

Retos futuros de la geodesia: El Sistema de Observación Geodésica Global (GGOS)

Hermann Drewes

**Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut
DGFI, München, Germany**

International Association of Geodesy (IAG)



Semana Geomática, Bogotá, Colombia, 8 de junio de 2007

El cambio de los objetivos de la geodesia

La geodesia es, según la definición de Helmert (1880), la ciencia de la medición y representación cartográfica de la superficie terrestre.

Los objetivos tradicionales establecidos por esta definición fueron la determinación de coordenadas de puntos y de la gravedad.

La aplicación de los resultados geodésicos se concentró en los levantamientos para catastro, ingeniería, topografía, cartografía etc.

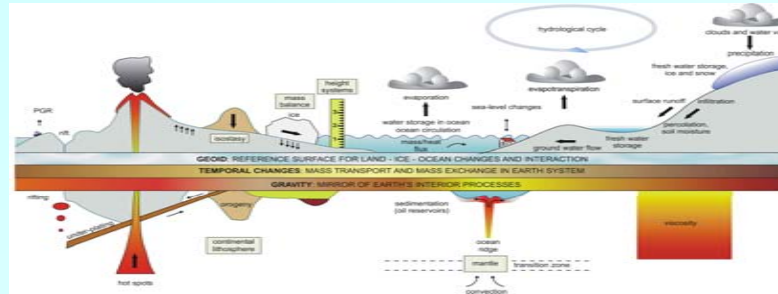
Por las mediciones geodésicas cada vez más precisas se detectaron variaciones de los resultados con el tiempo (p.ej. deformaciones) y efectos del ambiente (p.ej. refracción atmosférica).

Hoy en día, la geodesia está en capacidad de aplicar las variaciones y los efectos ambientales observados para el control de la geodinámica y del clima.

La geodesia se convirtió en la ciencia de medición del cambio global.

Observación del cambio global por métodos geodésicos

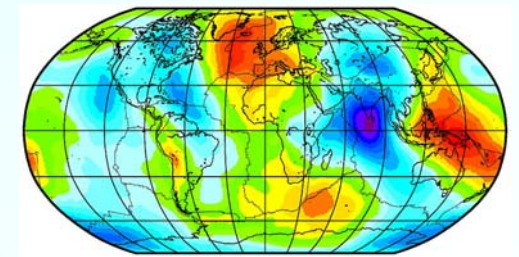
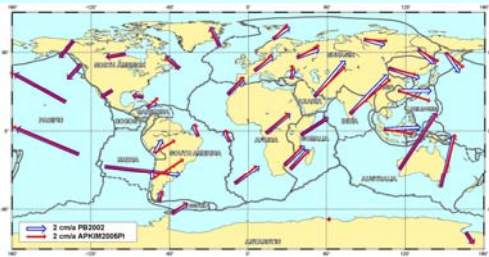
Procesos en la Tierra sólida: geodinámica (deformación)



Procesos en la atmósfera e hidrosfera: ciclo del agua

deformaciones

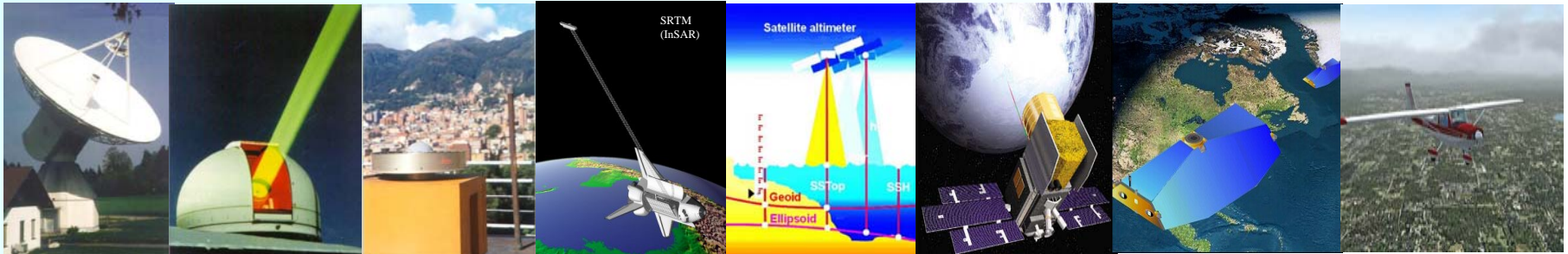
variaciones de rotación y del campo de gravedad



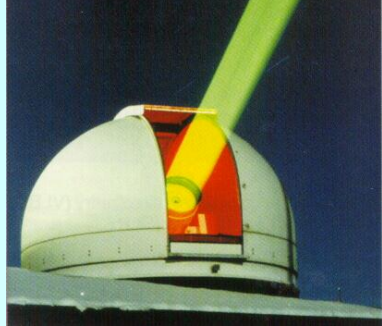
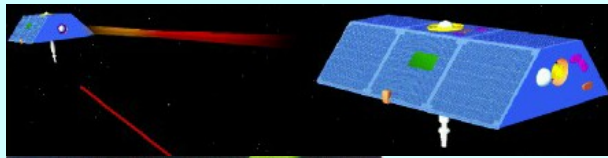
posicionar puntos

escanear superficies

medir la gravedad



Observación y estimación de parámetros geodésicos



Medición geométrica
y gravimétrica

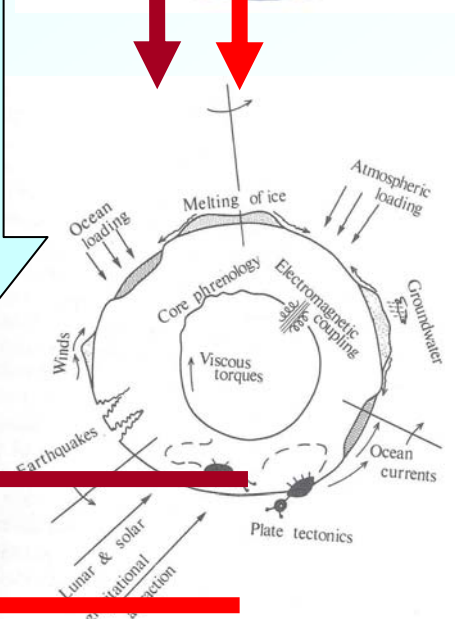
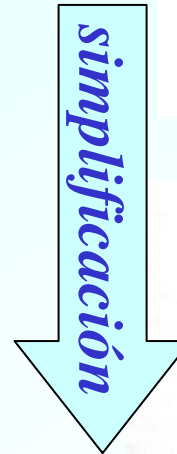
Realidad
Rotación



$\dot{C}_{21}, \dot{S}_{21} \neq \dot{X}_P, \dot{Y}_P$
gravim. \neq geom.



mediciones
dependen de la
realidad, pero los
parámetros de
modelos



Algoritmo matemático

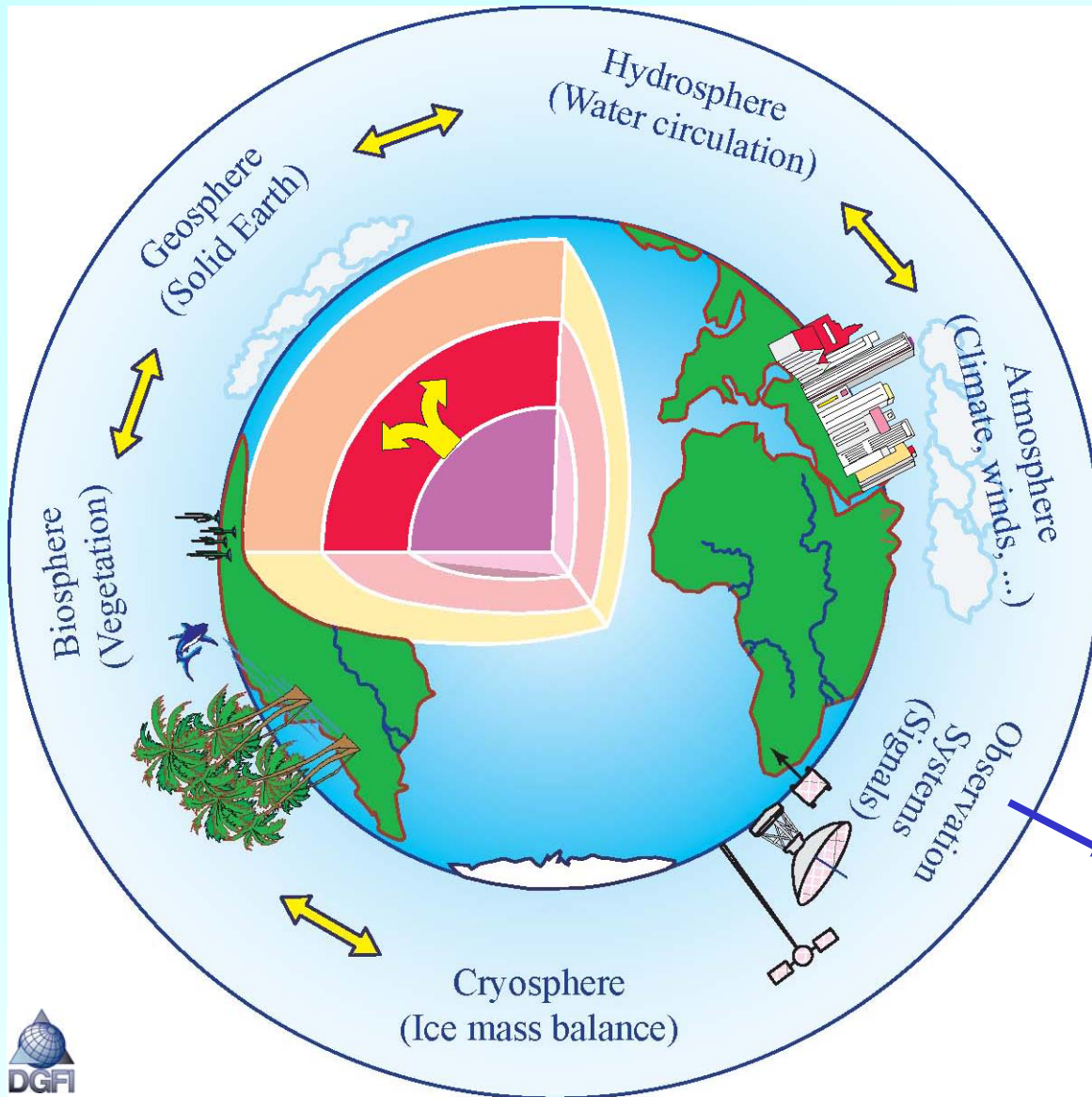
$\underline{X}, \underline{v}, C_{n,m}, g = f(\text{mod})$
 $\rightarrow \varphi, \lambda, h, \Omega, N, \Delta g$



Reto futuro!

Modelo
físico

Elementos e interacciones en el sistema terrestre

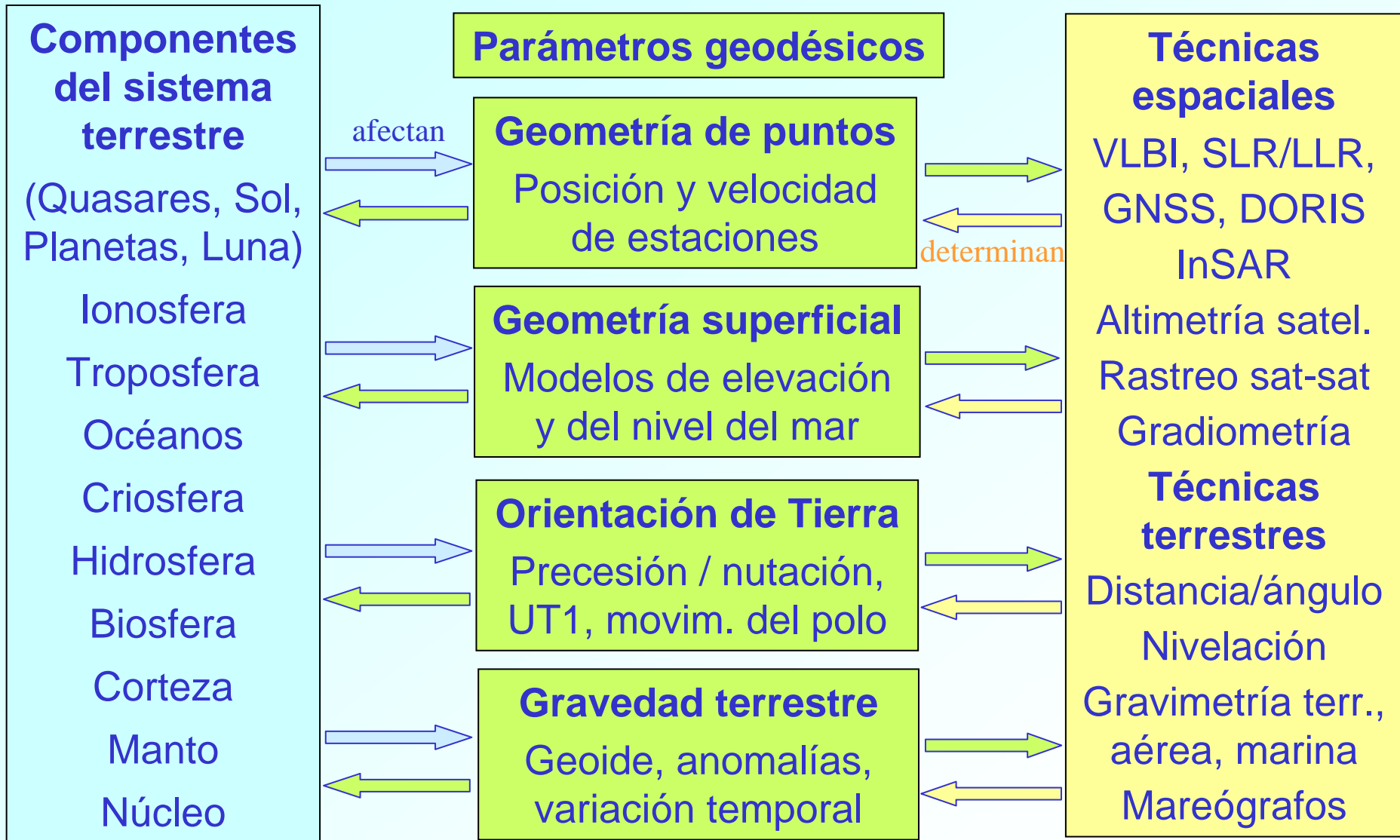


La geodinámica y el cambio global son procesos dentro de y entre los elementos del sistema terrestre:

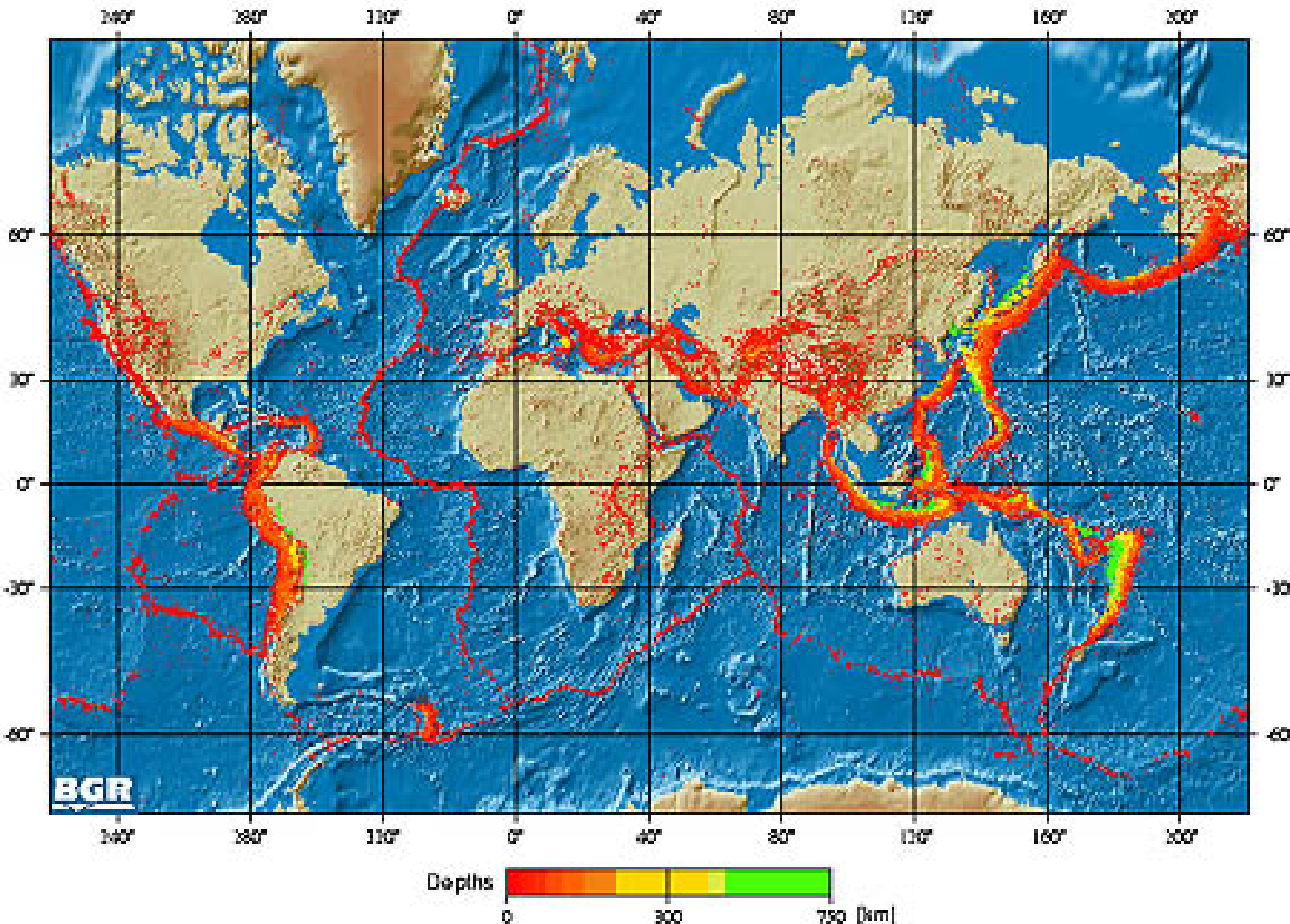
- geosfera (sólida)
- hidrosfera (fluida)
- atmósfera (gaseosa)
- criosfera (glacial)
- biosfera (viva)

Las observaciones geodésicas miden los efectos de estos procesos.

Sistema terrestre, parámetros y observaciones geodésicas



1. Control de deformaciones de la *geosfera sólida*: Terremotos



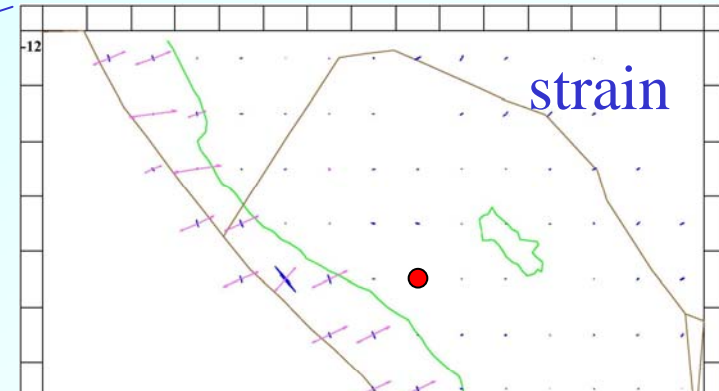
Terremotos ocurren, principalmente, en zonas de límite entre placas litosféricas, donde tensión acumulada se descarga.

Observaciones geométricas miden la tensión actual.

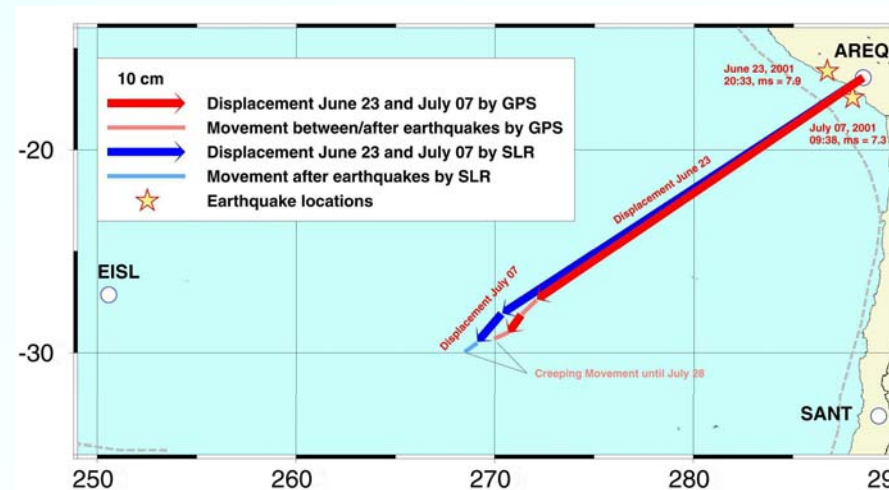
Deformación andina y control sísmico



Deformación derivada de GPS
y terremoto en Arequipa 2001.

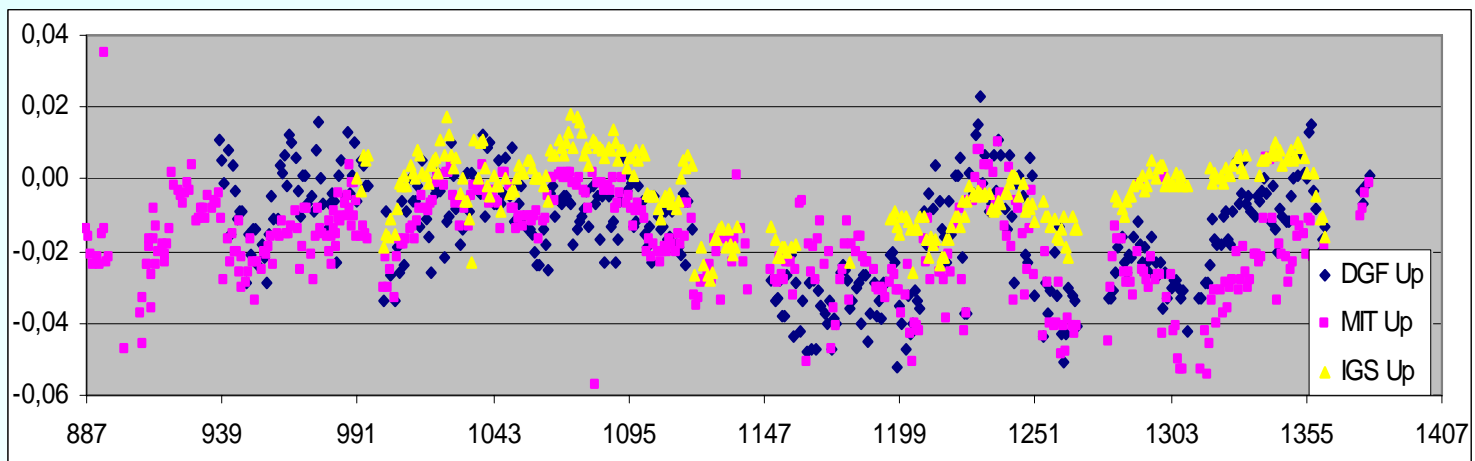
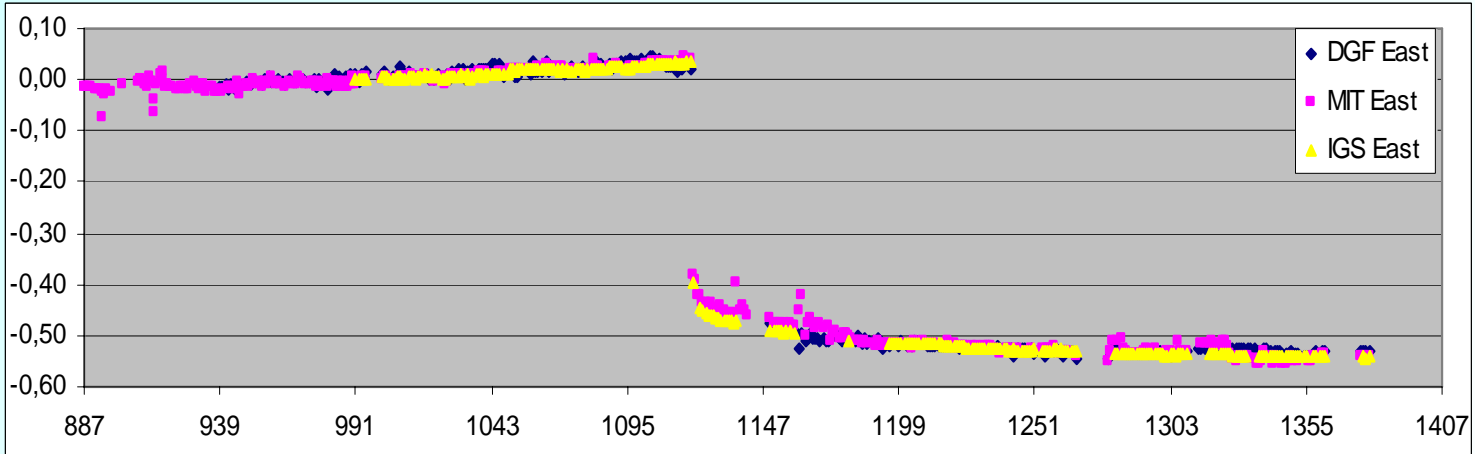
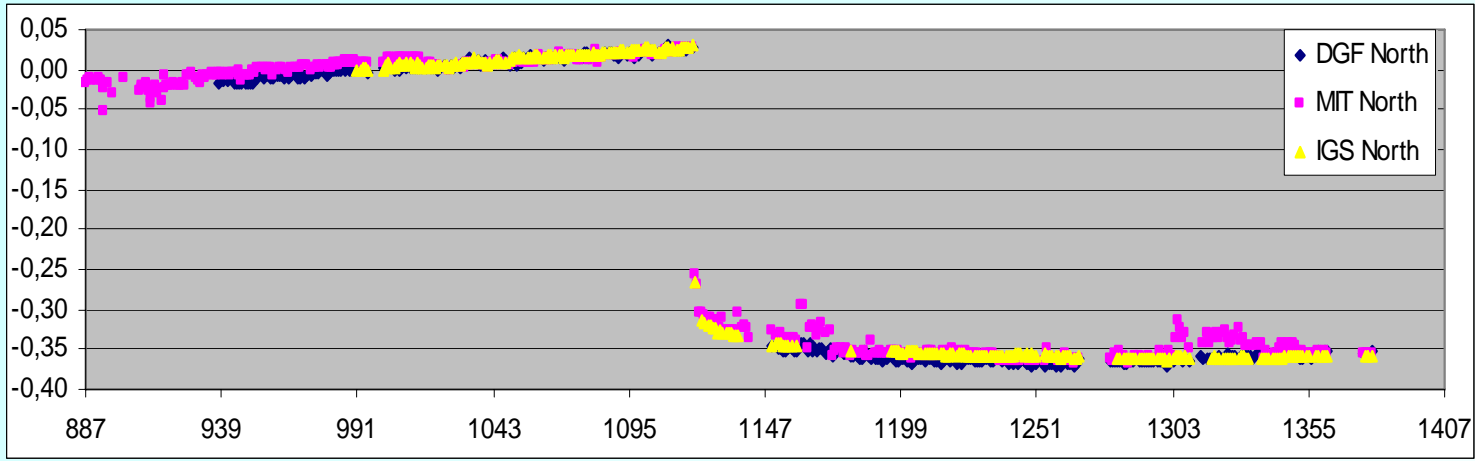


Desplazamiento horizontal
cosísmico en el 23 de junio



Precursores en el control geodésico?

Desplazamiento cósmico y movimiento post-sísmico no linear en coordenadas geodésicas semanales

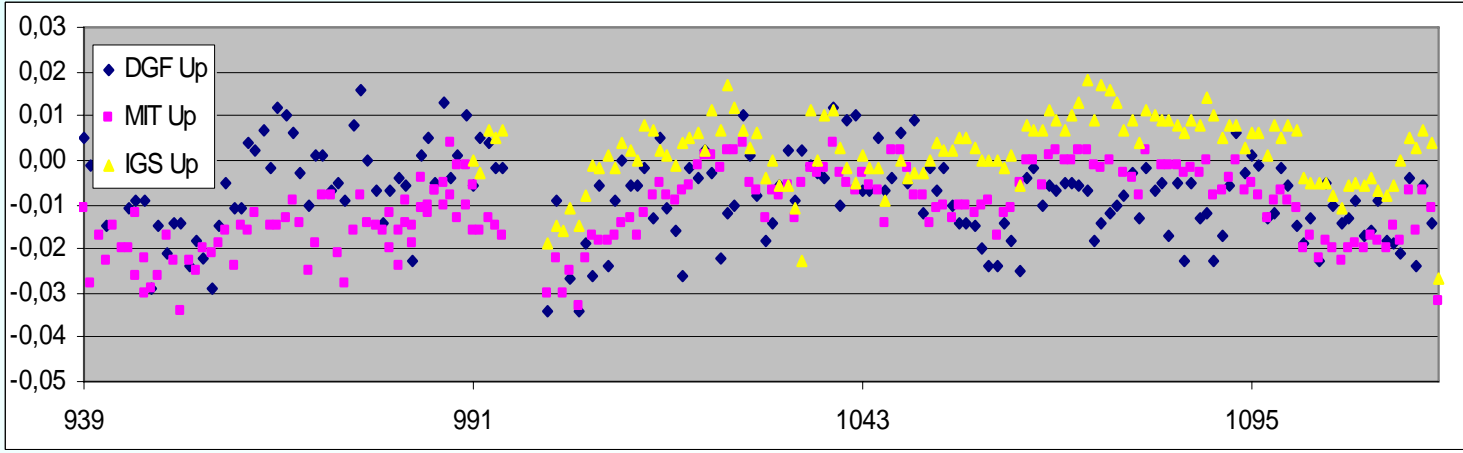
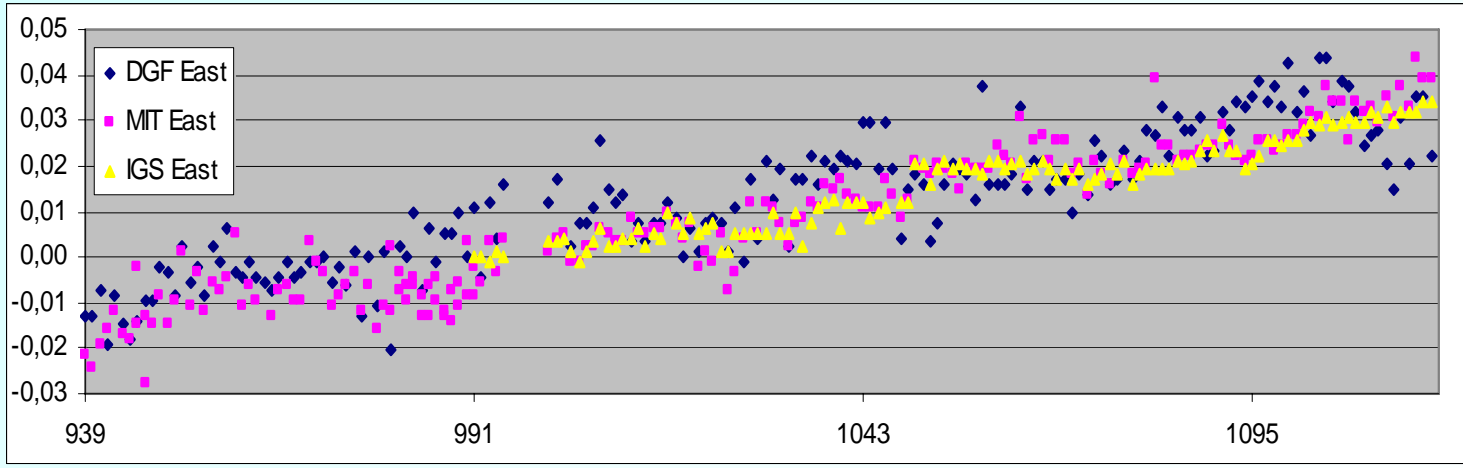
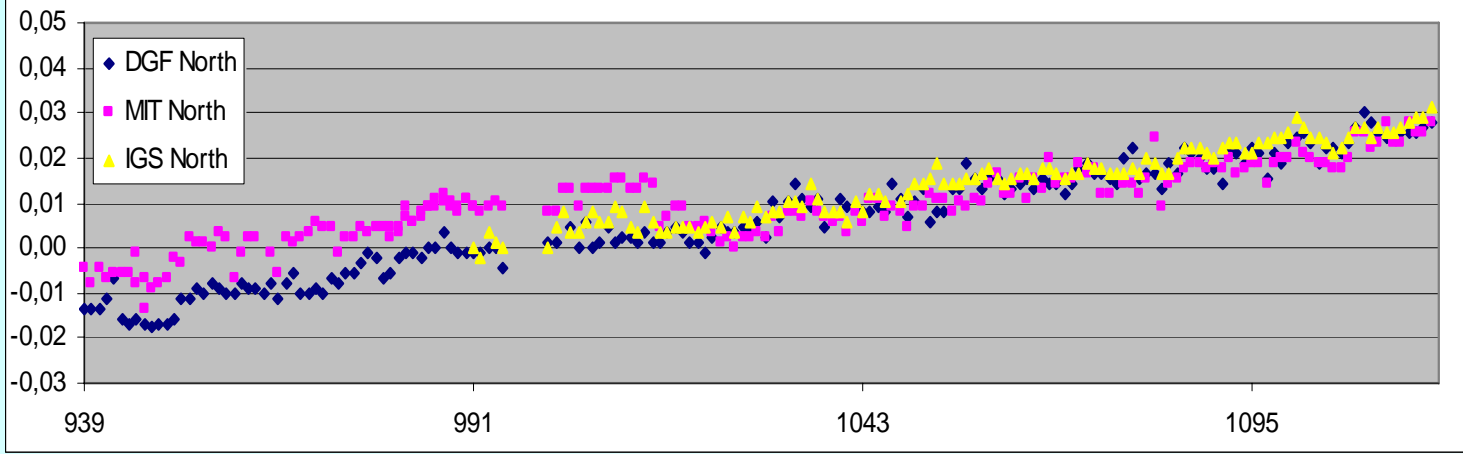


[m]

Precursores en el control geodésico?

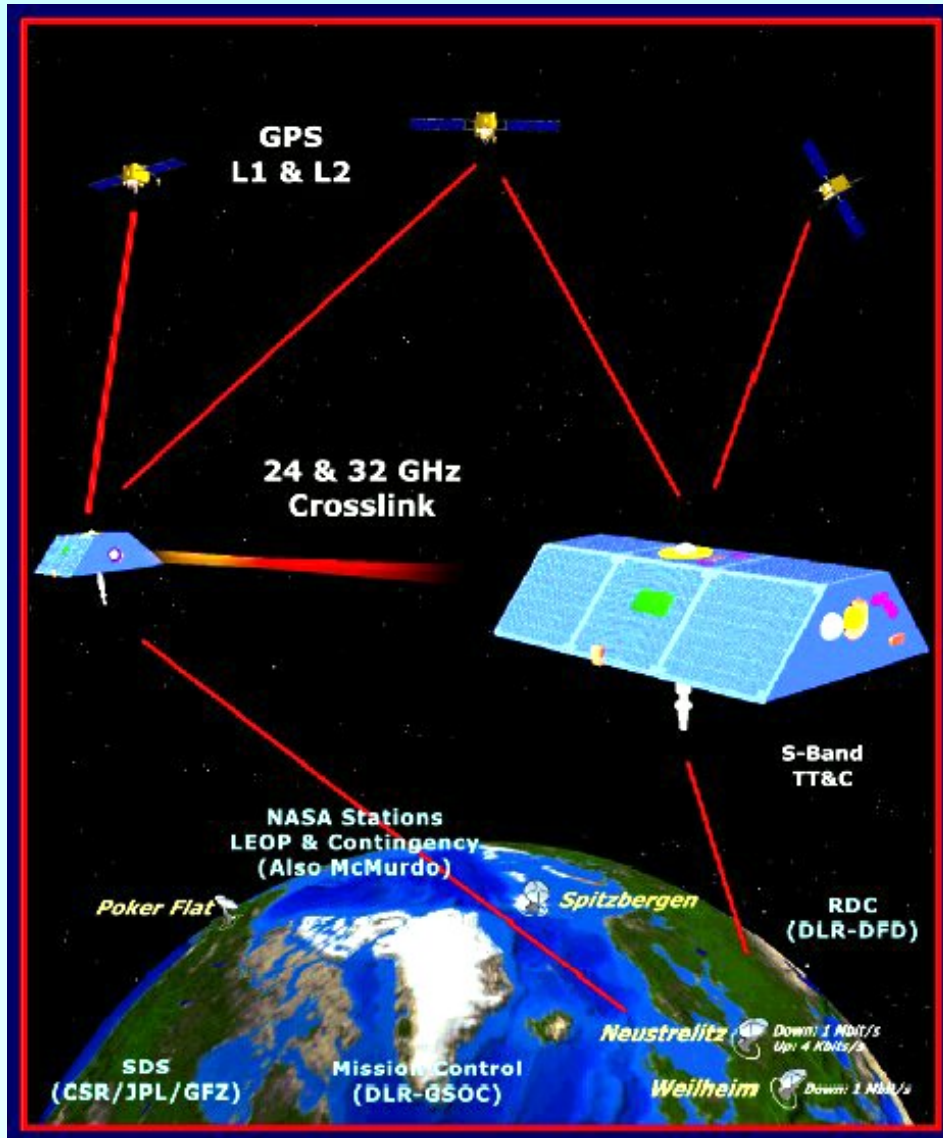
Comportamiento no uniforme de las series de tiempo en marcos de referencia diferentes.

Reto futuro!



[m]

2. Control de deformaciones de la *geosfera fluida*: Hidrología



En la misión satelital GRACE se mide, continuamente, la distancia entre dos satélites con precisión extremadamente alta (μm).

La distancia varía por atracción de masas terrestres inhomogeneas.

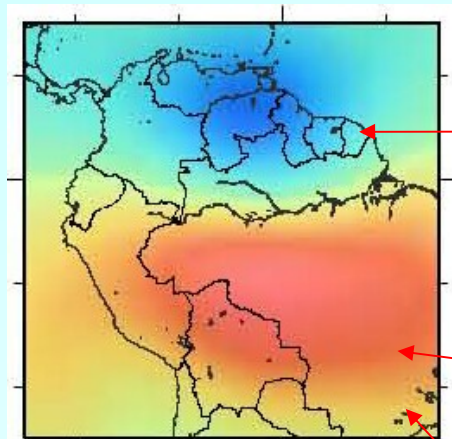
La repetición de las mediciones en otra época presenta variaciones de las masas.

La variación mayor se genera por el cambio de masas de agua (lluvia – evaporación – desague = acumulación de agua en el suelo)

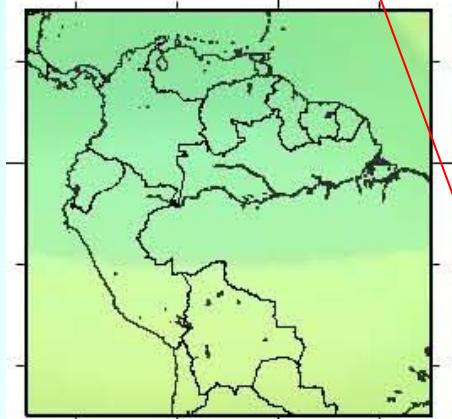
Comparación de resultados gravimétricas y geométricas

- Observaciones gravimétricas (geoide GRACE): desplazamientos de masas
- Observaciones geométricas (GPS) miden variaciones de alturas

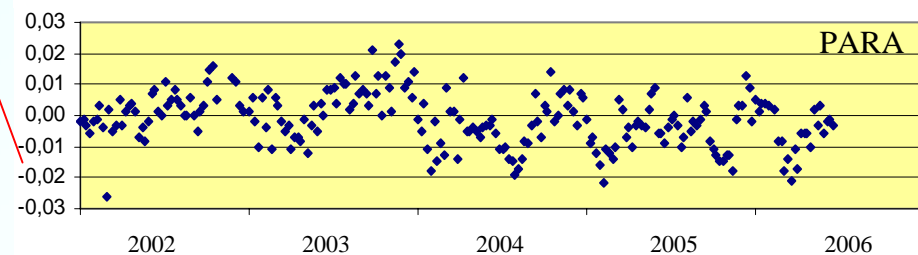
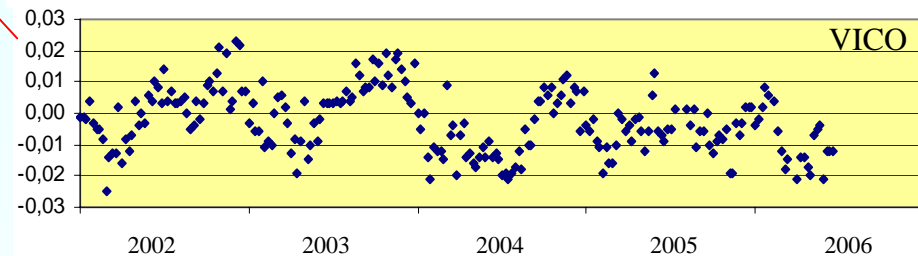
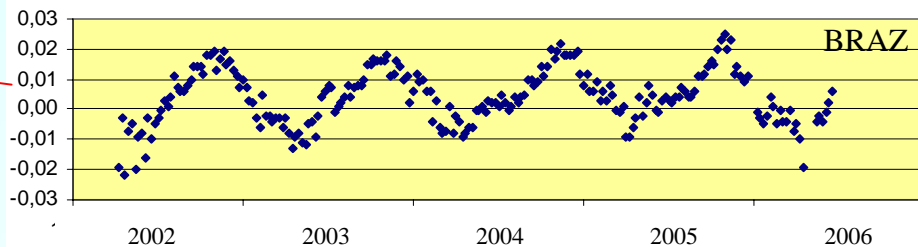
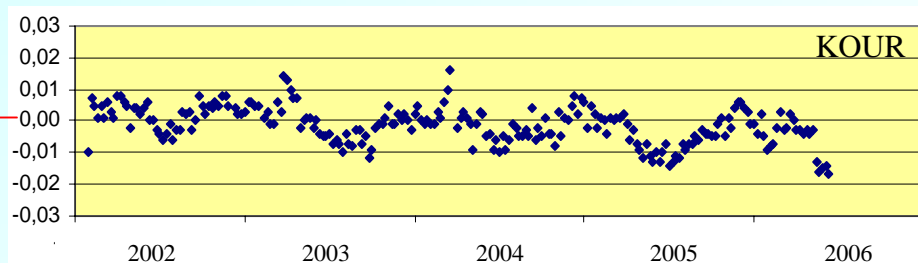
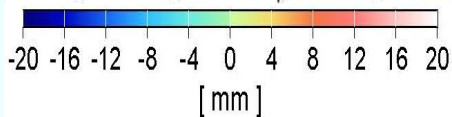
Geoide
Abril 2003



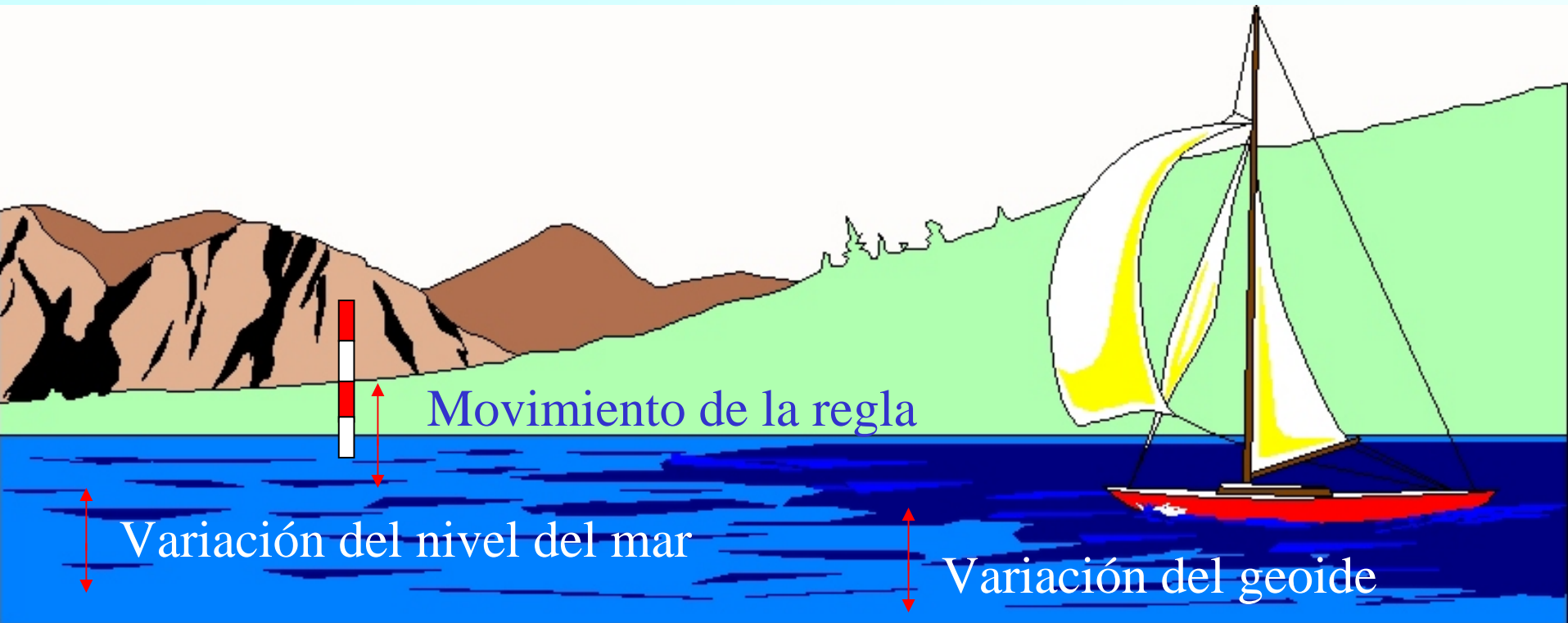
Geoide
Sept. 2003



Efectos por
las órbitas
satelitales?



Causas de las variaciones de los registros mareográficos



Consecuencias:

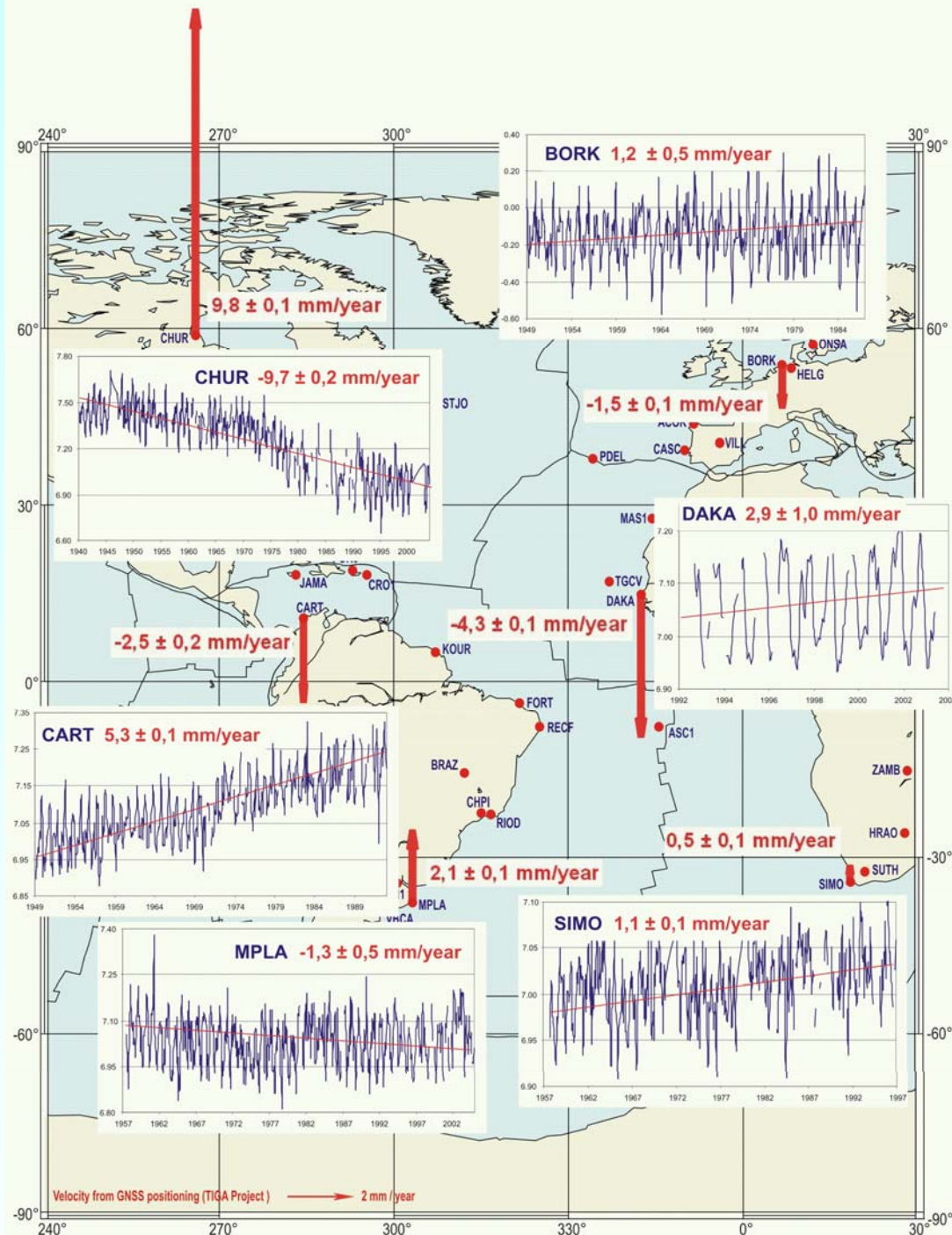
- Control de los movimientos verticales de los mareógrafos por GNSS
- Determinación de variaciones del geoide por métodos gravimétricos

Variación del nivel del mar incluyendo el control vertical GPS

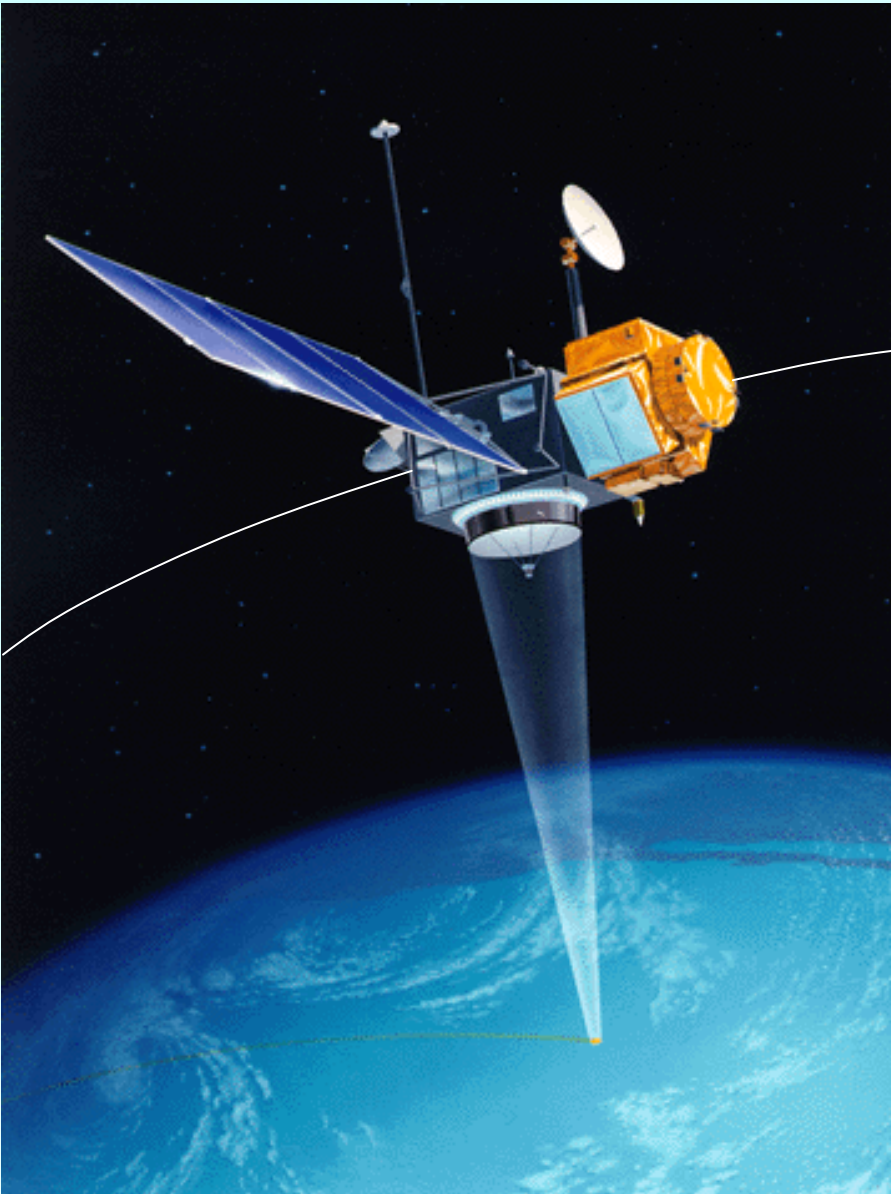
La variación es la suma del movimiento del mar y del mareógrafo:

BORK $1.2 - 1.5 = -0.3$ mm/a
 CHUR $-9.7 + 9.8 = 0.1$ mm/a
 DAKA $2.9 - 4.3 = -1.4$ mm/a
 CART $5.3 - 2.5 = 2.8$ mm/a
 SIMO $1.1 + 0.5 = 1.6$ mm/a
 MPLA $-1.3 + 2.1 = 0.8$ mm/a

Un complemento del control es la altimetría satelital.



4. Control de la *superficie oceánica* por altimetría



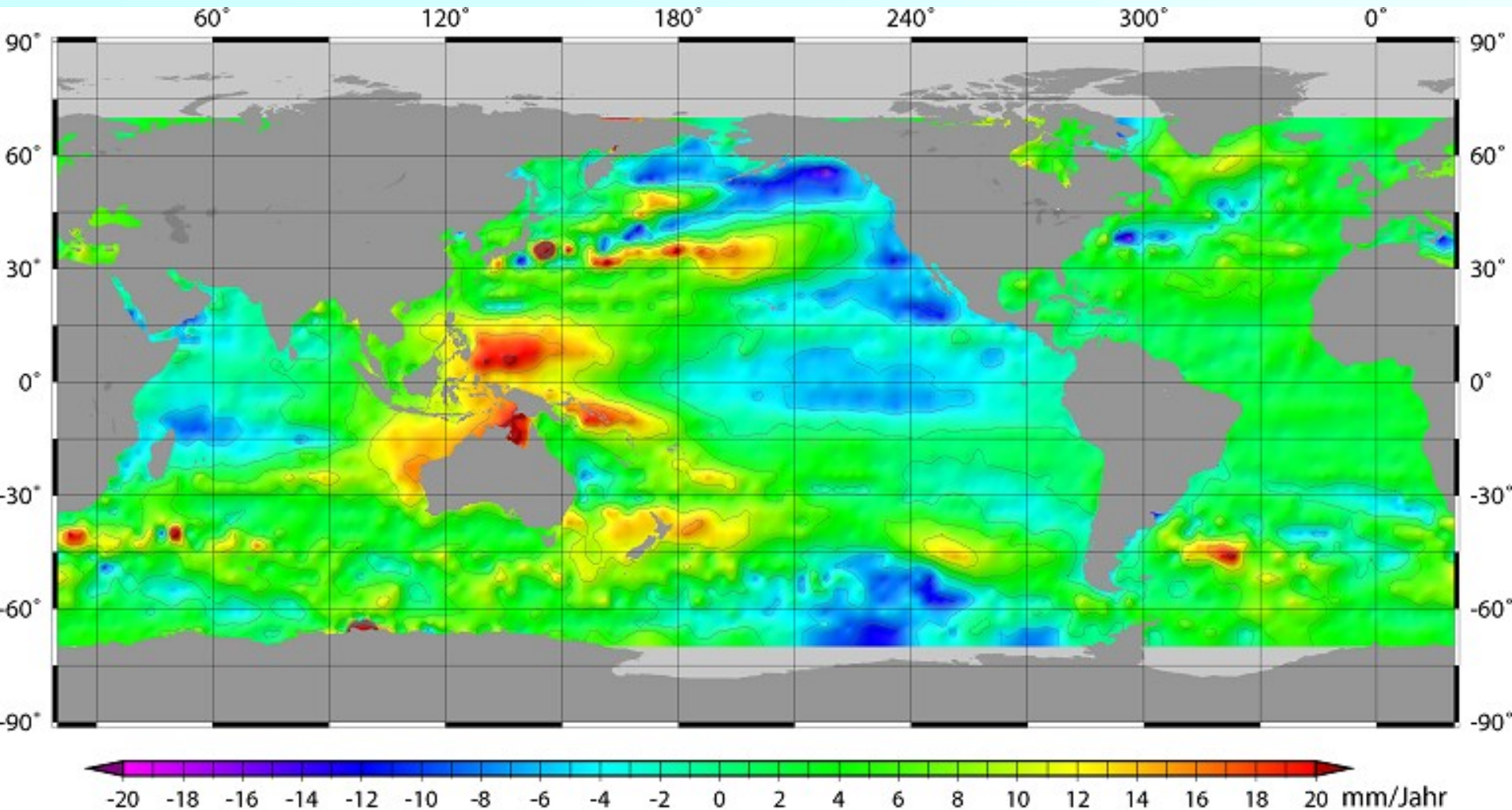
La altimetría por satélites mide la distancia entre un satélite y la superficie del mar por radar.

Misiones actuales son:

- GFO
- TOPEX/Poseidon
- Jason 1
- ENVISAT

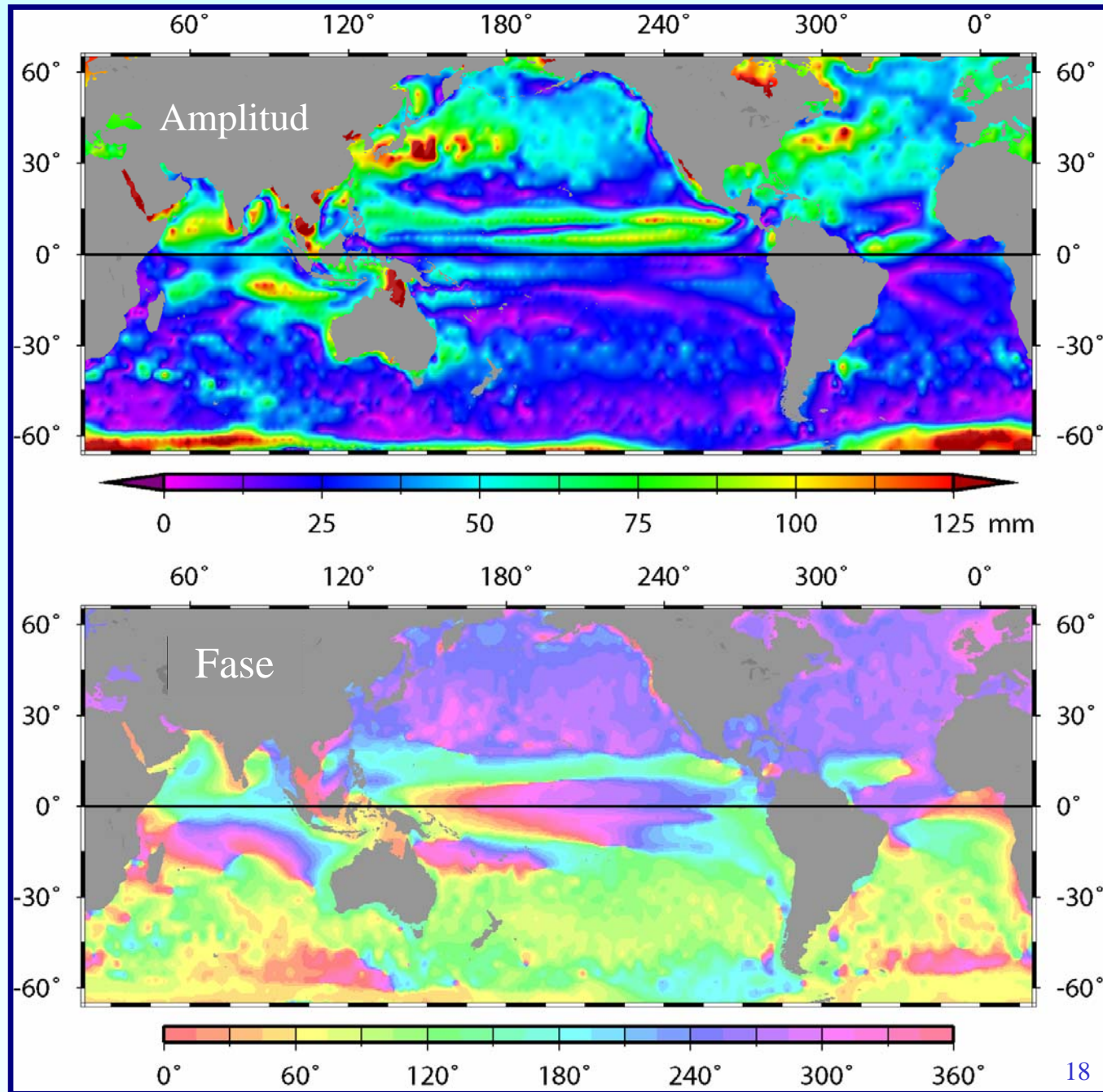
Por combinación de las misiones se obtiene un registro continuo de la variación de la superficie.

Cambio secular de la superficie del mar por altimetría



Además del cambio secular hay cambios temporales

Variación anunal de la superficie del mar medida por altimetría satelital

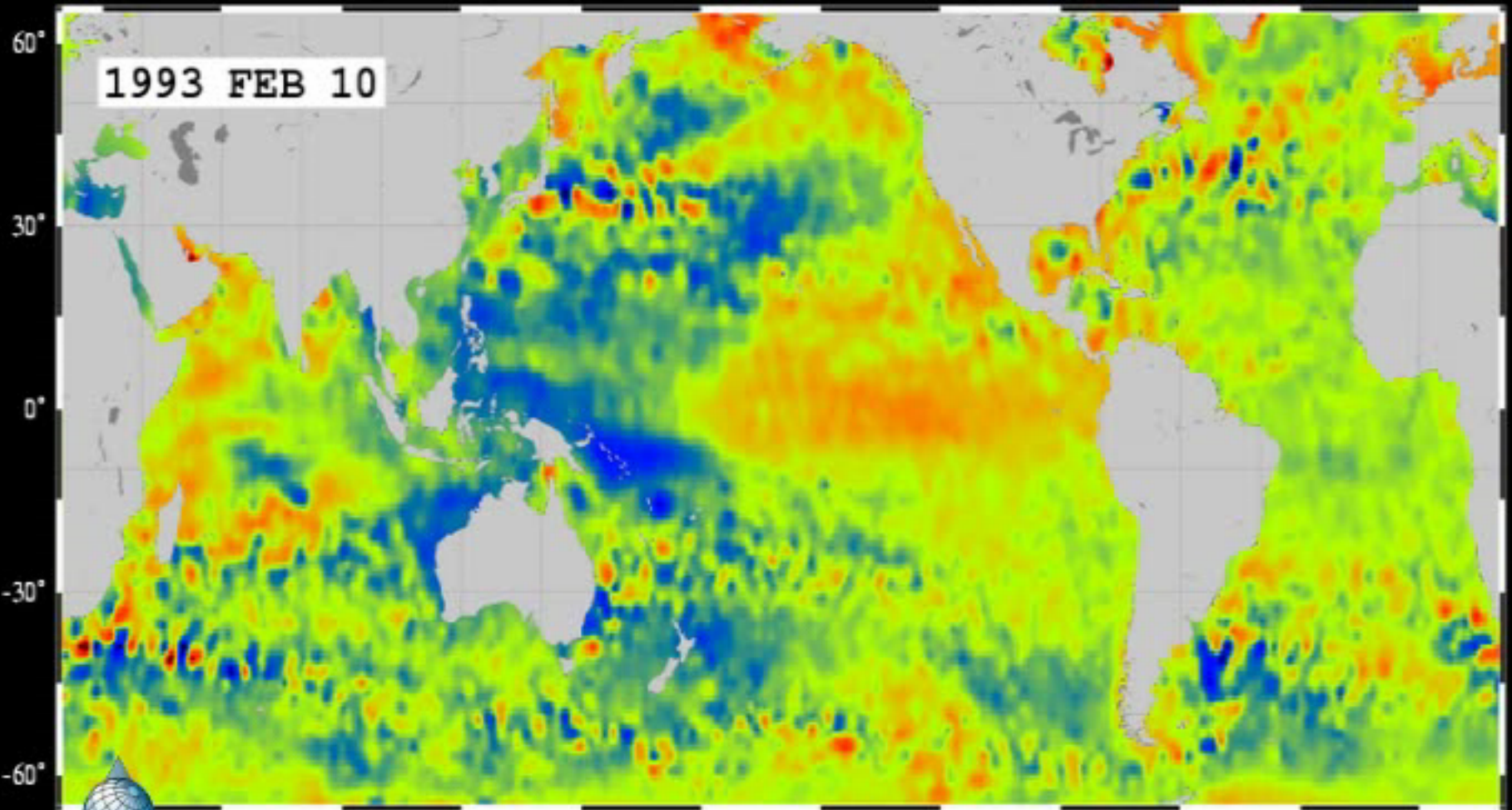


Residual sea level variations (mm)

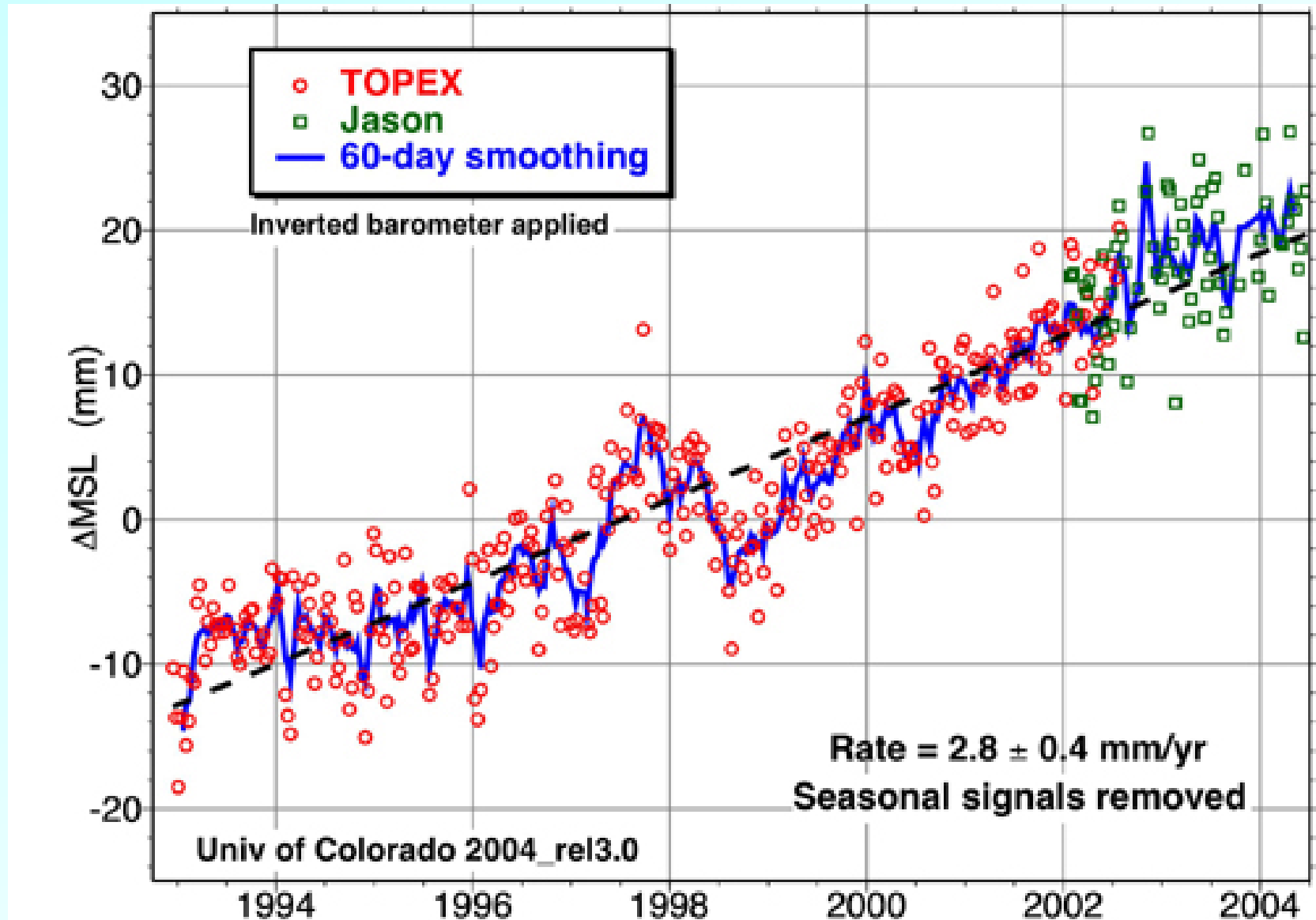
seasonal periodicity and secular drift removed

60° 120° 180° 240° 300° 360°

1993 FEB 10



Cambio secular del nivel medio del mar por altimetría

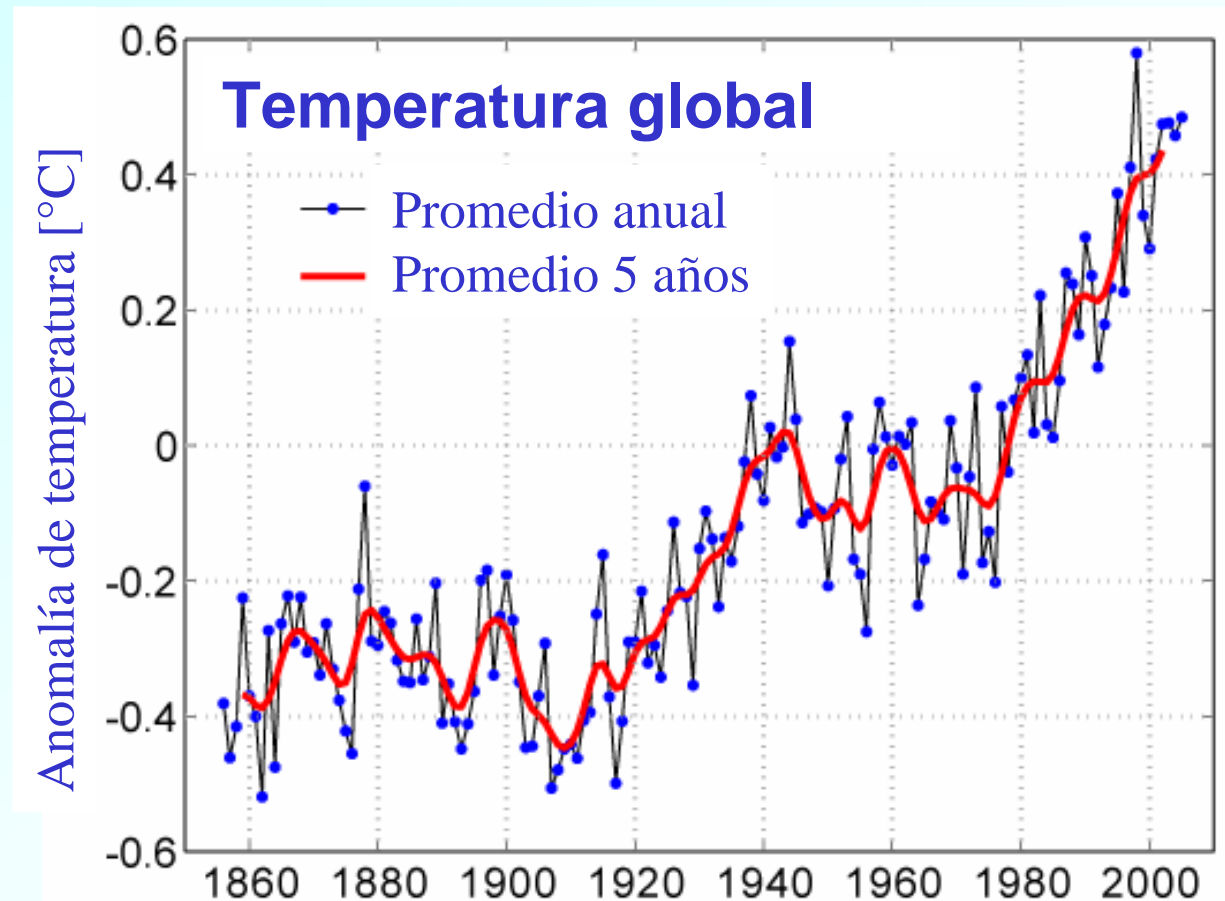


5. Control del calentamiento global de la *atmósfera*

Uno de los efectos del cambio global más discutido es el calentamiento de la atmósfera (efecto invernadero, “greenhouse effect”).

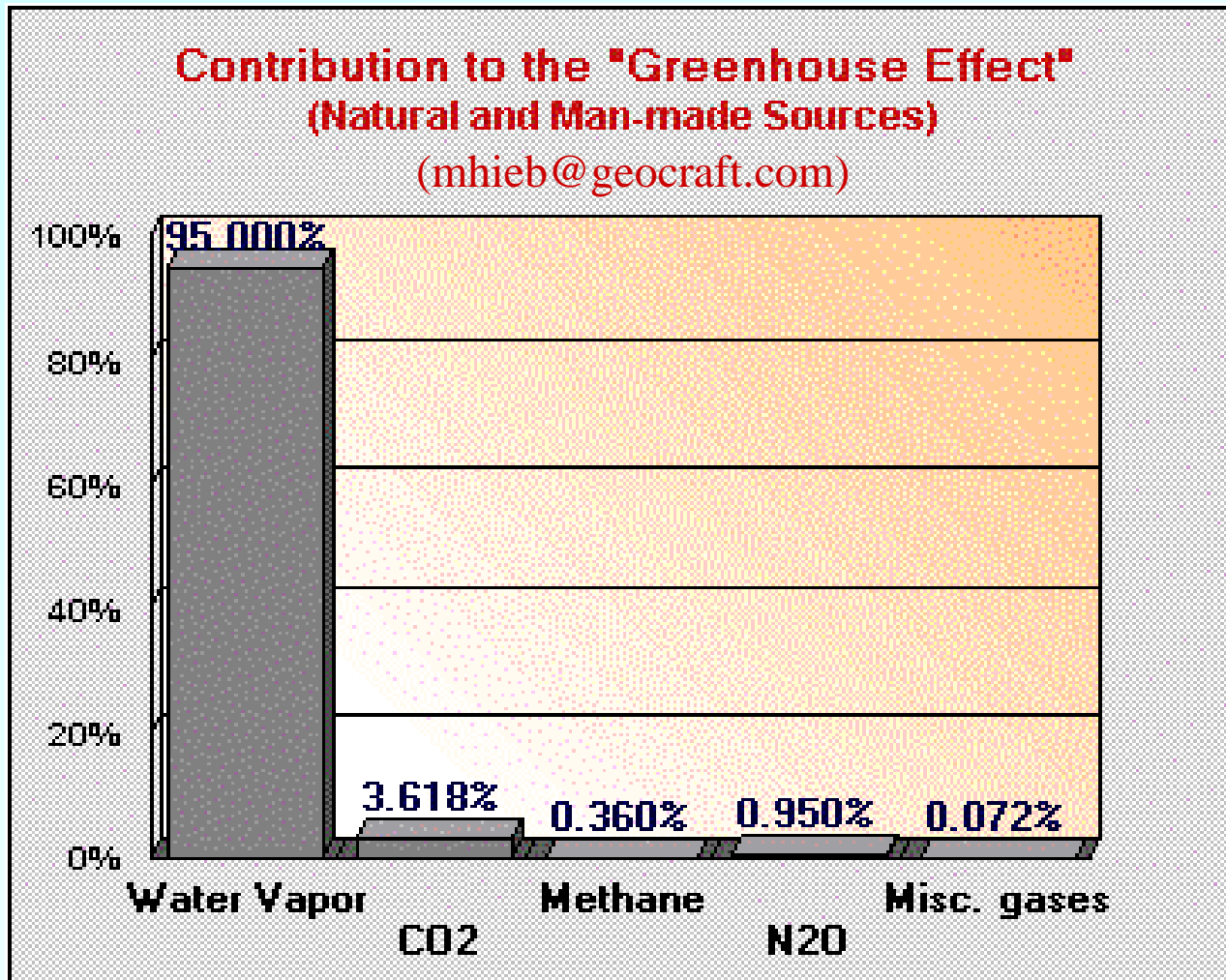
Hay un cambio dramático entre 1910 y 1940, así como desde 1975 hasta el presente en la temperatura global.

Las causas del efecto se discuten con controversia.

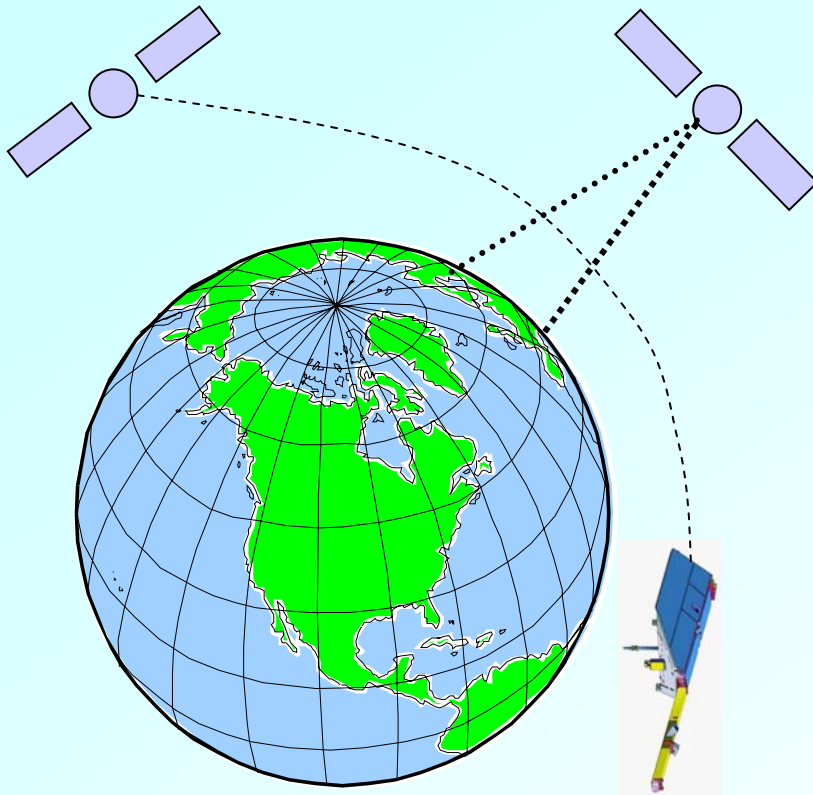


Contribuciones al efecto Greenhouse

95 % se generan por vapor del agua de la atmósfera



Observación geodésica del vapor de agua en la troposfera



1. Sondeo atmosférico por GNSS basado en Tierra: Estimación del vapor de agua por redes terrestres.
2. Sondeo atmosférico por GNSS basado en espacio: Observaciones de la ocultación entre satélites.

<http://www.gfz-potsdam.de>

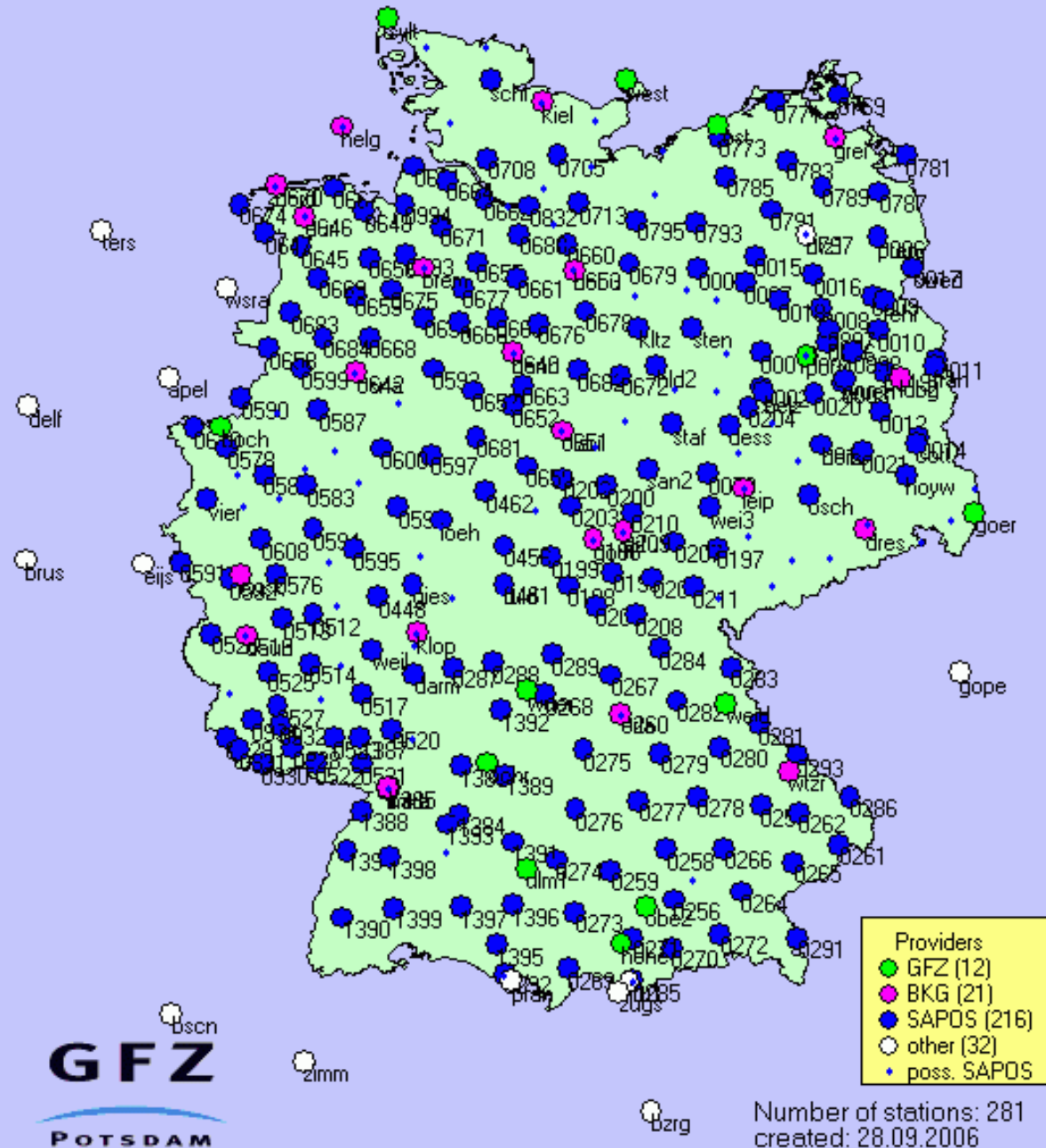
Principio: Medir el retraso de las señales (refractividad) GNSS entre posiciones „conocidas“ en Tierra y satélites.

Sondeo atmosférico

Red de Alemania:

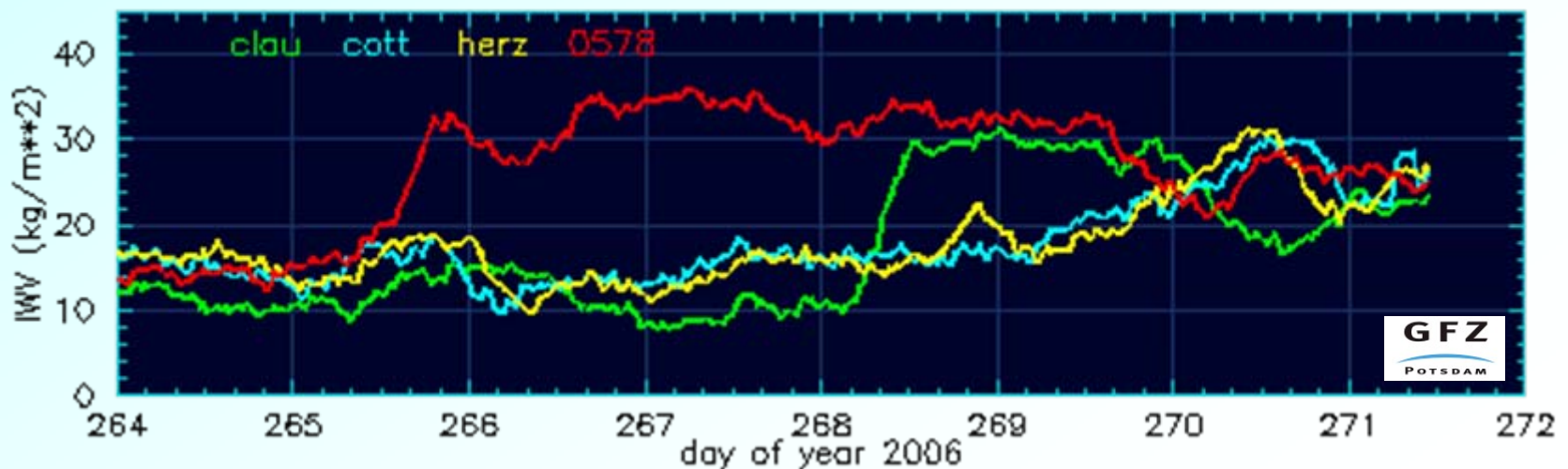
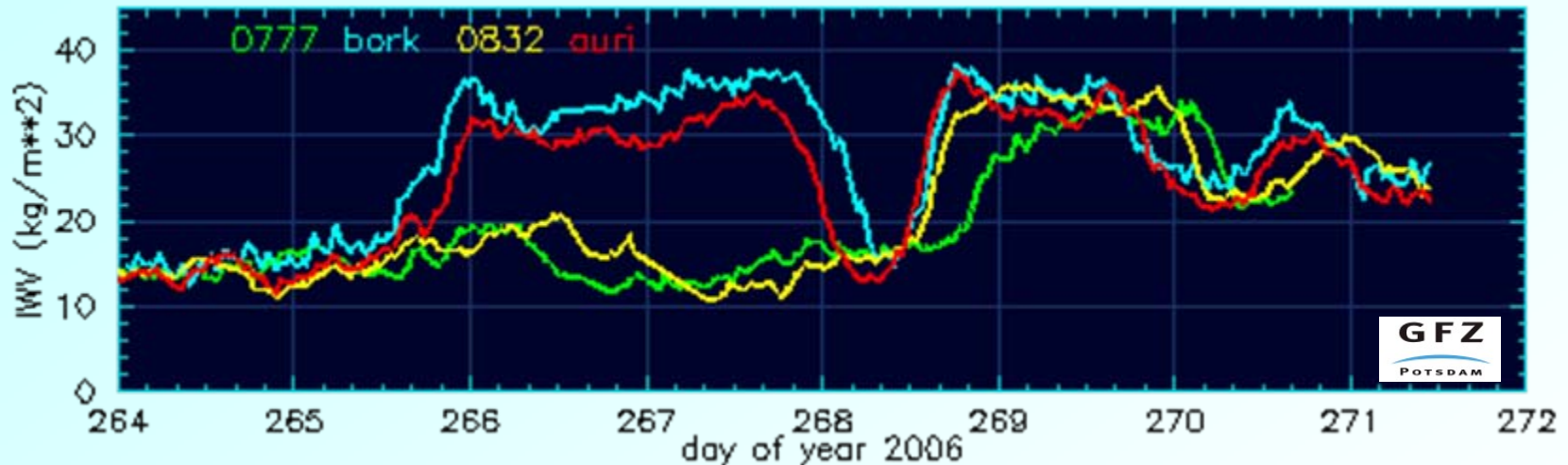
- Satellite Positioning System (SAPOS)[®]
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)
- GeoForschungs-Zentrum Potsdam (GFZ)
- Países vecinos

GASP GPS Network actual Data Providers



Sondeo atmosférico: Series de tiempo de estaciones

Tendencia común en series de tiempo del IWV indica cambio global



El Sistema de Observación Geodésica Global (GGOS) de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG)

La „**International Association of Geodesy (IAG)**“ es una organización dentro de la „**International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)**“.

La misión de IAG es el avance de la geodesia como ciencia de la Tierra, que incluye el estudio de los planetas y sus satélites. Está dividida en cuatro **Comisiones** y doce **Servicios** para investigación fundamental y aplicada, y la generación de productos de soporte para la ciencia y la sociedad.

El „**Global Geodetic Observing System (GGOS)**“ sirve como vitácora de la IAG para coordinar las investigaciones geodésicas y para representar la geodesia en otras ciencias, en la política y en la sociedad en general.

Asociación Internacional de Geodesia (IAG)

Comisiones

1 Reference Frames
Pres.: H. Drewes

2 Gravity Field
Pres.: C. Jekeli

3 Geodynamics
Pres.: V. Dehant

4 Applications
Pres.: C. Rizos

Comité intercomisión

Theory, Pres.: P. Xu

Servicios

IERS
Chopo Ma

IGS
J. Dow

IVS
W. Schlüter

IGFS
R. Forsberg

IGeS
F. Sanso

PSMSL
P.L. Woodworth

ILRS
W. Gurtner

IDS
G. Tavernier

BGI
J.-P. Barriot

ICET
B. Ducarme

BIPM
E.F. Arias

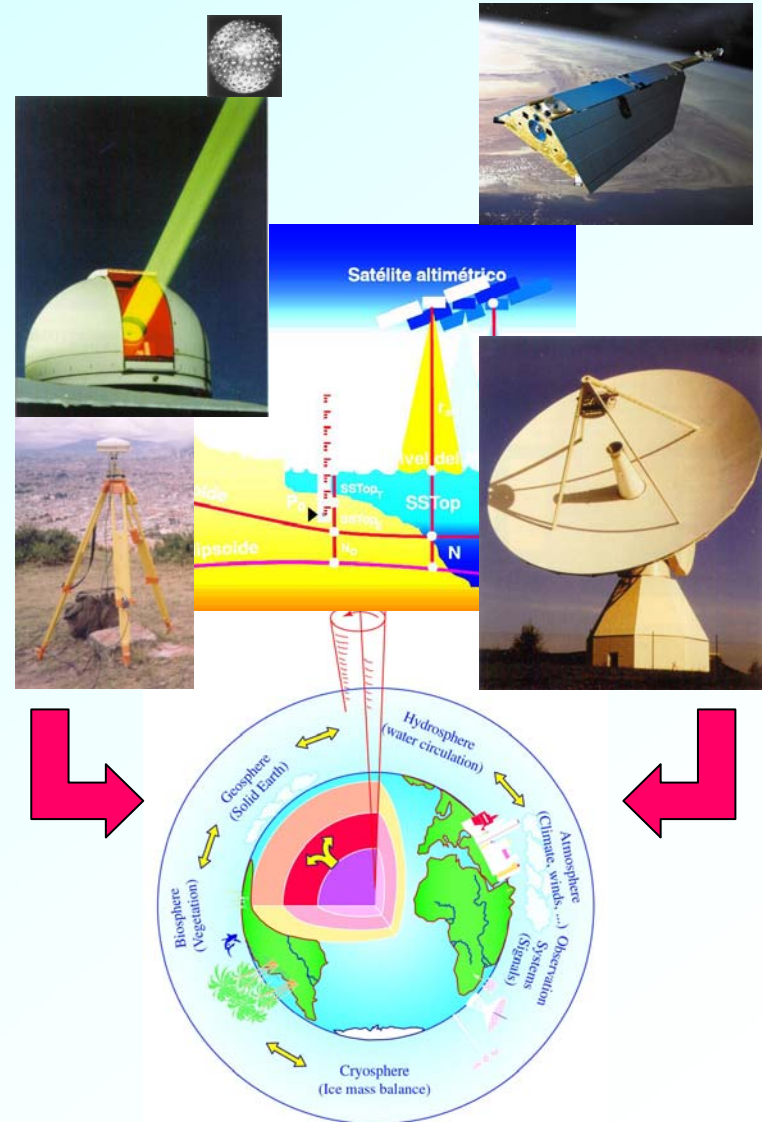
IBS
A. Korth

Sistema de observación global

Global Geodetic Observing System (GGOS), President: M. Rothacher

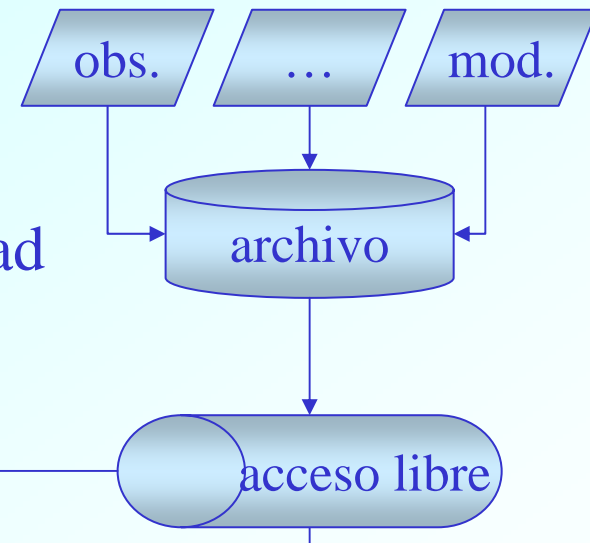
La visión de GGOS

- GGOS integra las diferentes técnicas geodésicas, diferentes modelos y métodos para conseguir consistencia, confiabilidad a largo plazo y mejor entendimiento de los procesos geodinámicos y del cambio global.
- GGOS presenta la base científica e infraestructural para todas las investigaciones del cambio global en las ciencias de la Tierra.



La misión de GGOS

- Recopilar, archivar y garantizar la accesibilidad de observaciones y modelos;
- Proveen productos con exactitud, confiabilidad y consistencia más alta para los usuarios;

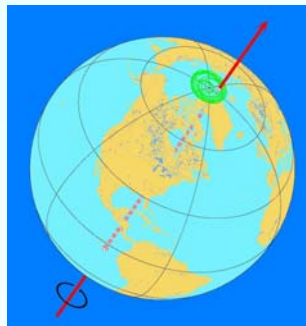


- Asegurar consistencia entre las tres áreas de la geodesia:

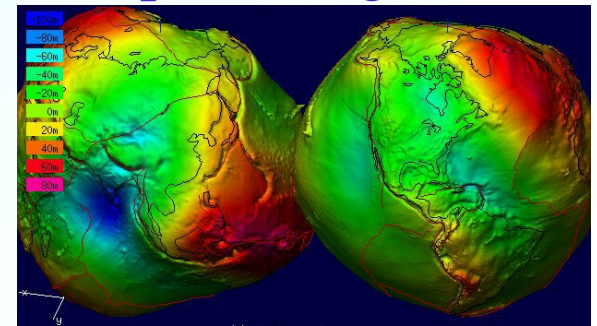
Geometría



Orientación



Campo de la gravedad



La misión de GGOS (2)

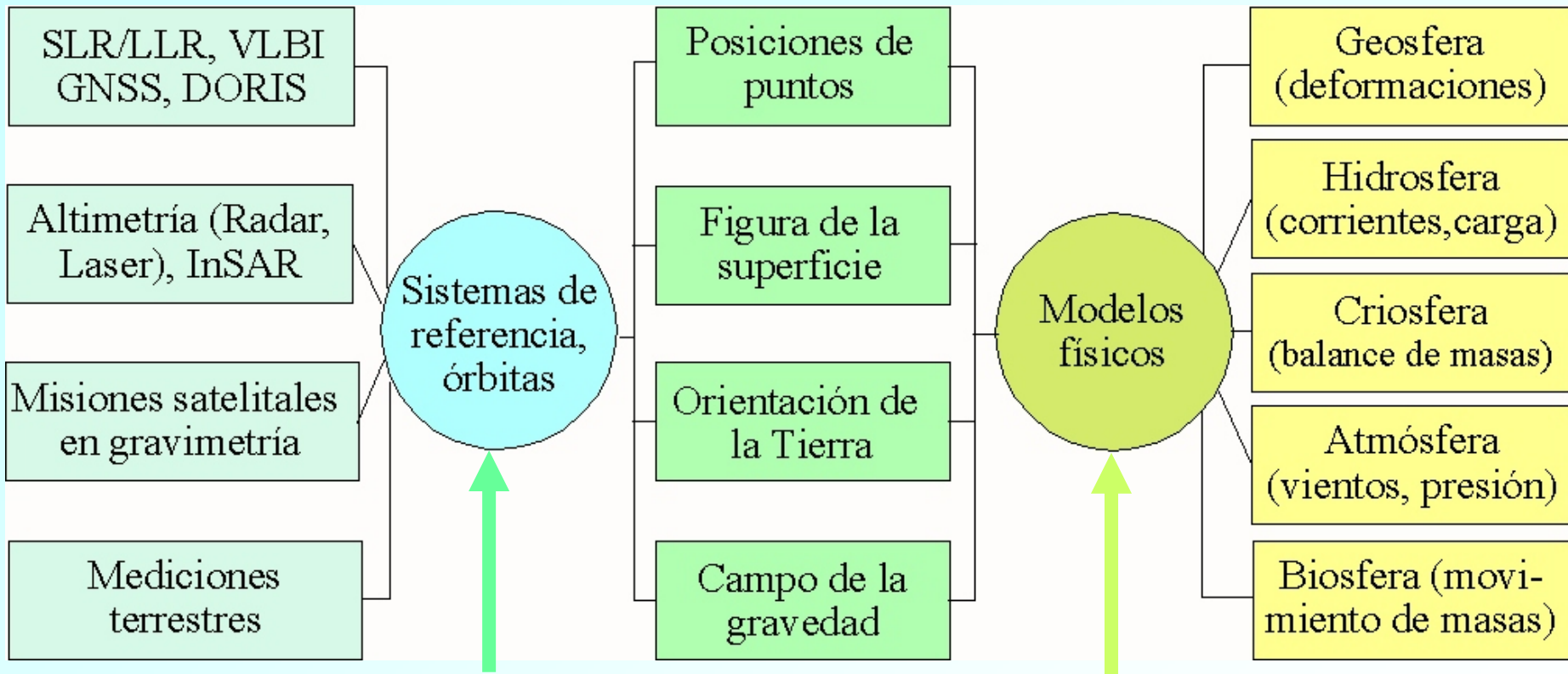
- Promover y mejorar la *visibilidad* de la geodesia:
 - Dar a conocer, que la geodesia provee la base para investigación del espacio, navegación, ingeniería, catastro, infraestructura de datos espaciales, desarrollo rural y urbano, ...
 - Divulgación de información mediante publicaciones populares.
- Alcanzar *beneficio máximo* para la comunidad científica y para la sociedad en general.
 - Intercambio de datos e información con geociencias y otras ciencias en una manera fácilmente entendible;
 - Proveer a políticos y publicistas la información necesaria para sus decisiones y reportes.

Los objetivos de GGOS

1. Coordinación en geodesia

- GGOS se ocupa del mantenimiento de la estabilidad de los *marcos de referencia* geométricos y gravimétricos;
- GGOS asegura la consistencia entre los diferentes *estándares geodésicos* utilizados en la comunidad geocientífica;
- GGOS se ocupa del mejoramiento de los *modelos geodésicos* al nivel requerido por las observaciones;
- GGOS se concentra en todos los aspectos para asegurar la consistencia de *productos* geométricos y gravimétricos;
- GGOS debe identificar *vacíos en los servicios* y desarrollar estrategias de mejoramiento (p.ej., sistema global de alturas).

Los objetivos de GGOS (1)



La consistencia de sistemas de referencia y de modelos físicos es fundamental para generar productos confiables del sistema terrestre.

Los objetivos de GGOS (2)

2. Representación de la geodesia en cuerpos internacionales

- GGOS fue establecido como partner oficial en la „**Integrated Global Observing Strategy (IGOS)**“ de Naciones Unidas (UN).
 - IGOS es un *proceso de planificación estratégica*, que conecta investigación, control a largo plazo y programas operacionales. Incluye las entidades CEOS, WCRP, IGFA-GC, G3OS.
- IAG se convirtió en una organización participante del grupo inter-gubernamental „**Group on Earth Observations (GEO)**“.
 - GEO fue establecido por una declaración de 33 naciones mas EC durante el „Earth Observation Summit“, Washington, DC, 2003.
 - Significa el compromiso de ir hacia el desarrollo de un sistema completo y sostenible de observación de la Tierra.

Los fundamentos científicos de GGOS

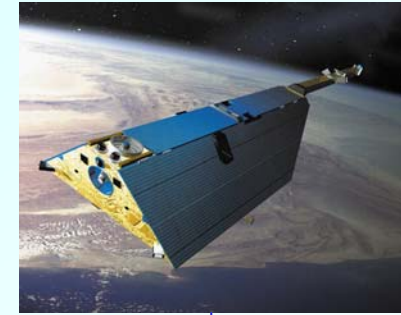
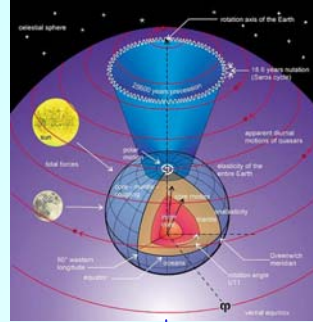
GGOS tiene el *tema central*

“Deformación y procesos de intercambio de masas en el Sistema Tierra“

que incluye todas las actividades de GGOS en el futuro:

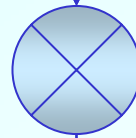
- Efectos globales causados por la geodinámica; cuantificación del intercambio de momentos angulares y balance de masas;
- Imagen global de cualquier deformación causada por procesos geodinámicos y por el hombre en tierra, cobertura de hielo y del nivel del mar, en particular por el transporte de masas entre la Tierra sólida, la atmósfera y la hidrosfera.

Geodesia en la investigación del Sistema de la Tierra



Geometría (posicionamiento), rotación terrestre, campo de la gravedad

Un solo sistema de referencia

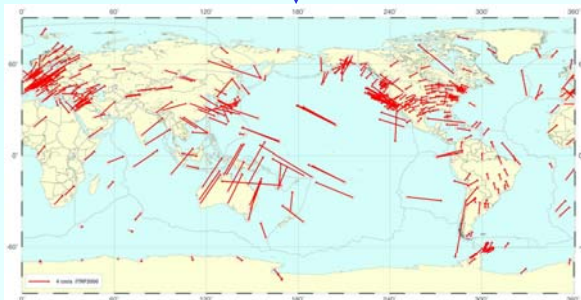


Un solo modelo físico

Tierra sólida

Atmósfera

Hidrosfera



Estructura de GGOS



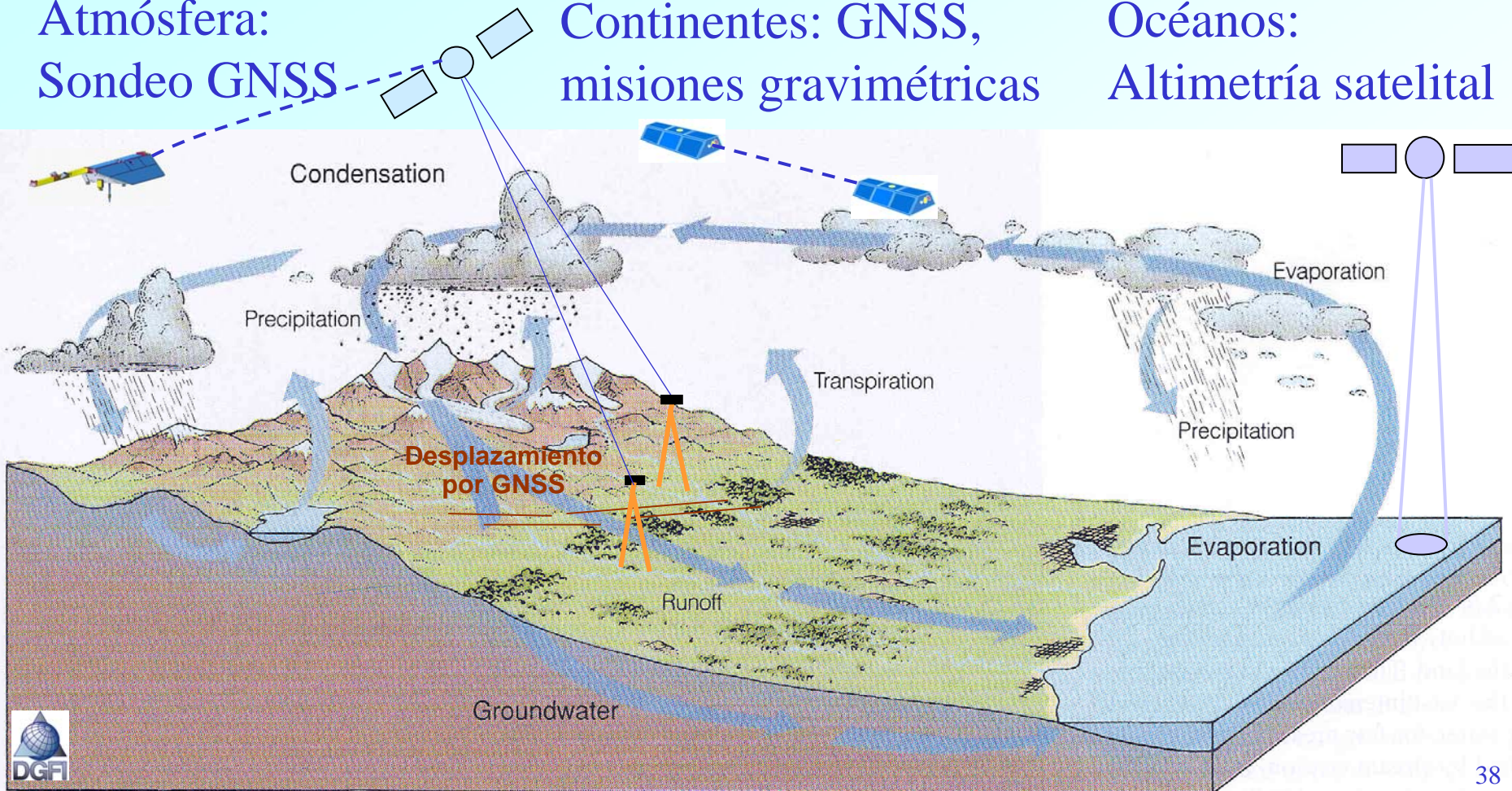
Conclusiones

La geodesia es capaz de medir efectos de los procesos geodinámicos y del cambio global, incluyendo el ciclo completo del agua.

Atmósfera:
Sondeo GNSS

Continentes: GNSS,
misiones gravimétricas

Océanos:
Altimetría satelital



Conclusiones (continuación)

- Las señales para medir son muy pequeñas. Por eso se requiere precisión más alta en mediciones, procesamiento y análisis.
- Para la estimación de parámetros y la representación del cambio global confiable se necesita la combinación de todos los tipos de mediciones, geométricas y gravimétricas, y modelos físicos consistentes e integrados.
- IAG estableció el Sistema de Observación Geodésica Global (GGOS) con este propósito.
- GGOS debe, internamente en la geodesia, coordinar los métodos y garantizar la exactitud y confiabilidad de los productos.
- GGOS debe, externamente para las ciencias y la sociedad, presentar resultados que ayuden a la toma de decisiones adecuadas.



¡Gracias!