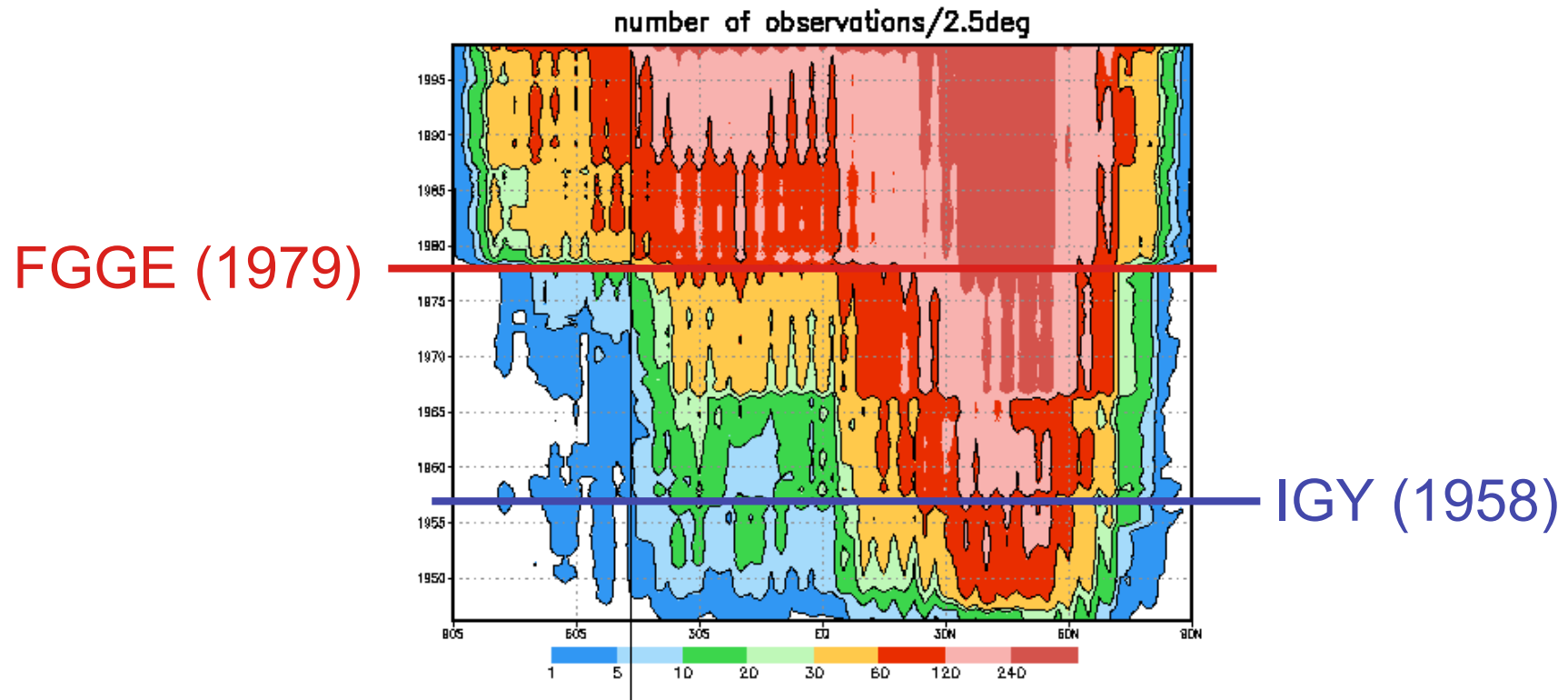


All the past observations are **reprocessed** keeping the **model** and the **statistical analysis** “frozen” (**unchanged**).

This creates a **much more self-consistent** long analysis.

But **changes in the observing system** can still generate some “jumps” in the analysis climatology

Major changes in the observing systems

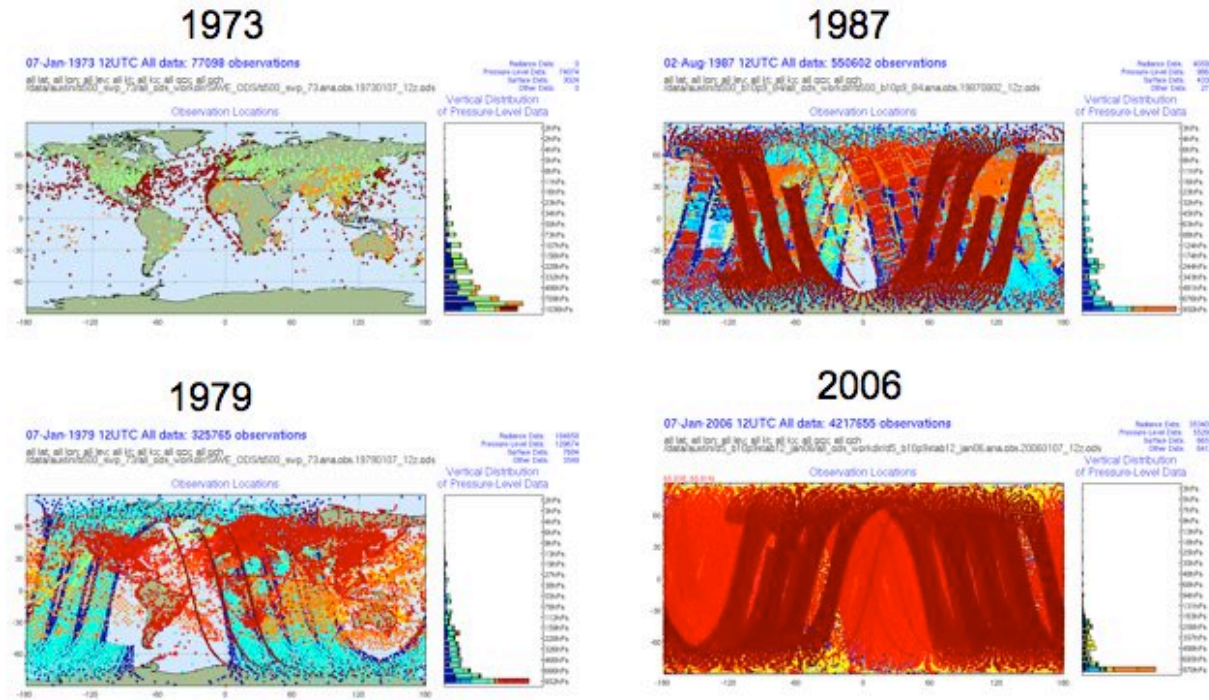


Raobs started in NH ~ 1948

IGY (1957-58): Improved raob coverage

FGGE (1979): Global satellite coverage

Changes in the observing systems (MERRA)

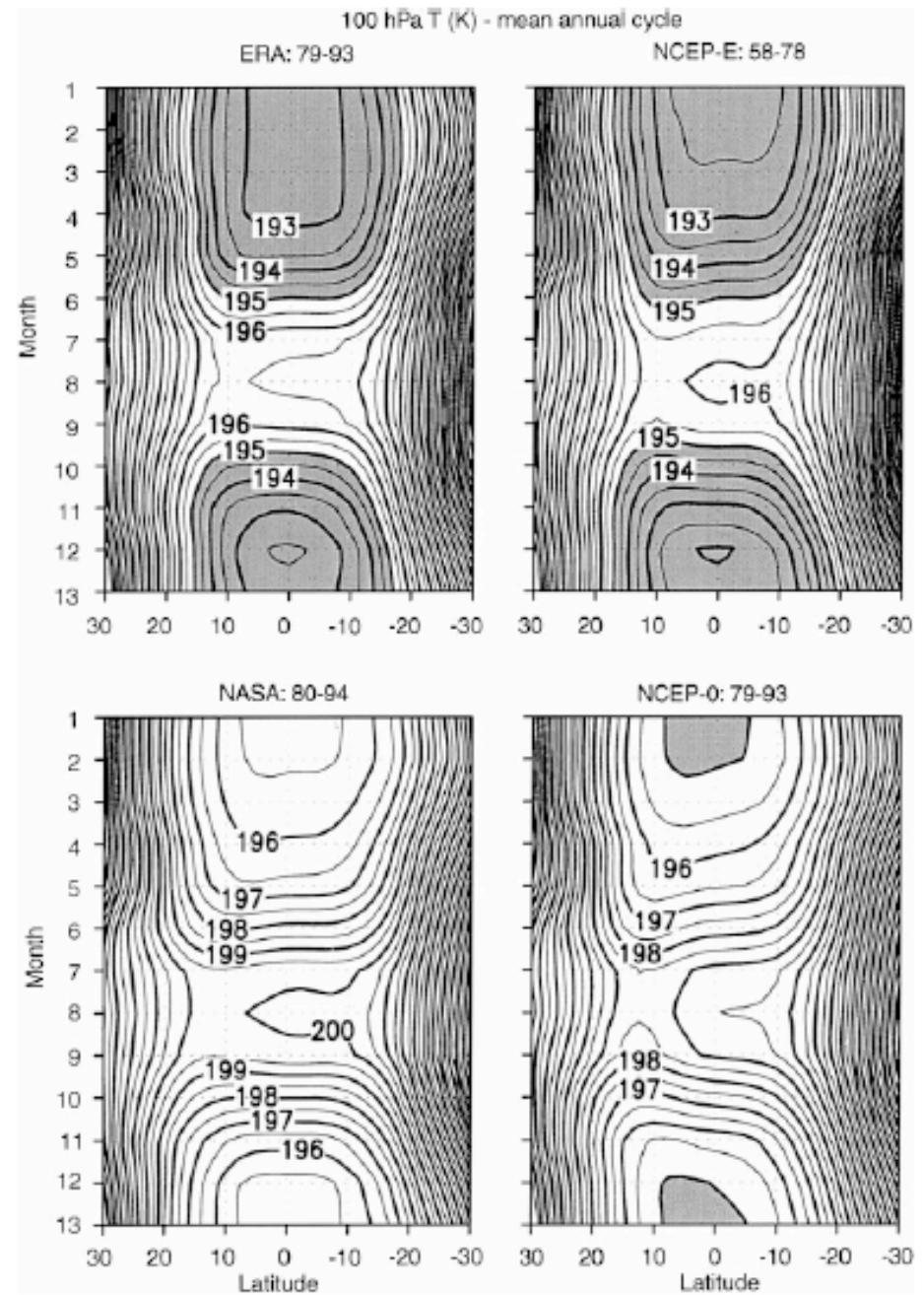


FGGE (1979): Global satellite coverage (polar orbiters and geo-stationary)

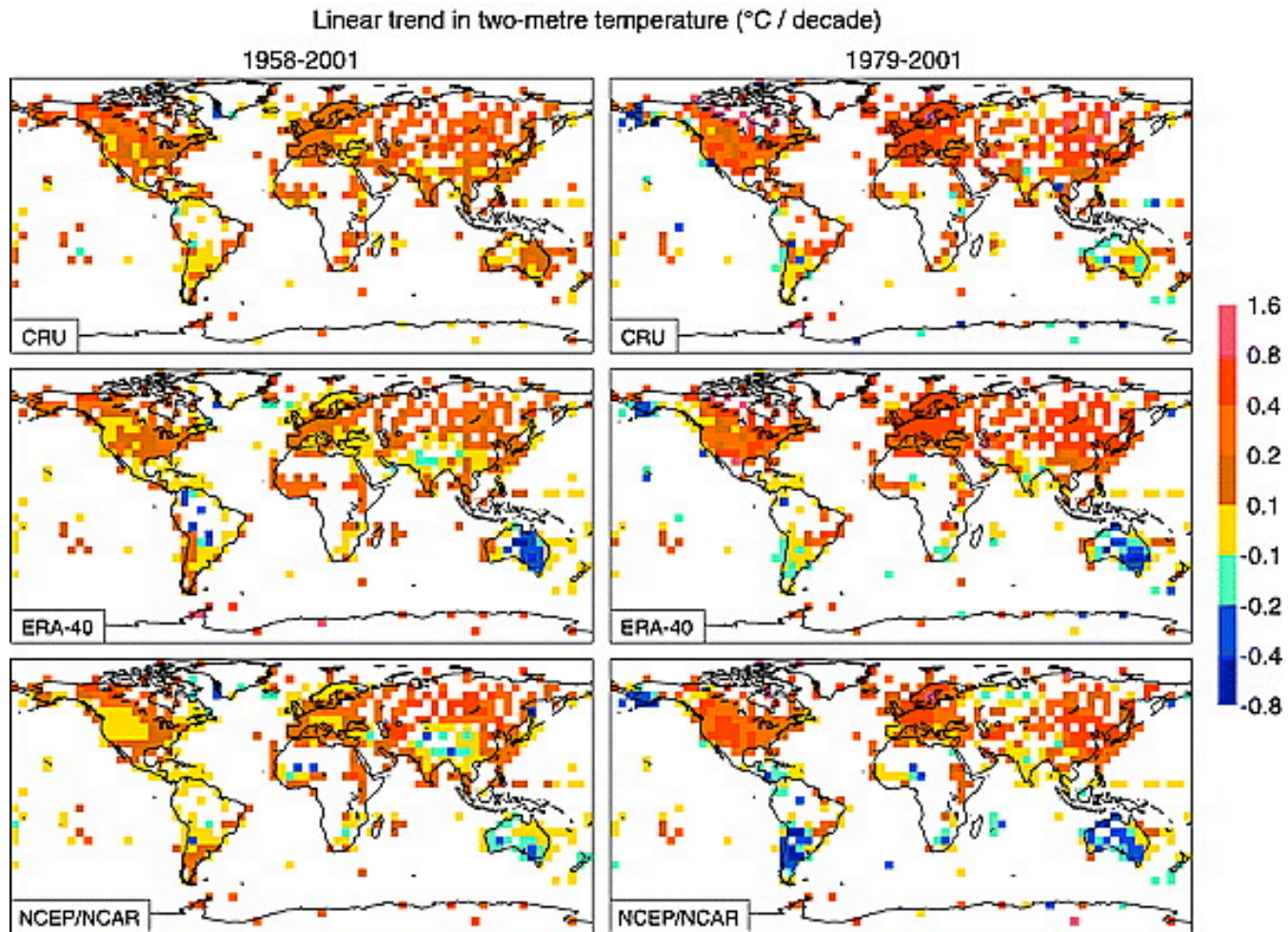
Number of remotely sensed observations continues to increase

Different Reanalyses can have somewhat different climatologies depending on the models and the observational coverage.

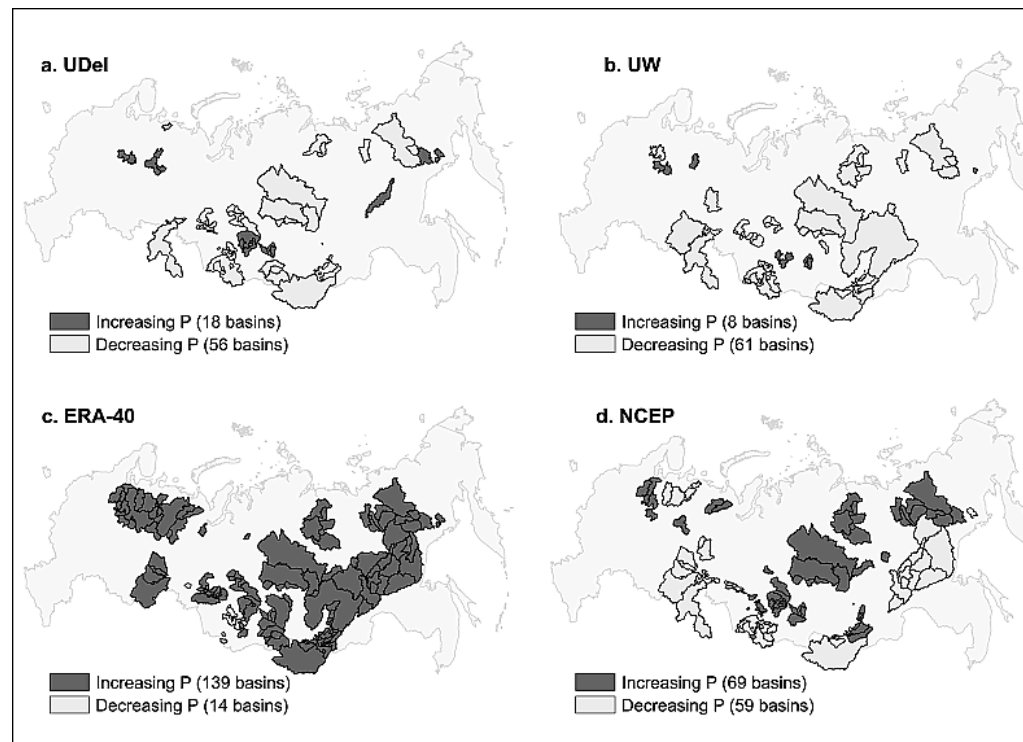
Nevertheless, they all capture similar interannual anomalies



Calculations of trends can also be affected by changes in the system (Australia?)

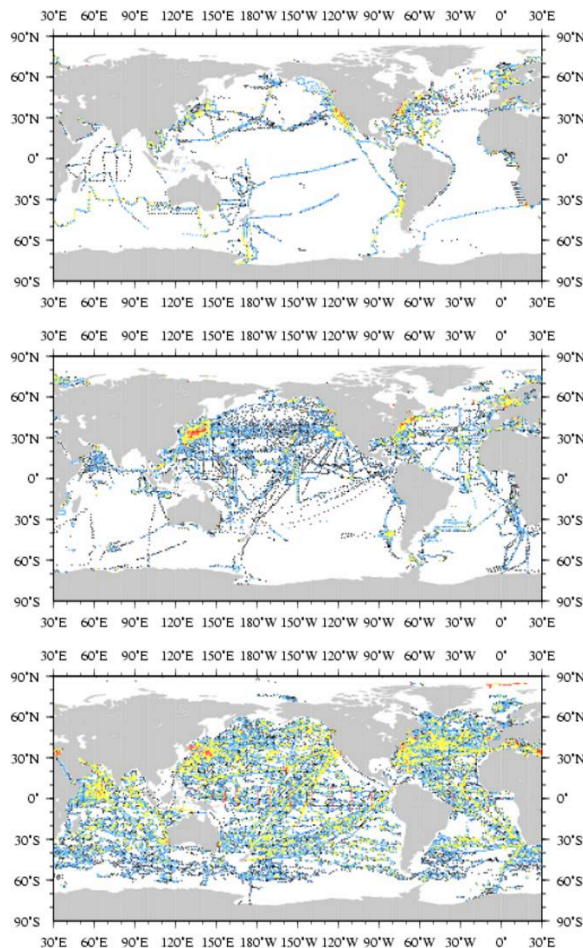


Las tendencias de precipitación son aún más difíciles de estimar



(1958-1989 Cuencas del HN con precipitación en aumento o disminución)

Ocean observations are also increasing: as a result, ocean trends can also be affected



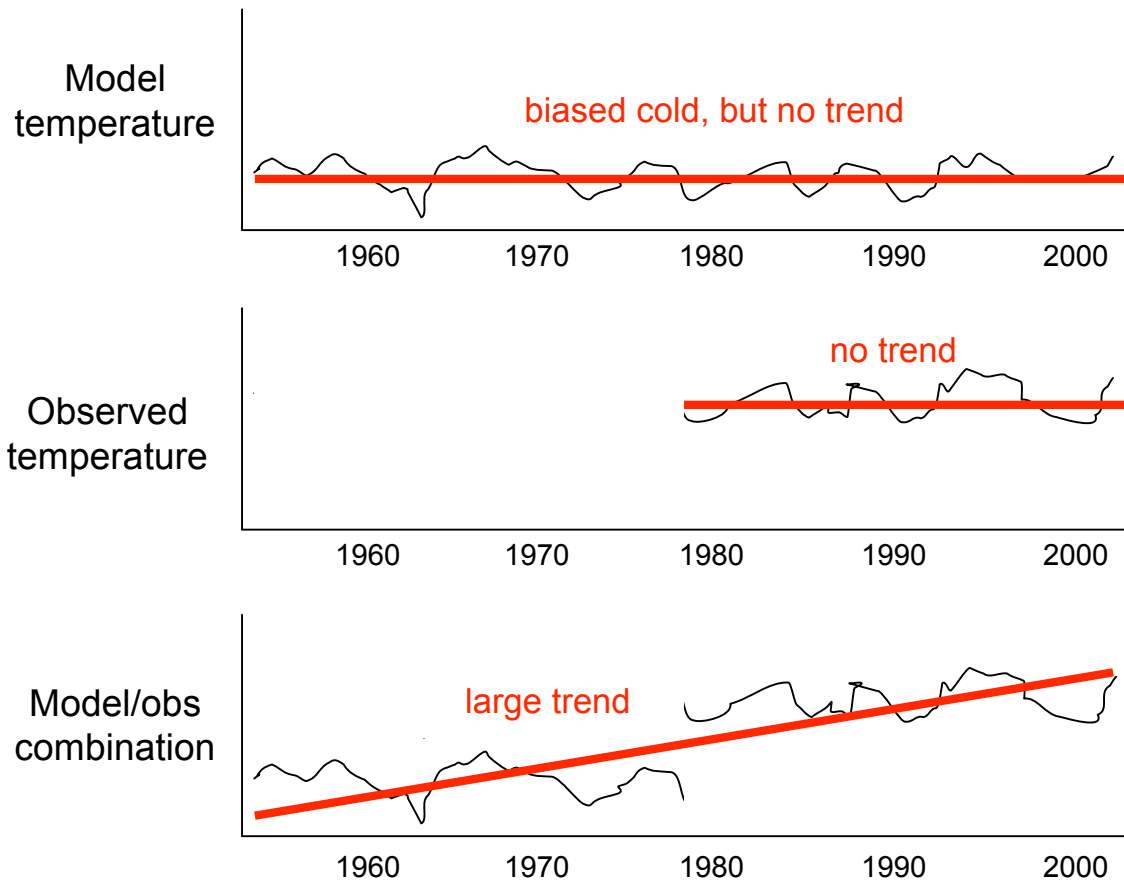
1960

1980

2004

Temperature profile observations in the first three months for different years

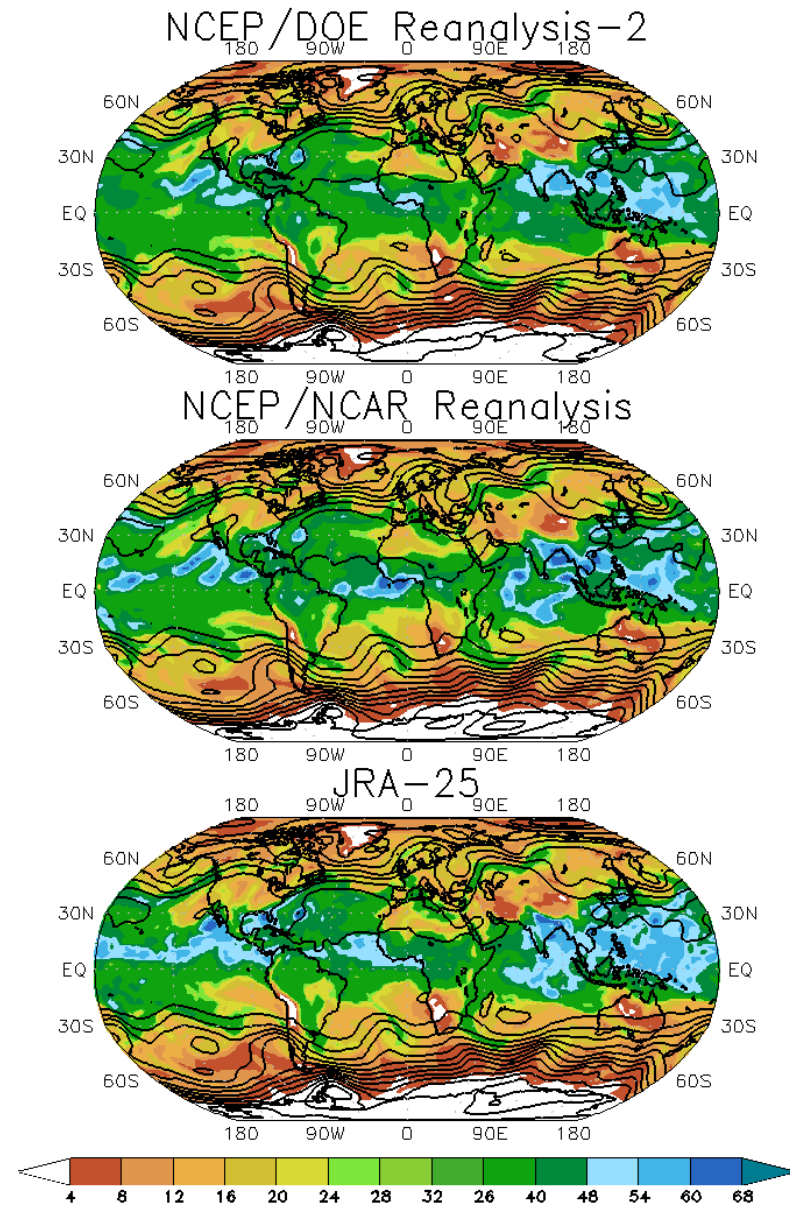
Clearly, when computing trends special care must be taken...



Reanalyses are excellent in capturing the day-to-day weather variability, especially for wind and temperatures.

Other variables, such as moisture, are more affected by the characteristics of the model used in the reanalysis.

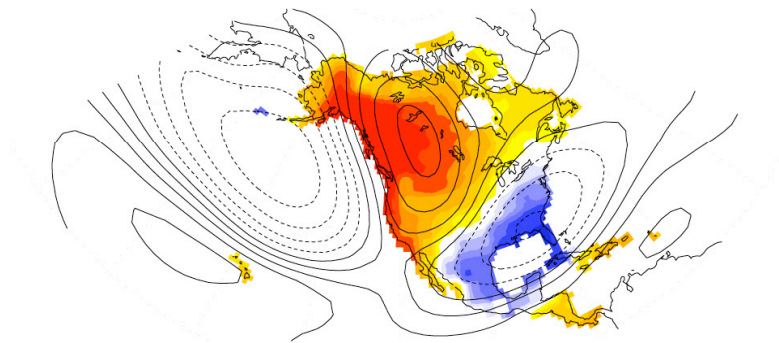
Ocean and land-surface reanalyses have similar strengths and weaknesses



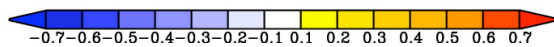
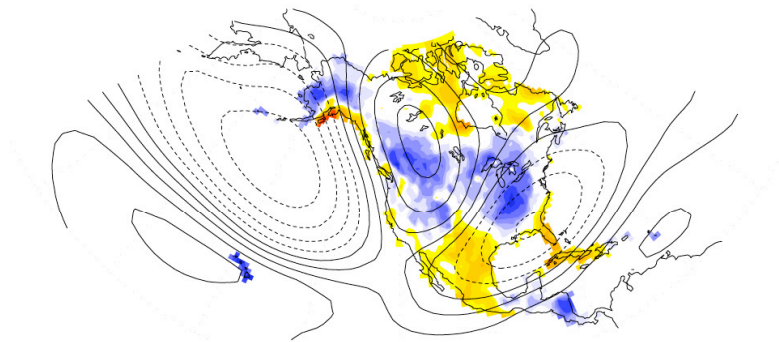
A pesar de estas dificultades, los reanálisis han sido muy útiles, dando herramientas para entender los cambios de circulación. Ejemplo: correlación de anomalías con los índices PNA, NAO

PNA Impact

Temperature

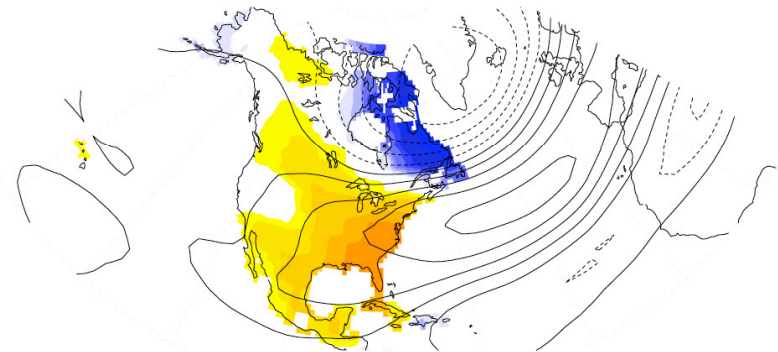


Precipitation

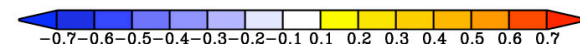
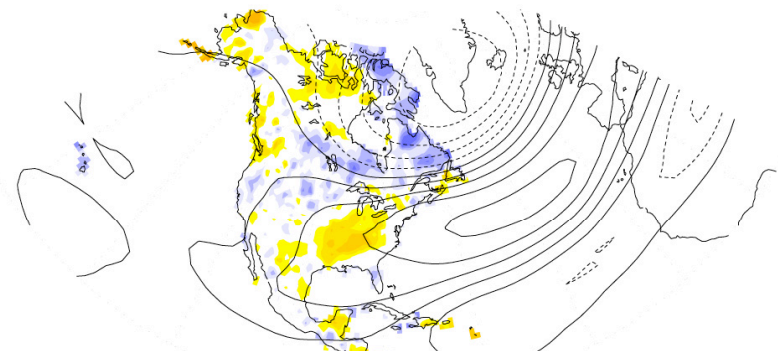


NAO Impact

Temperature



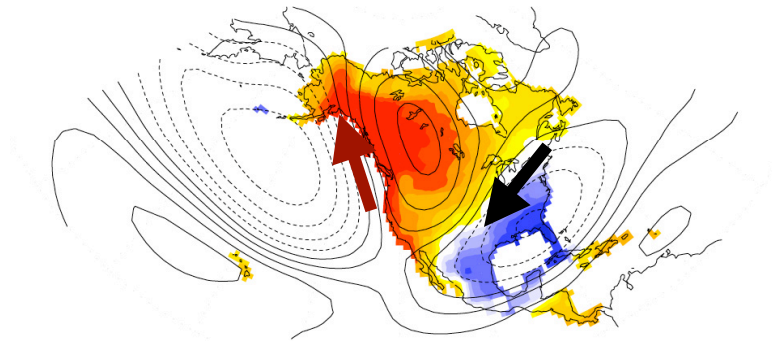
Precipitation



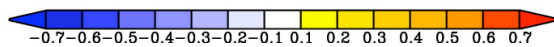
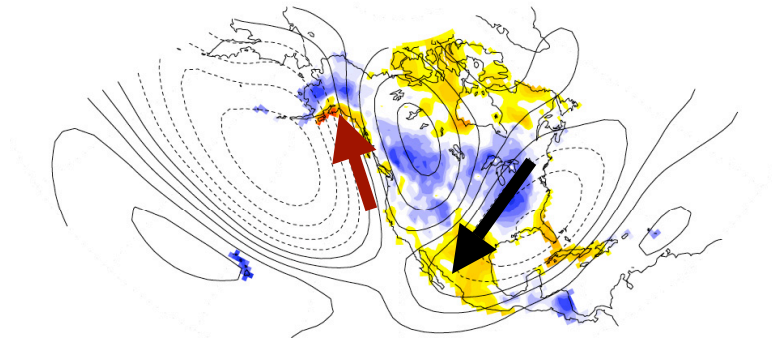
A pesar de estas dificultades, los reanálisis han sido muy útiles, dando herramientas para entender los cambios de circulación. Ejemplo: correlación de anomalías con los índices PNA, NAO

PNA Impact

Temperature

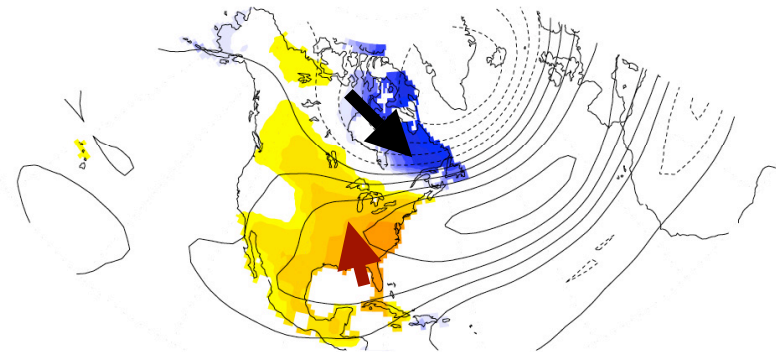


Precipitation

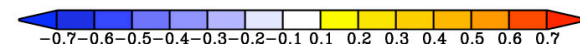
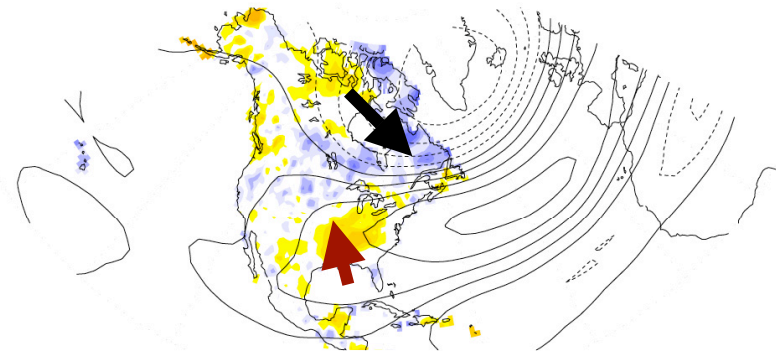


NAO Impact

Temperature



Precipitation



Chapter 2: Resultados claves (1)

- El reanálisis tiene un **role integrativo crucial** dentro del sistema de observaciones global produciendo **registros consistentes, completos y de larga duración** de las componentes del sistema climático global, incluyendo la **atmósfera, océanos, y la superficie terrestre**.
- Los datos de los reanálisis tienen un **role fundamental** en estudios sobre la **naturaleza, causas e impactos** de **fenómenos climáticos de escala global y regional**.
- Los datos de los reanálisis son especialmente importantes en estudios de los **mecanismos físicos que producen anomalías climáticas de gran impacto**, como por ejemplo sequías e inundaciones, así como otras características claves que afectan los U.S., incluyendo variaciones climáticas como **El Niño-Southern Oscillation** y otros importantes modos de **variabilidad climática**.

Chapter 2: Key Findings (2)

- Current global reanalysis data are **most reliable in Northern Hemisphere middle latitudes**, in the middle to upper **troposphere**, and on synoptic (weather) and larger spatial scales. They are **least reliable near the surface, in the stratosphere, tropics, and polar regions**.
- Current global reanalysis data are **most reliable on daily to interannual time scales**. They are **least reliable** in the representation of the **diurnal cycle**, and in the representation of **decadal and longer time scales** where they are most impacted by **deficiencies in the coverage and quality of observational data and changes** in observing systems over time.
- Current global reanalysis data are **most reliable** in quantities that are most strongly **constrained by the observations** (e.g., **temperature and winds**), and **least reliable** for quantities that are highly **model dependent**, such as **evaporation, precipitation, and cloud-related quantities**.

Chapter 2: Key Findings (3)

- Substantial **biases** exist in various components of the atmospheric water cycle (e.g., **precipitation, evaporation and clouds**), that limit the value of current reanalysis data for assessing the veracity of these quantities in **climate models**, as well as for practical applications. There are also significant biases in other surface and near-surface quantities related to deficiencies in representing **interactions across the land-atmosphere and ocean-atmosphere interfaces**.
- But, the **comprehensive and multi-variate** nature of reanalysis data provide value for understanding the causes of surface temperature and precipitation trends **beyond** what can be obtained from relatively **incomplete observational datasets** alone, **even in the face of the noted biases in reanalysis-based trends**.
- Reanalysis data play a critical role in **assessing** the ability of **climate models** to simulate the statistics of climate – the means and variances (at various time scales) of basic variables such as the horizontal winds, temperature and pressure. In addition, the **adjustments or analysis increments** (i.e., the "corrections" imposed on model states by the observations) produced during the course of a reanalysis provide a means to **identify fundamental errors in the physical processes and/or missing physics that create climate model biases**.

Chapter 2: Key Findings (Outlook)

- Reanalyses have **already** had enormous benefits for **climate research and prediction**, as well as for a **wide range of societal applications**.
- Nevertheless, **significant future improvements** are possible by testing and continue developing **new methods** able to
 - address **observing system inhomogeneities**,
 - estimate and correct **model biases**,
 - estimate **reanalysis uncertainties**.
- Also, it is essential to continue research towards
 - improving our **observational database**
 - developing **integrated Earth System models and analysis** that better represent key climate interactions between the atmosphere, oceans, land and cryosphere,
 - including in the reanalyses, for the first time, an **interactive biosphere and carbon cycle**.

Características de los distintos reanálisis

- NCEP-NCAR 1 (NNR):
 - El más largo (1948-presente)
 - Un sistema operacional en 1994
 - T62-28 niveles ($\sim 2^\circ$)
 - 3D-Var sin inicialización
 - Salida en $2.5 \times 2.5^\circ$ en la presión, niveles mandatorios, cada 6 horas
 - También la grilla “nativa”, isentrópica y parameterizaciones (ej. calentamiento, flujos de superficie, precipitación del modelo)
 - El más usado (artículo más citado en todas las geociencias, >5000 citas)
 - **Fácilmente accesible (NOAA CDC)**
- Problemas
 - Baja resolución
 - Algunos errores: PAOBS, “precipitación espectral”
- NCEP-DOE (NCEP 2):
 - Corrige los errores
 - Se usa la precipitación observada para la humedad del suelo
 - Cubre el período 1979-presente

Características de los distintos reanálisis

- ECMWF Reanalysis 40 years (ERA-40):
 - http://www.ecmwf.int/research/era/ERA-40_Atlas/docs/index.html
 - Cubre el período 1958-2002
 - Un sistema operacional del ~2000
 - Resolución del modelo: TXXX
 - 3D-Var sin inicialización
 - Salida en 2.5x2.5° en la presión, niveles mandatorios
 - También la grilla “nativa”, isentrópica y parameterizaciones (ej. calentamiento, flujos de superficie, precipitación del modelo)
 - Usa radiaciones de satélite, no “retrievals” como NNR
- Japanese Meteorological Agency 25 year Reanalysis (JRA-25)
 - <http://ds.data.jma.go.jp/gmd/jra/atlas/eng/atlas-tope.htm>
 - Más recientemente completado
 - Cubre el período 1979-2004
 - Accesible gratis
- NASA Modern Era Research ReAnalysis (MERRA):
 - Muy reciente
 - Accesible gratis
 - Cubre el período 1979-2004 (?)

North America reanálisis regional NARR

- Primer reanálisis regional (NCEP/NOAA)
 - Cubre el período 1979-presente
 - Un sistema operacional del ~2004
 - Resolución del modelo ETA: 30km
 - 3D-Var sin inicialización
 - Salida en 30km en la presión, niveles mandatorios
 - También la grilla “nativa”, isentrópica y parameterizaciones (ej. calentamiento, flujos de superficie, precipitación del modelo)
 - Usa radiaciones de satélite, no “retrievals” como NNR
 - Condiciones de borde del NCEP Reanálisis 2
- Ventajas
 - Asimila la precipitación observada en el modelo Eta
 - Esto asegura que el ciclo hidrológico es muy realista y generalmente confiable
 - Resolución más alta, cada hora o tres horas
 - Accesible gratis

Nuevos reanálisis planeados

- Primer reanálisis global acoplando la atmosfera y el océano (NOAA/NCEP)
 - Cubre 1979-presente
 - Esta siendo calculado corrientemente
- ECMWF está planeando
 - Reanálisis de interim
 - Nuevo reanálisis (4D-Var?)
- Reanálisis de un siglo
 - Compo, Whitaker, Hamill
 - Usa el método de Ensemble Kalman Filter (EnSRF)
- Ventajas del Ensemble Kalman Filter
 - Se adapta a las variaciones de cubrimiento de datos
 - Produce una estimación de los errores del reanálisis
 - Más exacto, puede usar datos del futuro (LETKF)
 - Pero no hay planes de hacer un LETKF (lágrima...)

Conclusiones

- Ventajas de los reanálisis
 - Nos dan a todos acceso a información sobre el tiempo y el clima en toda la atmosfera global y regional!
 - Permiten estudiar procesos físicos y testear hipótesis.
 - Permiten pronósticos experimentales
 - Casi no hay límite para las aplicaciones potenciales (ej, cambios climáticos)
- Caveats (Cuidado!)
 - Las variables más influenciadas por las observaciones (ej, temperatura velocidades) son bastante confiables
 - Las variables creadas por el modelo (ej, precipitación, flujos, calentamientos) son menos confiables, y deben ser cotejadas con varios reanálisis
 - Las tendencias en el tiempo también son menos confiables y deben ser cotejadas
 - Los cambios en el sistema de observaciones (ej, la introducción de datos de satélite en 1979) producen saltos en la climatología
- Estamos preparando con Inez Fung un primer reanálisis incluyendo la asimilación de CO₂, que esperamos permita estimar las emisiones.

Preguntas?