

ENCUENTRO

Tecnologías del posicionamiento espacial: Del GPS a Galileo.  
Universidad Internacional Menéndez Pelayo

# Aplicaciones de lo sistemas GNSS en Geodinámica

Dr. Alberto Fernández Ros.

Laboratorio de Astronomía, Geodesia y Cartografía.  
Departamento de Matemáticas.  
Universidad de Cádiz.

# GNSS y Geodinámica

- ¿Qué queremos estudiar?
  - Movimientos de la corteza terrestre.
    - Tectónica de placas.
    - Polos de Euler.
  - Deformaciones superficiales regionales.
    - Micro-placas/Fallas.
  - Deformación local.
    - Localización de fuentes de presión en áreas de volcanismo activo.
  - Efecto de los terremotos.

# GNSS y Geodinámica

- ¿Cómo ha evolucionado su estudio?
  - Geodesia Clásica: Trilateraciones.
  - Geodesia Espacial: VLBI, SLR, DORIS,...
  - Sistemas GNSS.

# GNSS y Geodinámica

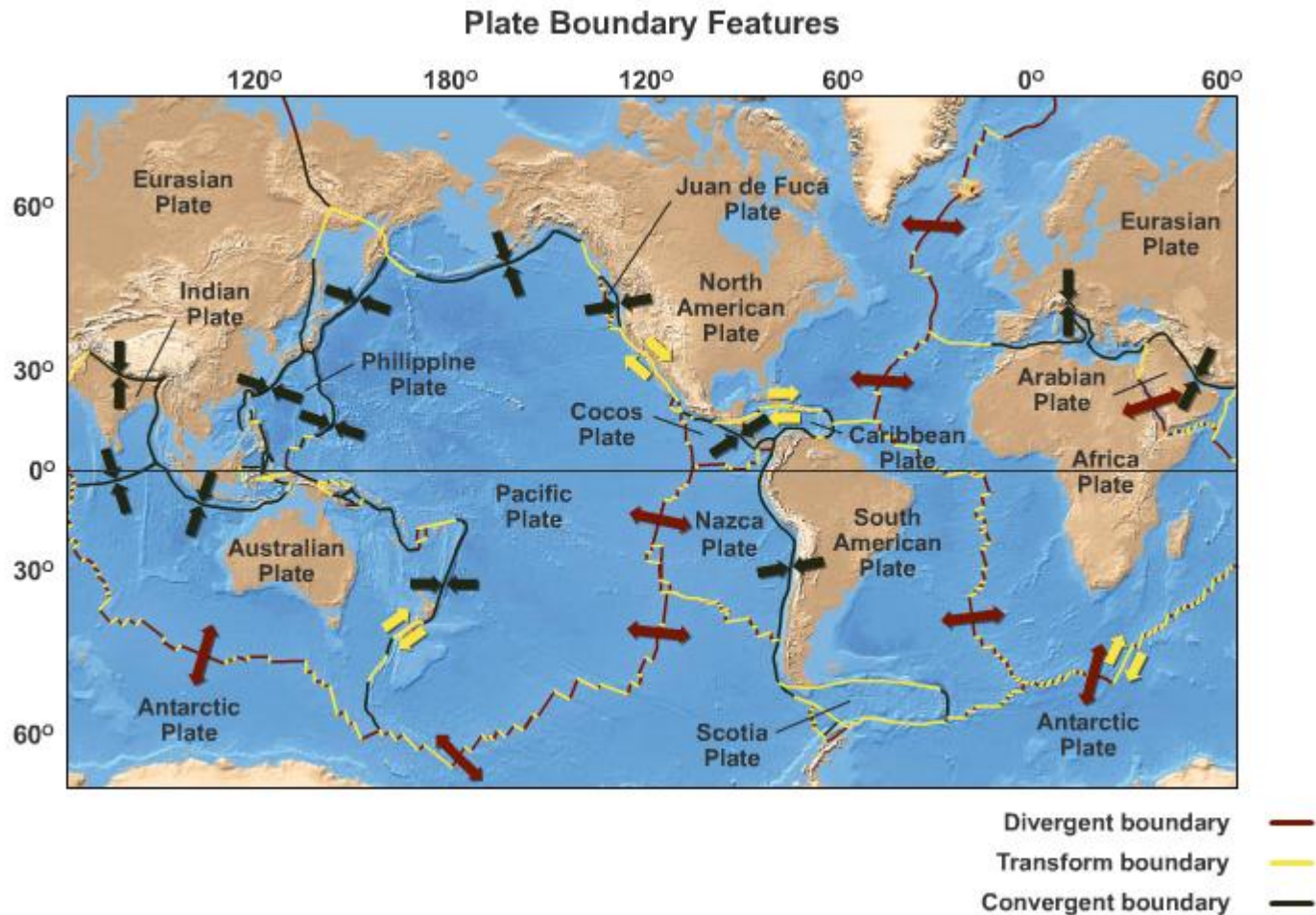
- ¿Dónde vamos a particularizar?
  - Antártida.
    - Shetland del Sur: tectónica regional.
    - Isla Decepción: tectónica local, deformación volcánica.
  - Islas Canarias.
    - Tenerife.
    - Proceso volcánico reciente de la isla de El Hierro.
  - Andalucía.
    - Borde de las Placas EuroAsiática y Africana.

# GNSS y Geodinámica

Evidencias y mecanismos de los movimientos de la corteza terrestre.

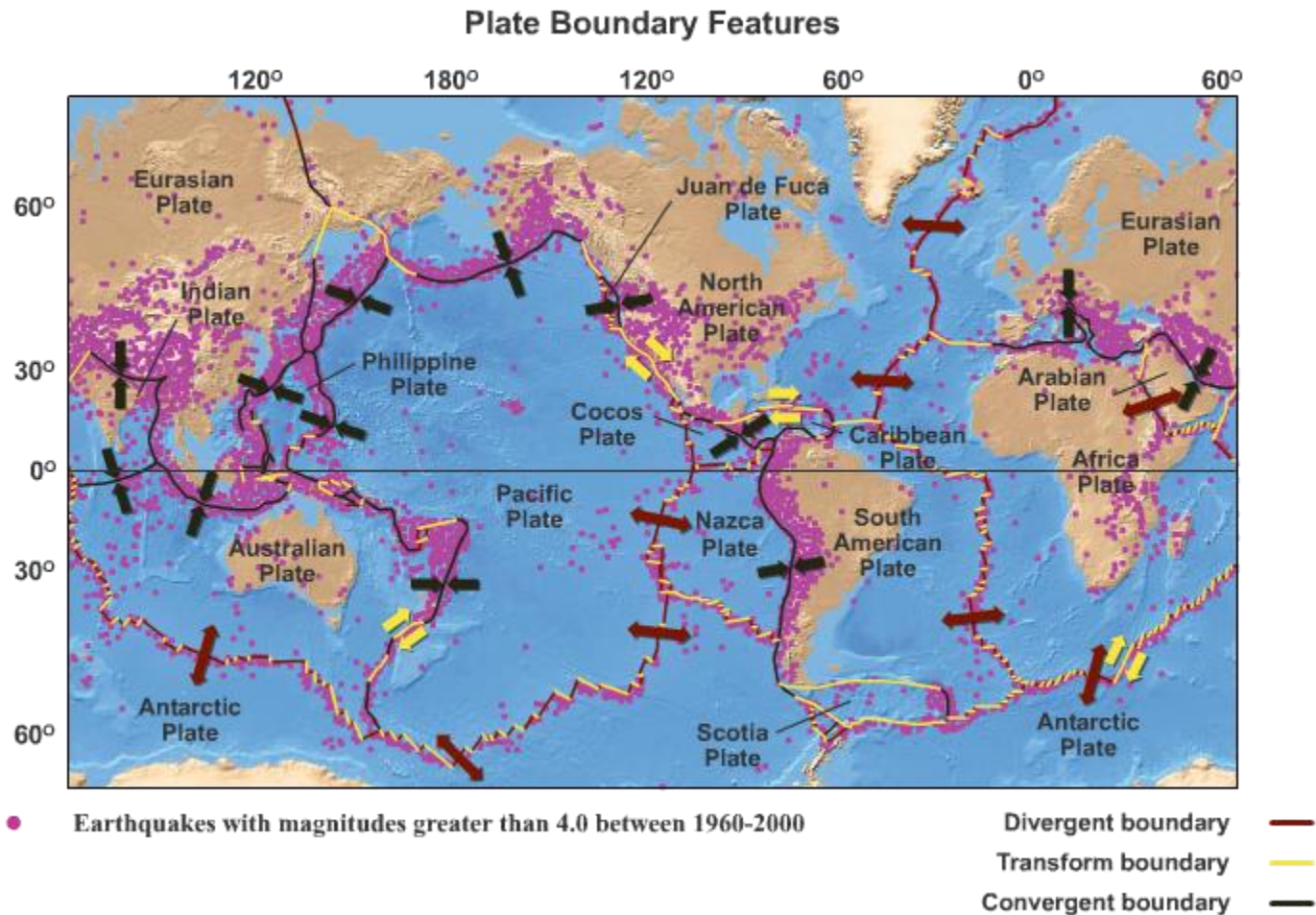
# GNSS y Geodinámica

Evidencias del movimiento de la corteza terrestre



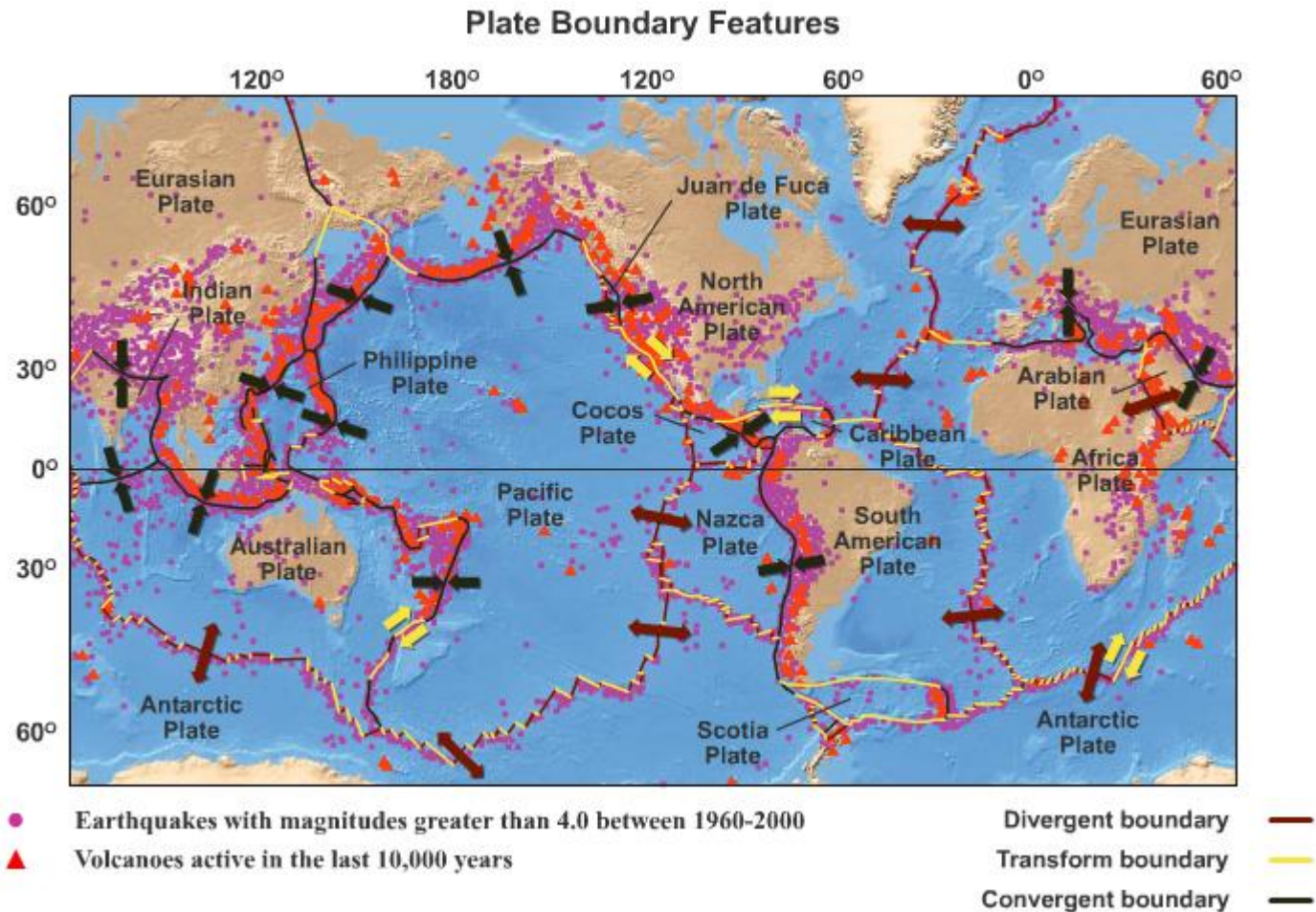
# GNSS y Geodinámica

Evidencias del movimiento de la corteza terrestre



# GNSS y Geodinámica

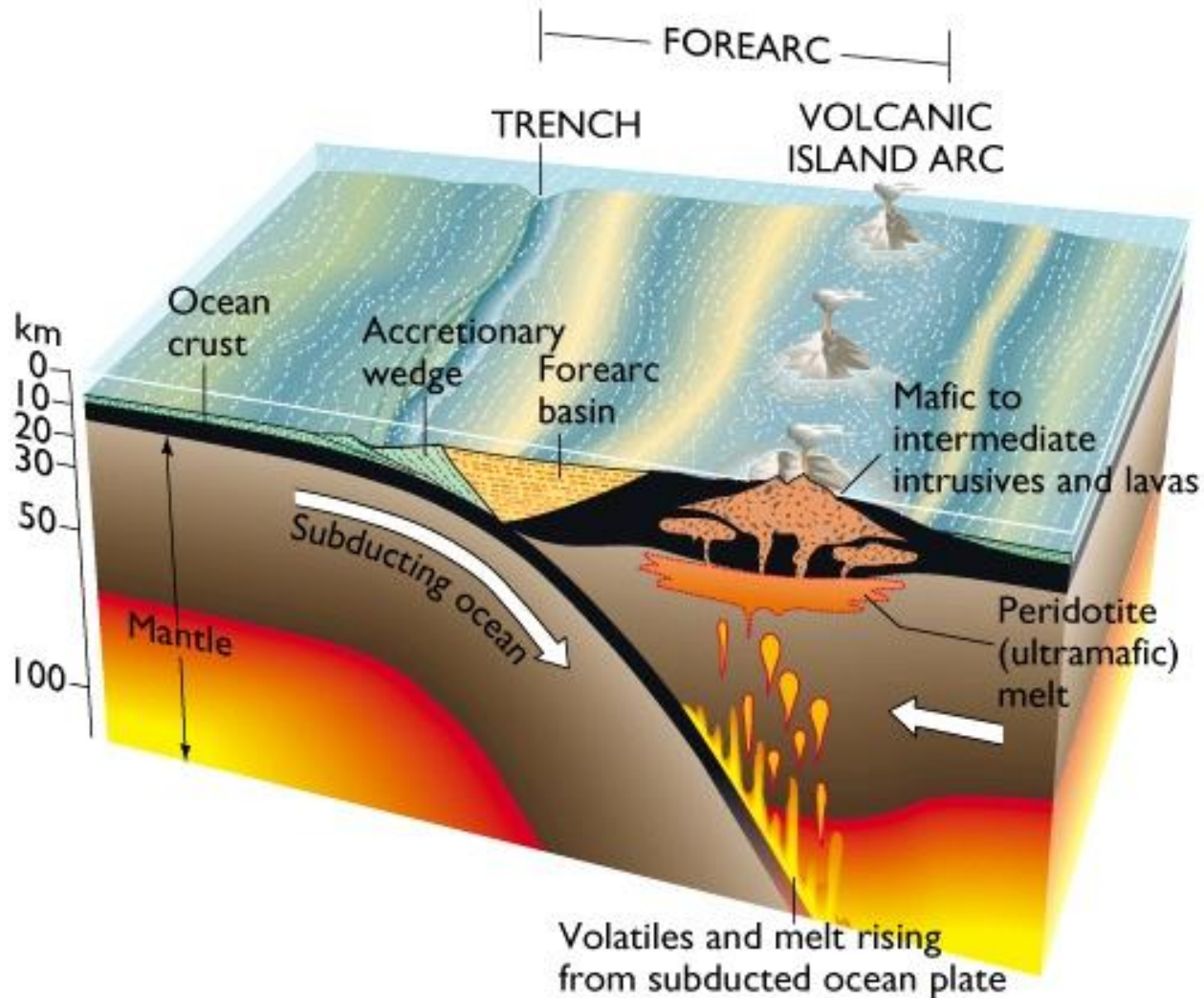
Evidencias del movimiento de la corteza terrestre





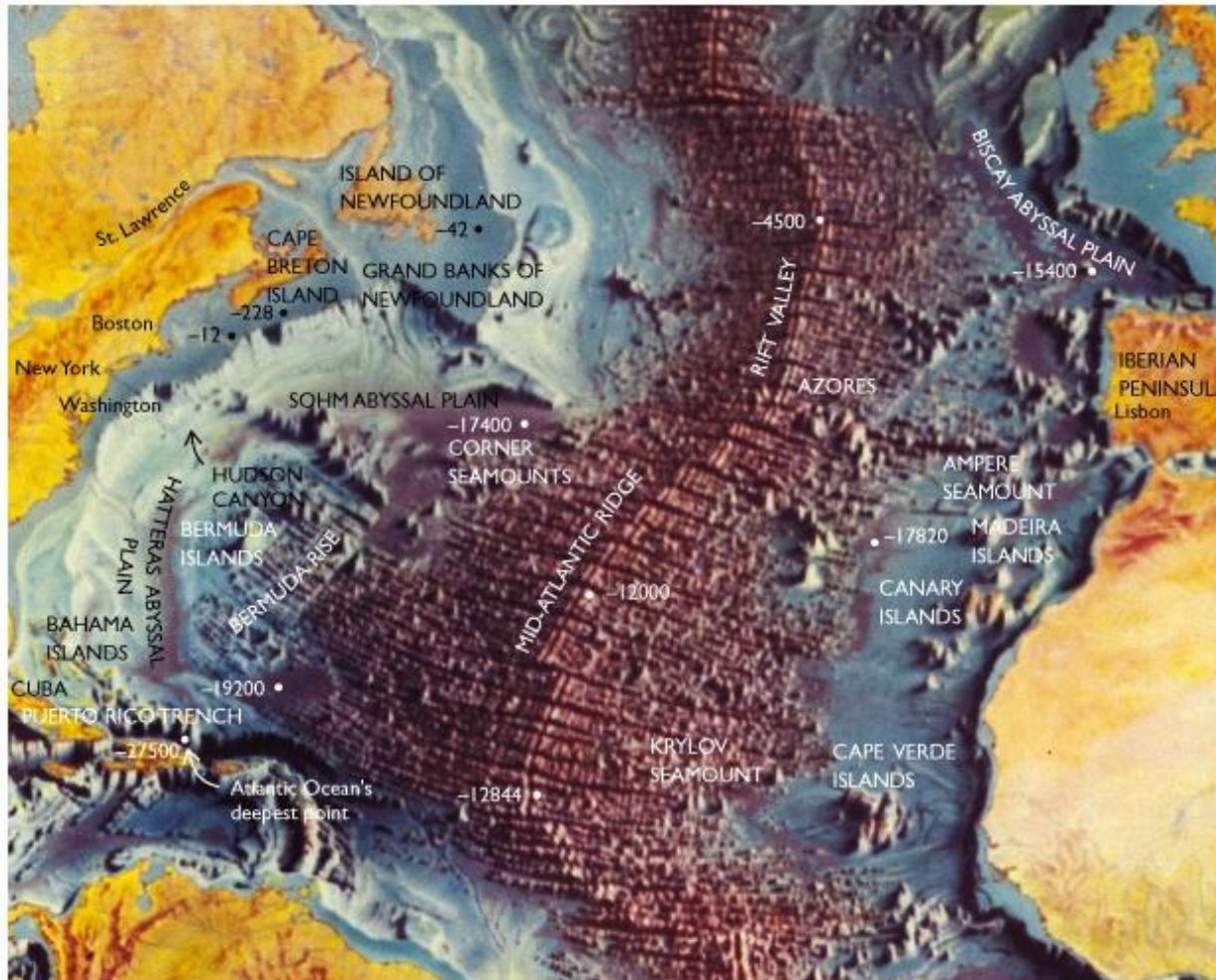
# GNSS y Geodinámica

Evidencias del movimiento de la corteza terrestre



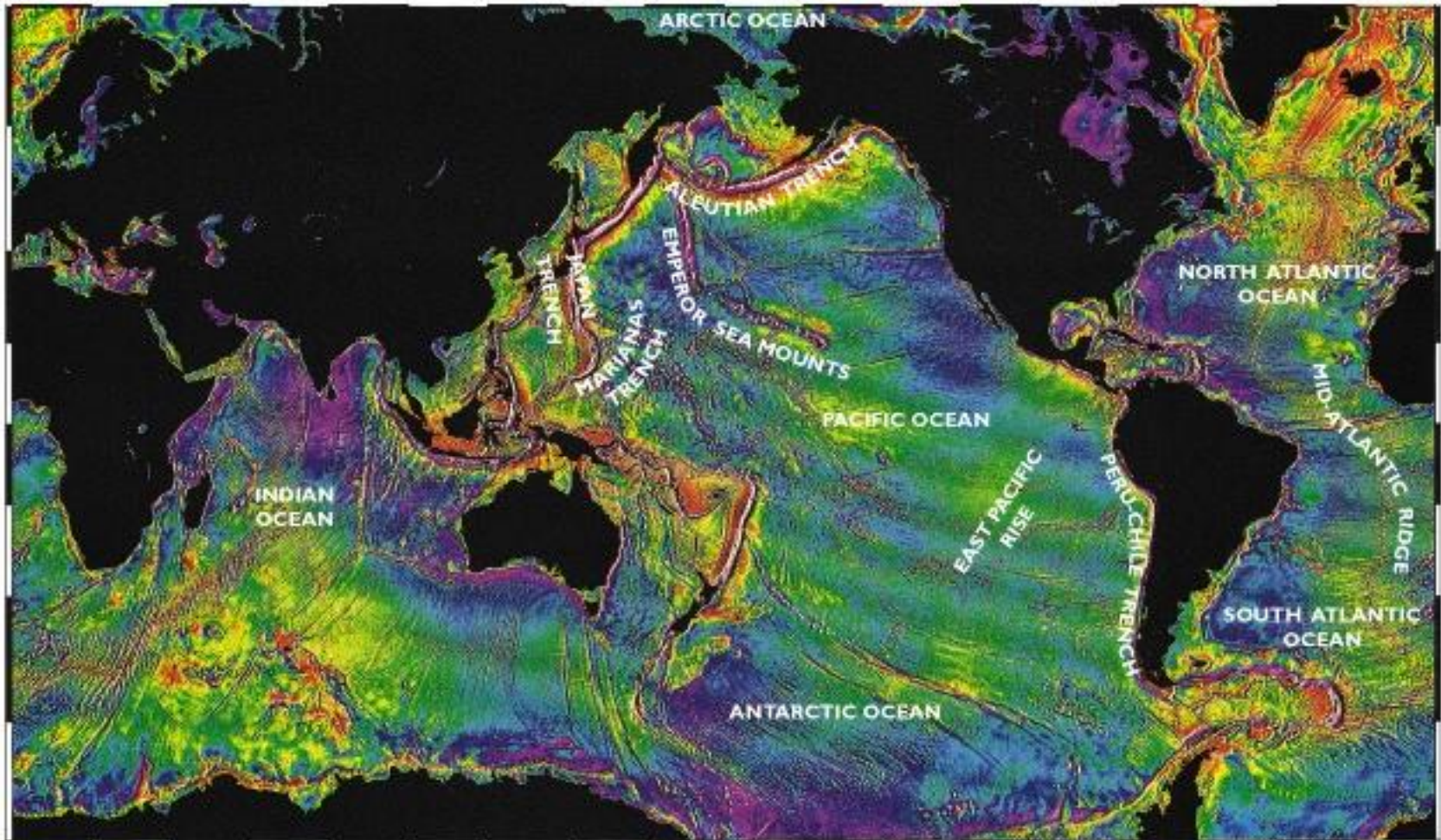
# GNSS y Geodinámica

Evidencias del movimiento de la corteza terrestre  
(*sonar batimétrico*)



# GNSS y Geodinámica

Evidencias del movimiento de la corteza terrestre  
(satélite gravimétrico)



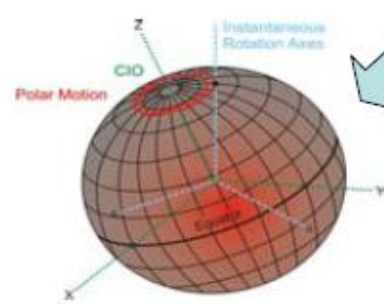
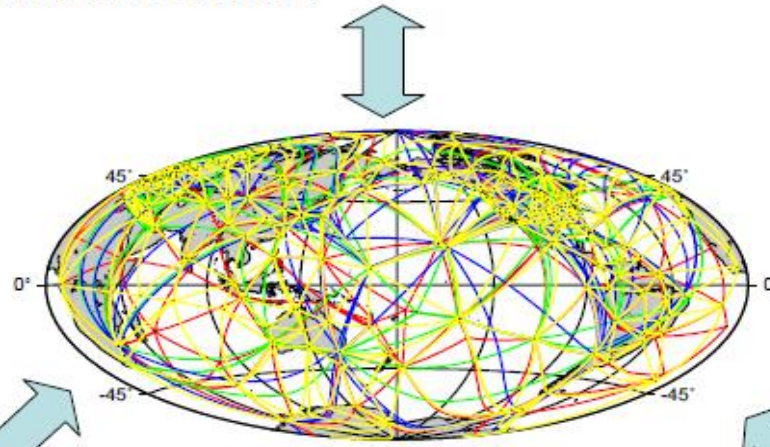
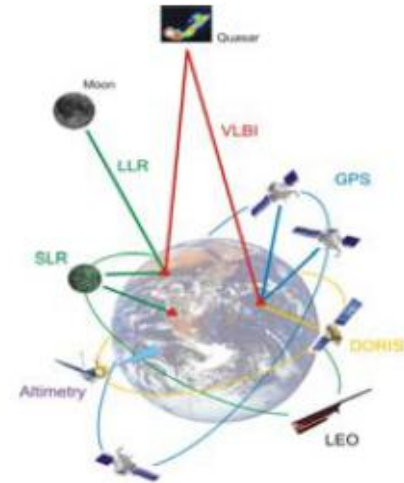
# GNSS y Geodinámica

De la geodesia clásica a la  
geodesia espacial y los sistemas  
GNSS como puente entre  
ambas.

# GNSS y Geodinámica

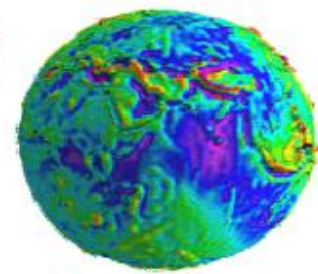
- The “Pillars” of Geodesy

(1) Geometry of the Earth’s Surface(s) and their time variation



(2) Earth Rotation and Polar Motion

**Establecimiento de los marcos de referencia**



(3) The Earth’s Gravity Field and its time variation

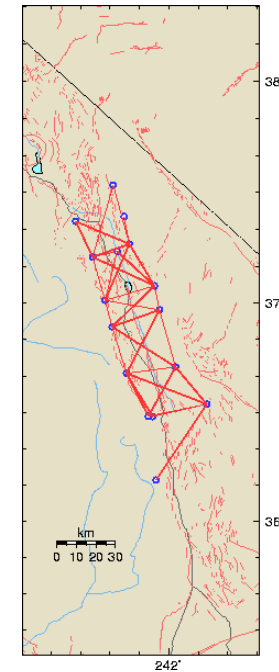
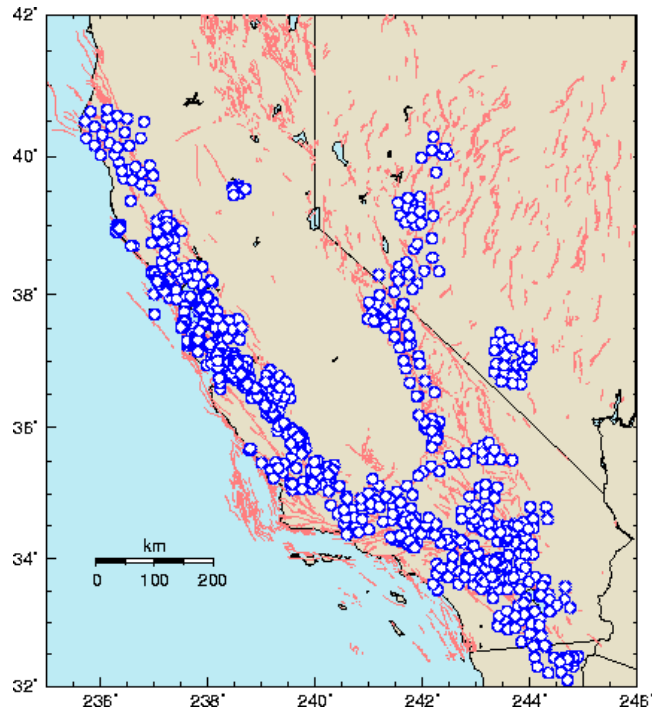
# GNSS y Geodinámica

- Geodesia Clásica: Trilateración



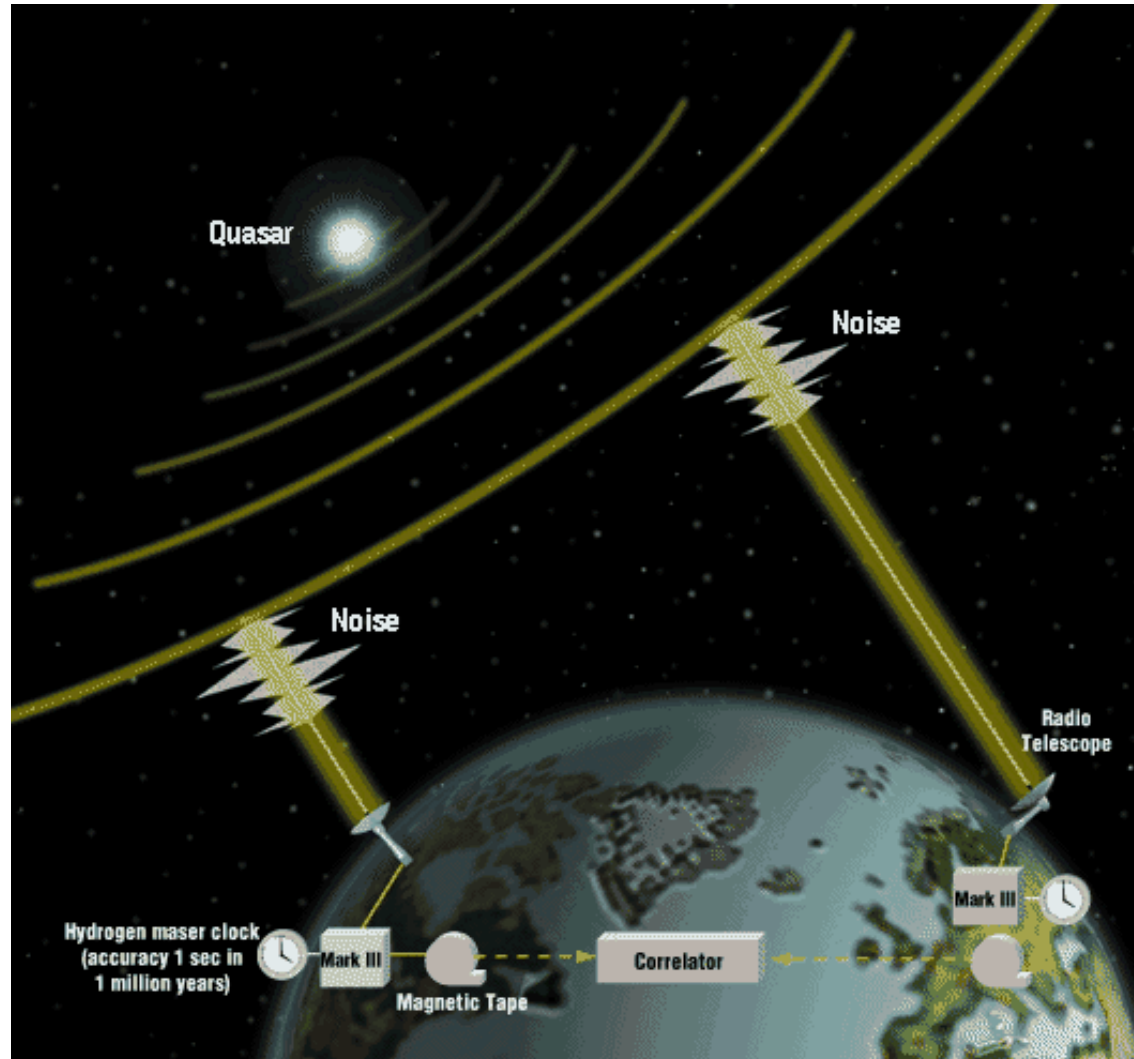
# GNSS y Geodinámica

- Geodesia Clásica: Redes de Trilateración



# GNSS y Geodinámica

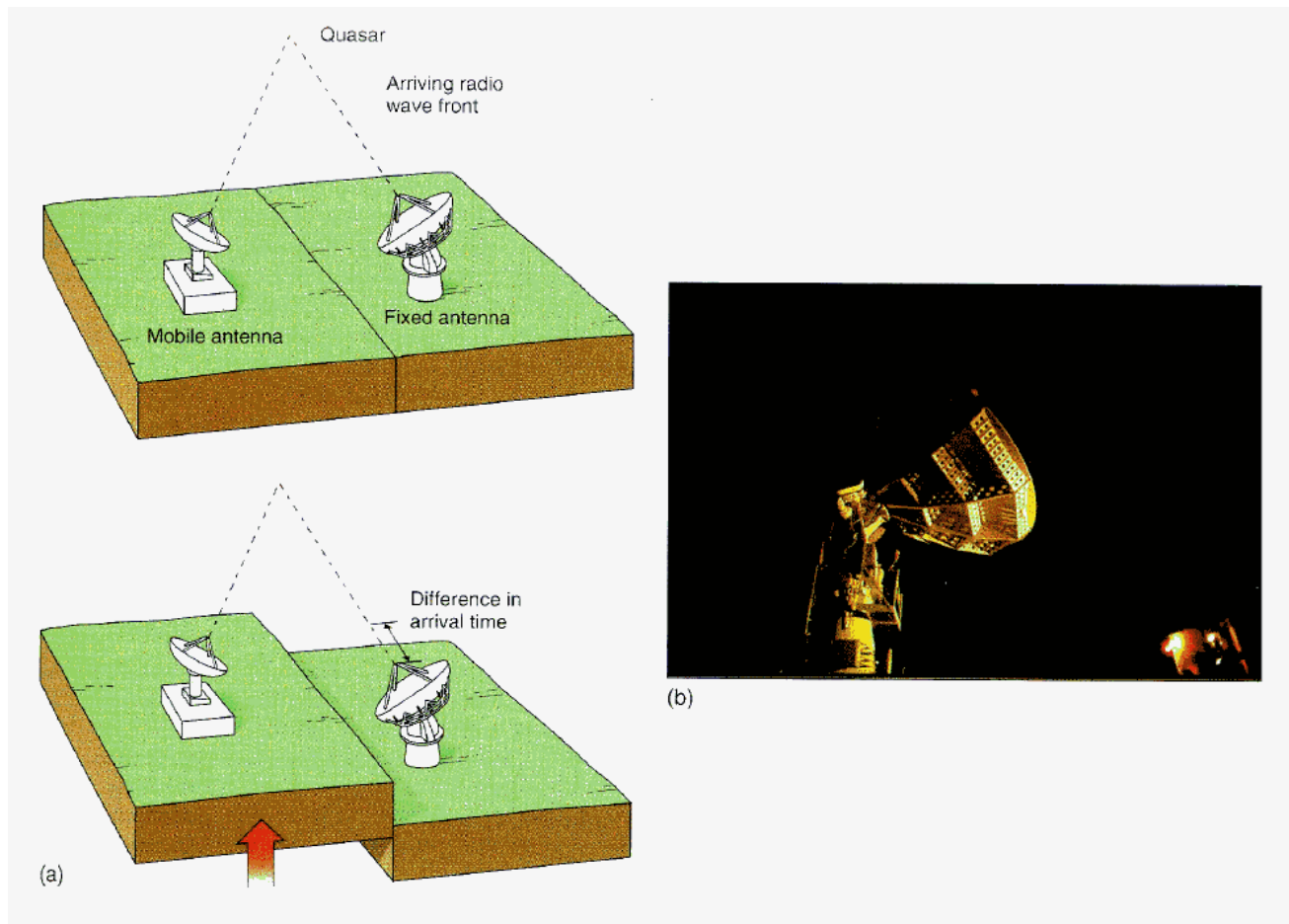
- Geodesia Espacial:  
VLBI  
(Very Long Base Interferometry)





# GNSS y Geodinámica

- Geodesia espacial: VLBI (Very Long Base Interferometry)

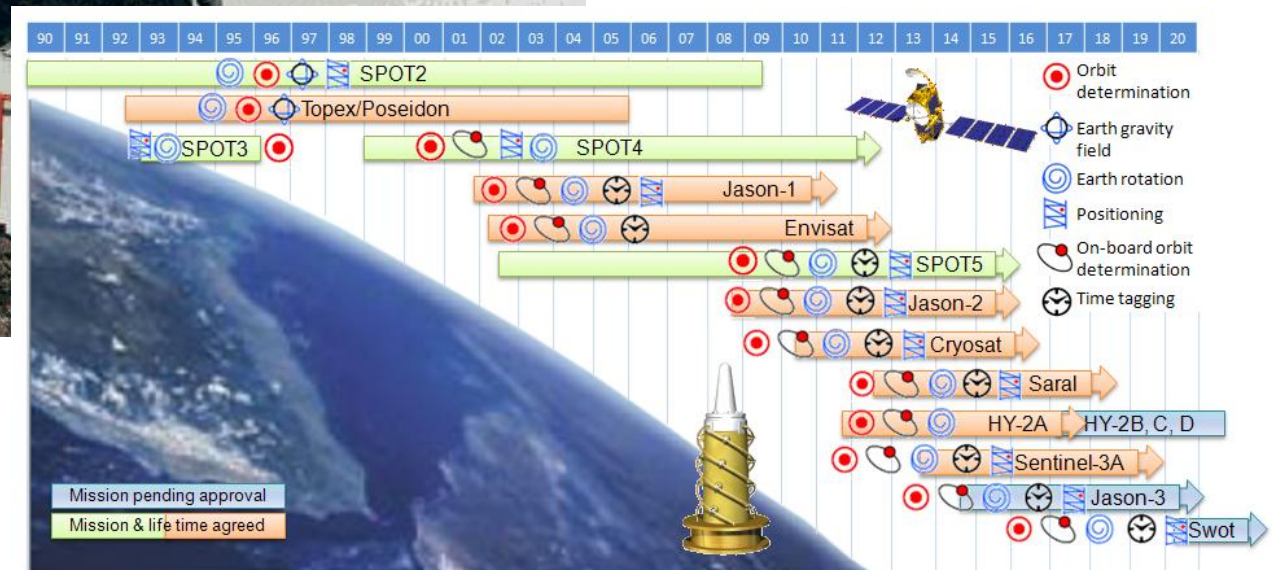


# GNSS y Geodinámica

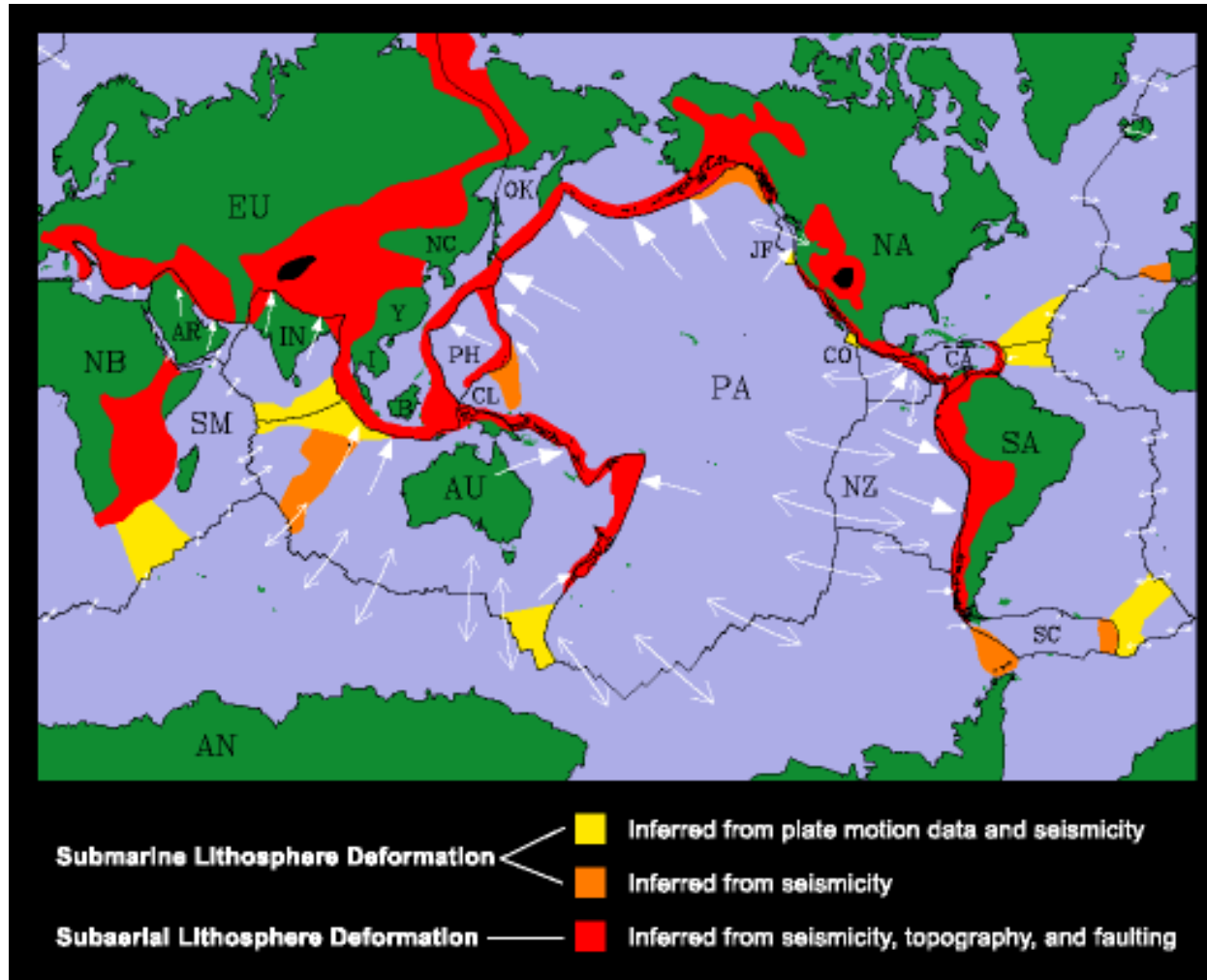
- SLR (Satellite Laser Ranging)



- DORIS



# GNSS y Geodinámica



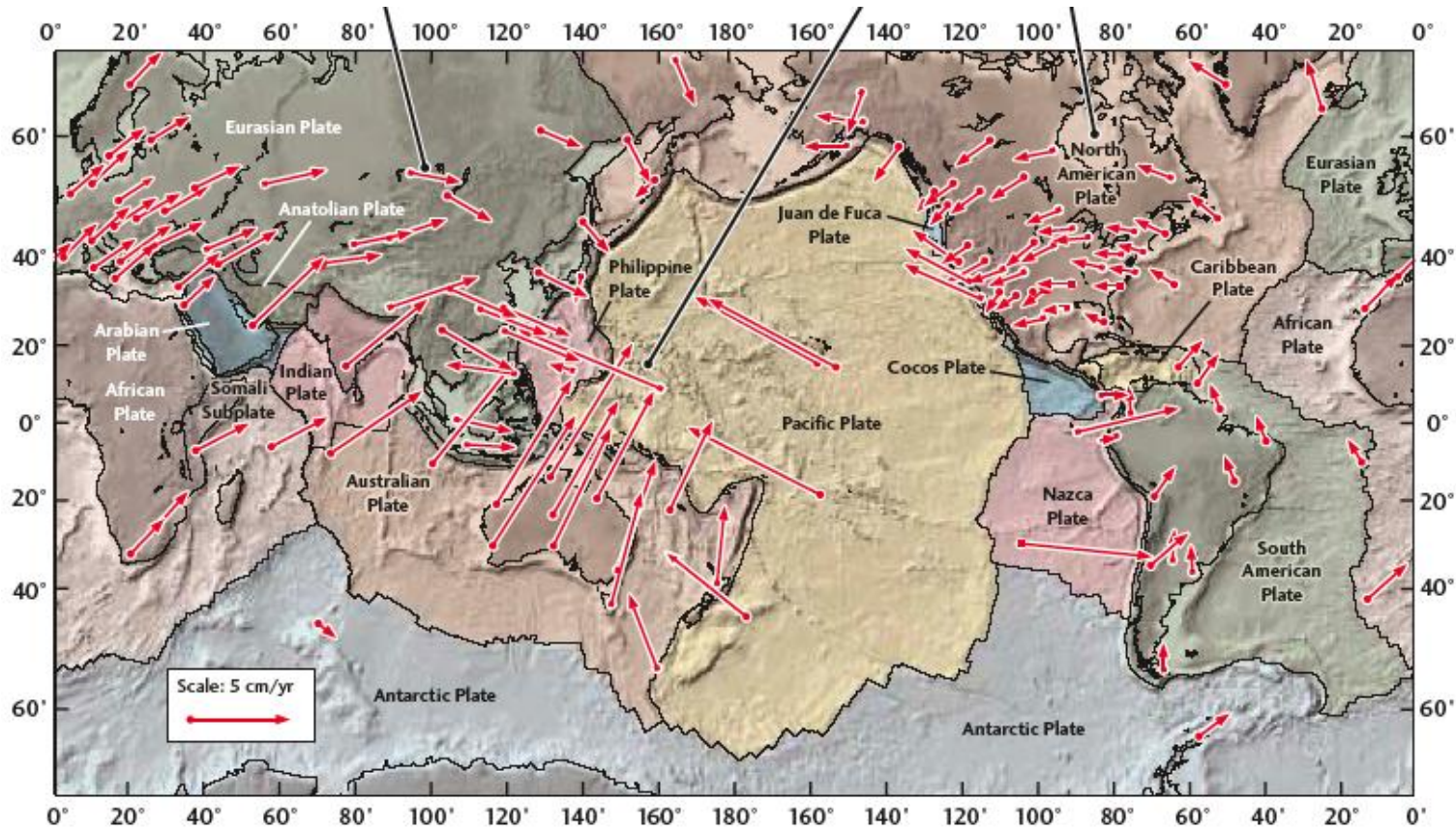
# GNSS y Geodinámica

## Sistemas GNSS

- Claves para el uso de los sistemas GNSS en geodinámica:
  - Infraestructura: diseño de redes.
  - Estrategias de procesado:
    - Global: soluciones semanales y ajuste de redes.
    - Regional y local: procesados relativos sin ajuste. Soluciones diarias o sub-diarias (3 horas, 1 hora, 30 minutos).
  - Software: científico tipo BERNESE, GIPSY, GAMIT-GLOBK.
  - Tratamiento de series temporales: cálculo de velocidades (tendencias), periodicidades.

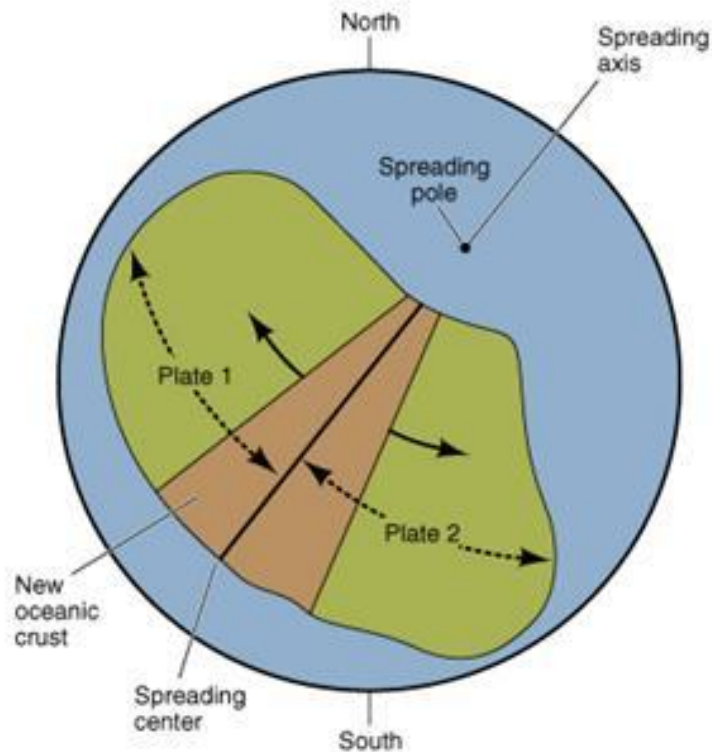
# GNSS y Geodinámica

- Movimientos de placas “Global” refinada con los sistemas GNSS

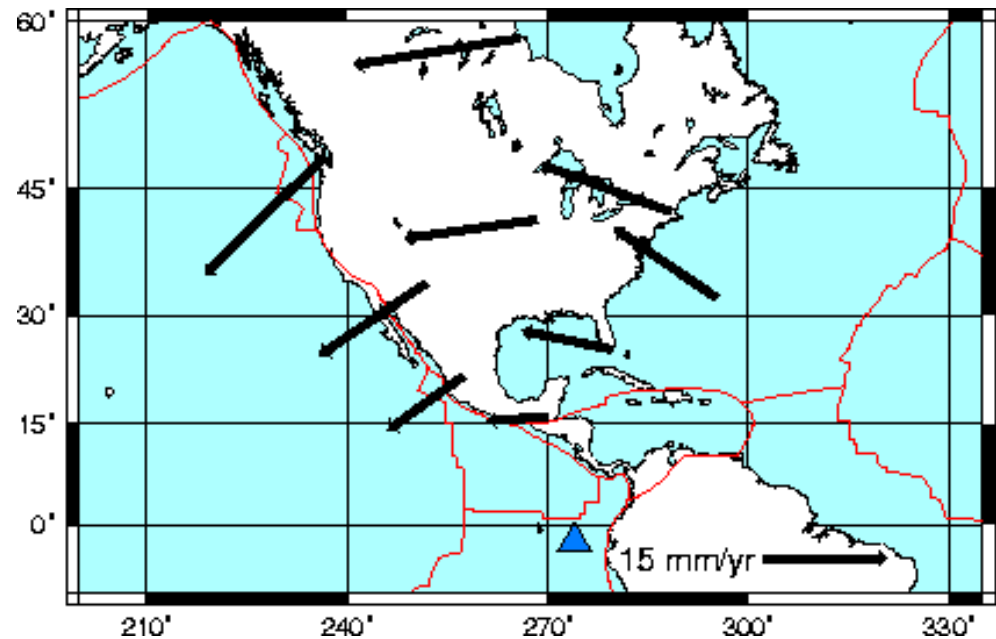


# GNSS y Geodinámica

- Movimientos relativos entre placas



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

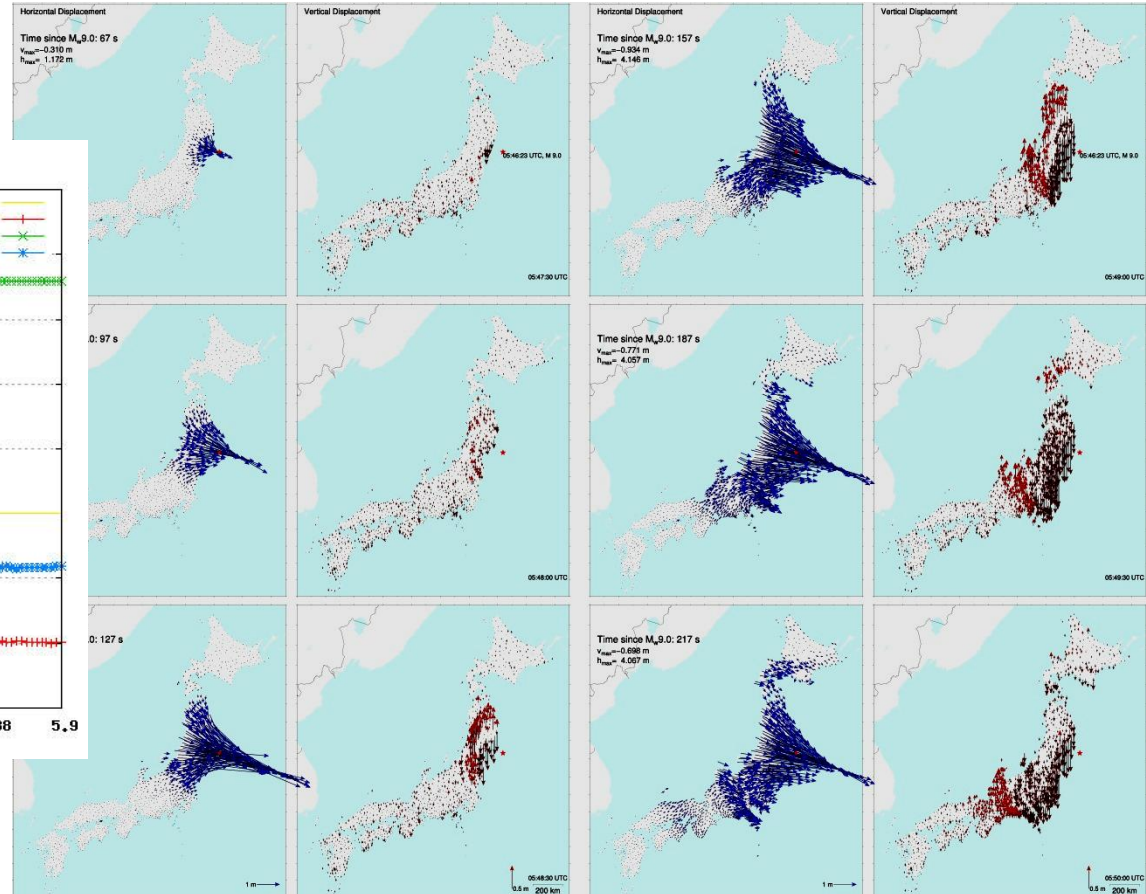
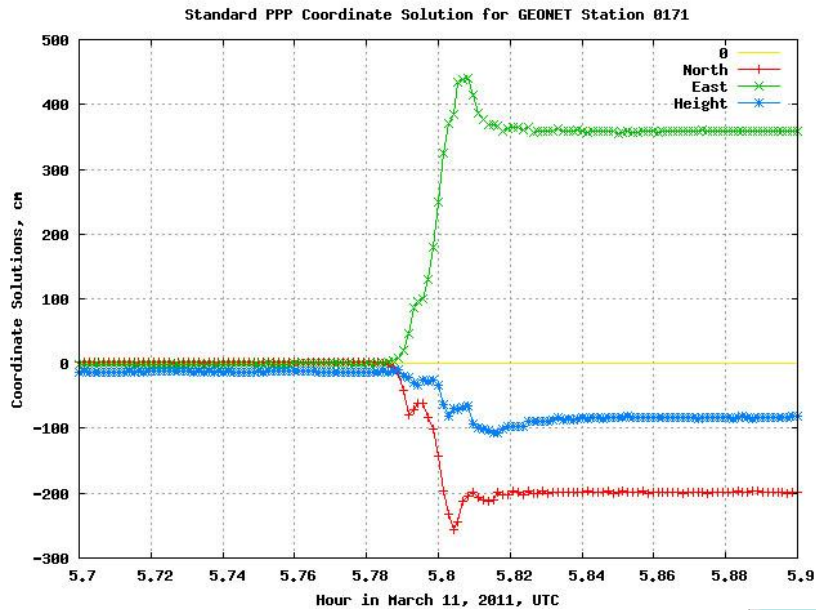


Polos de Euler:  
movimiento de las  
placas

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$

# GNSS y Geodinámica

- Efectos de los grandes terremotos



# GNSS y Geodinámica

## Uso de los sistemas GNSS en Geodinámica.

- Antártida.
- Islas Canarias.
- Borde placa euroasiática/africana (Andalucía)

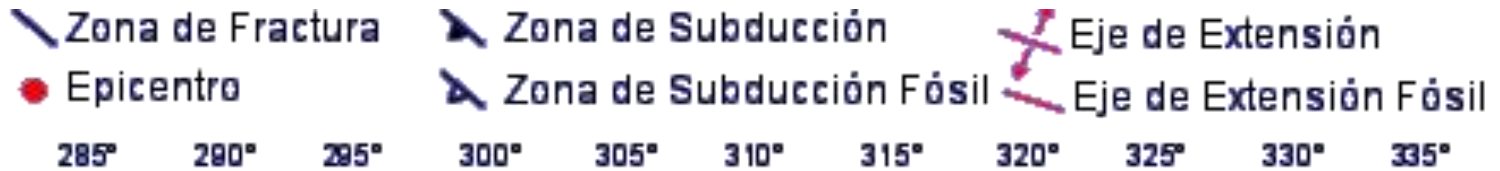


# GNSS y Geodinámica

- Antártida.
- Shetland tectónica regional.
  - BAYERS, SNOW, ILOW vs RESTO.
- Decepción.
  - Modelos de deformación.
  - Modelo de Mogi.
  - Inclínómetro/dilatómetro .
  - IESID-W.

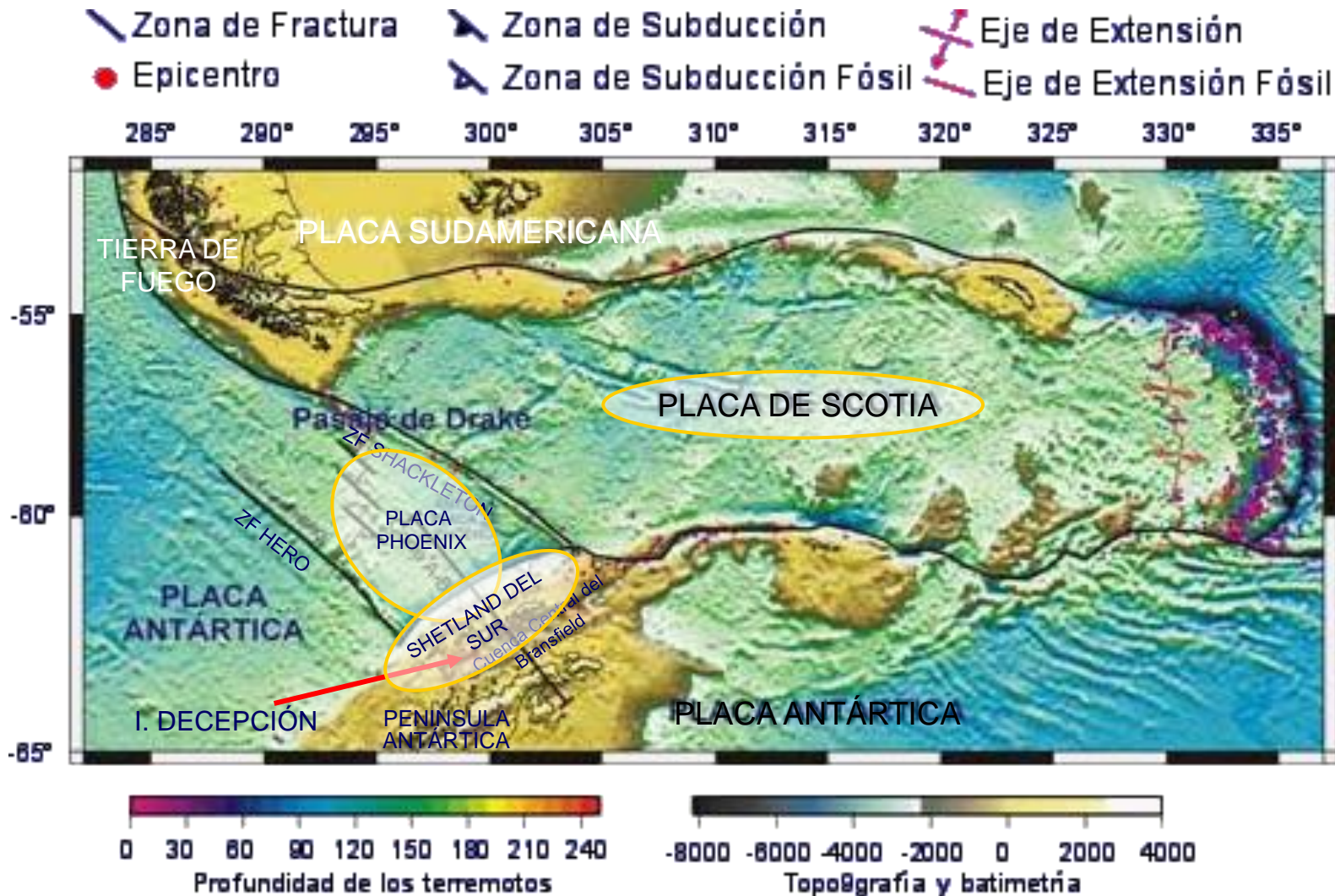
# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Marco Tectónico Regional



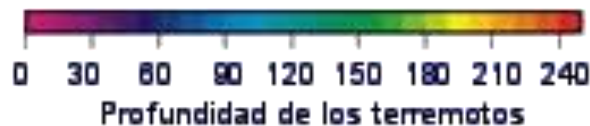
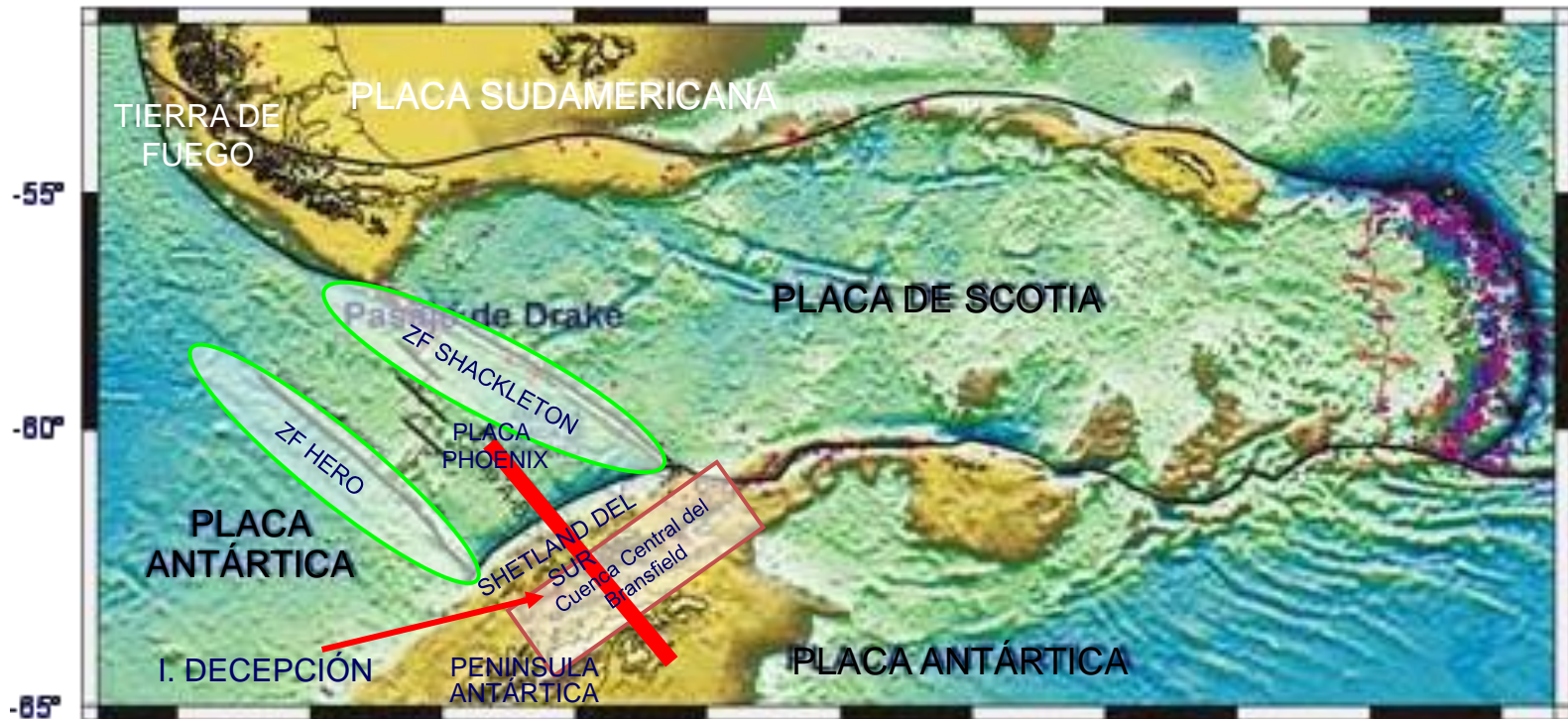
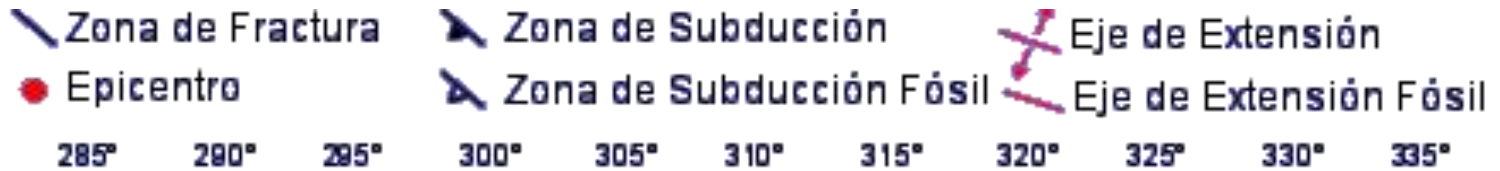
# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Marco Tectónico Regional



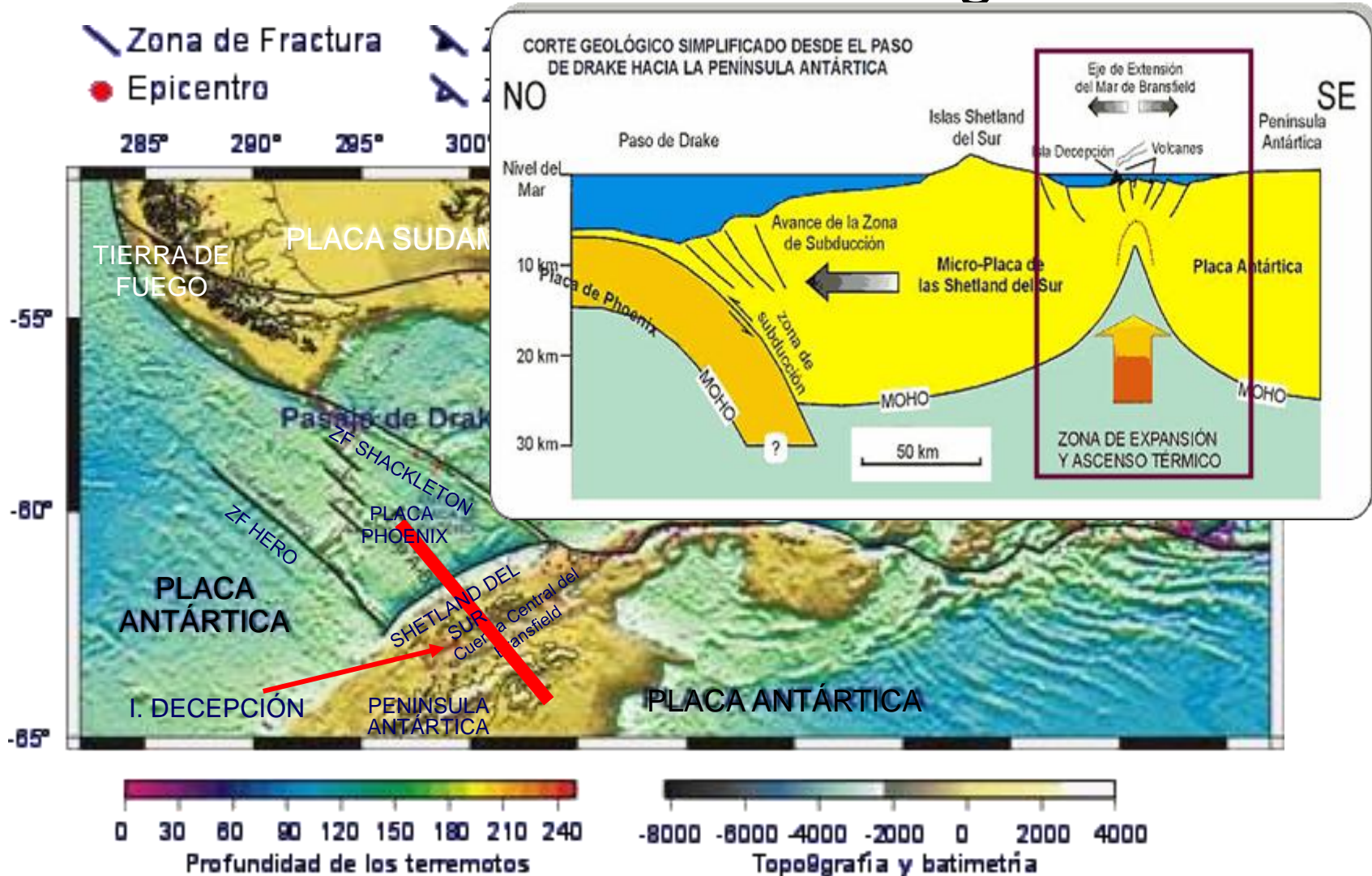
# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Marco Tectónico Regional



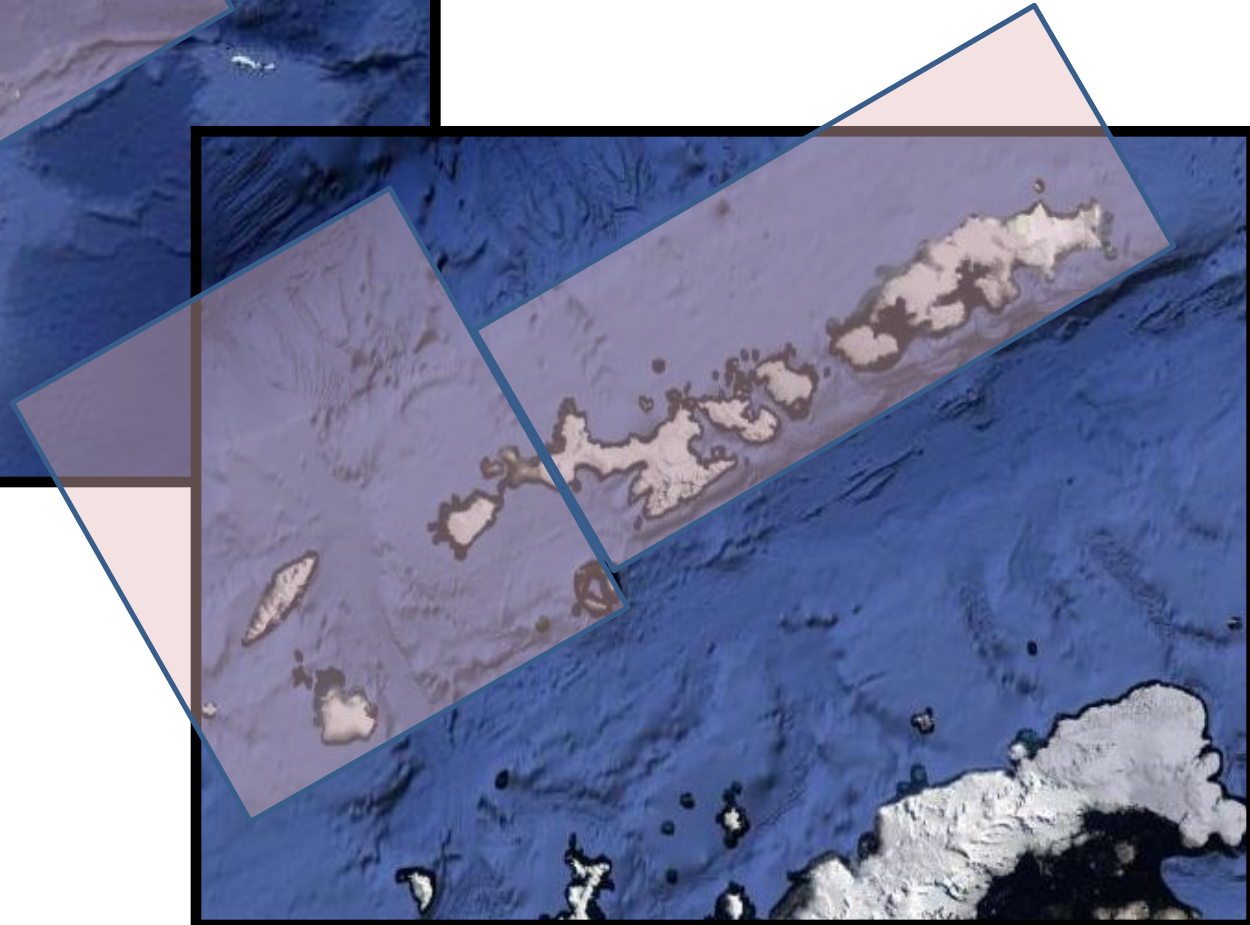
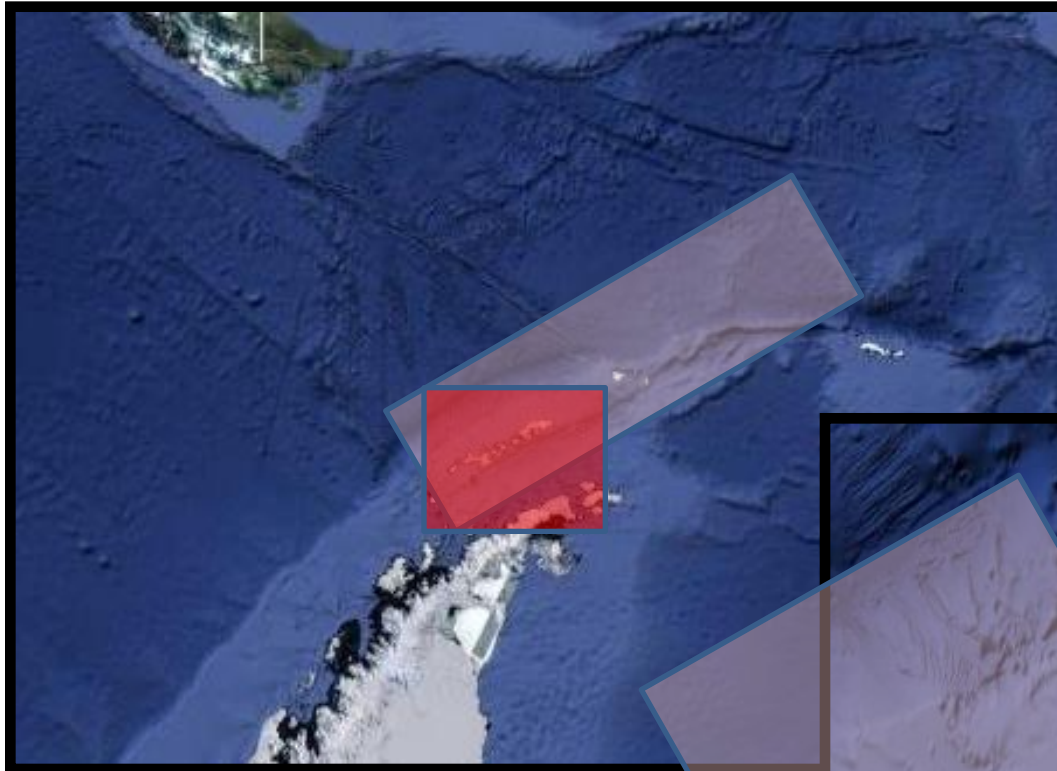
# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Marco Tectónico Regional



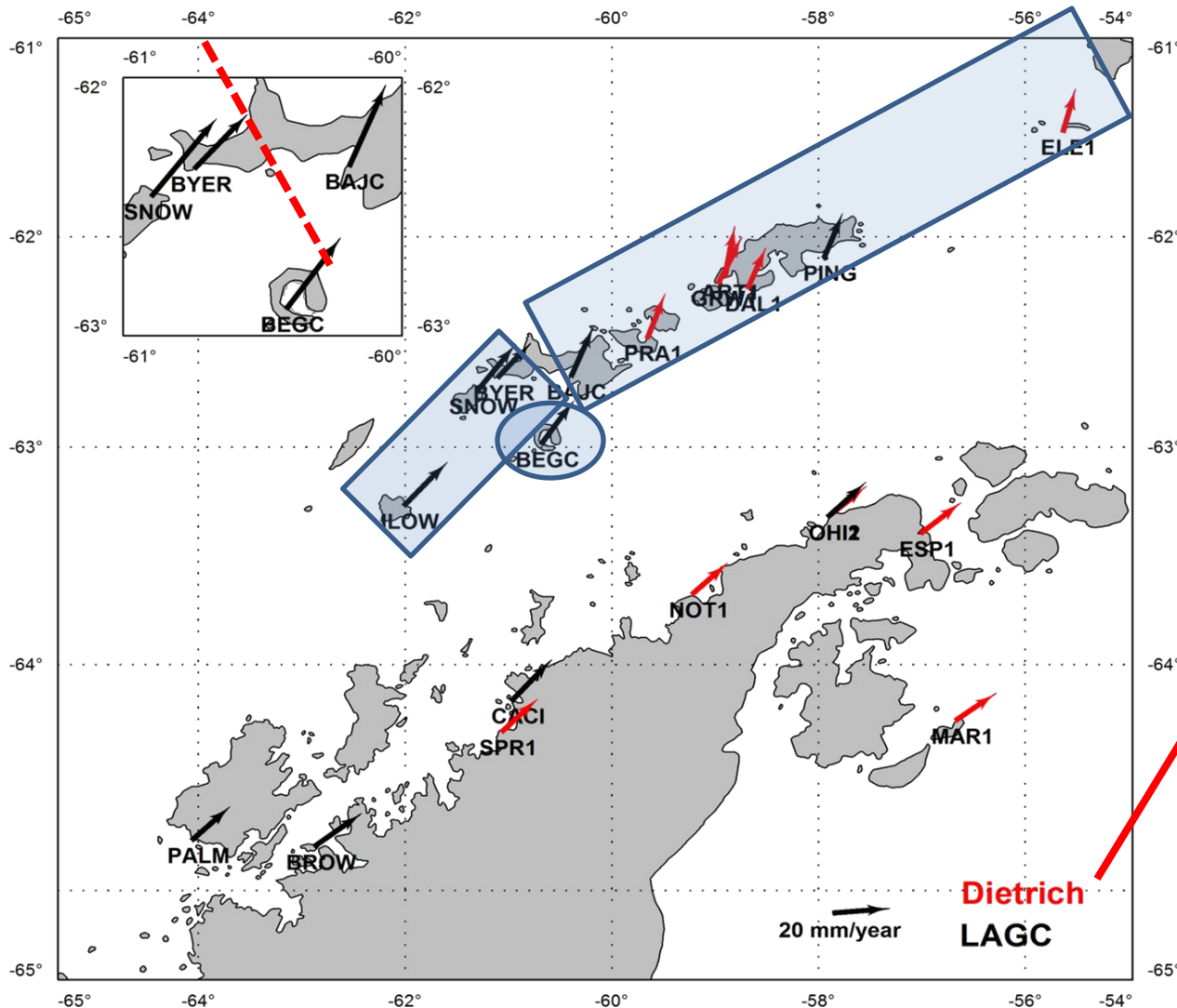
# GNSS y Geodinámica

Antártida: Shetland  
tectónica regional



# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Shetland tectónica regional



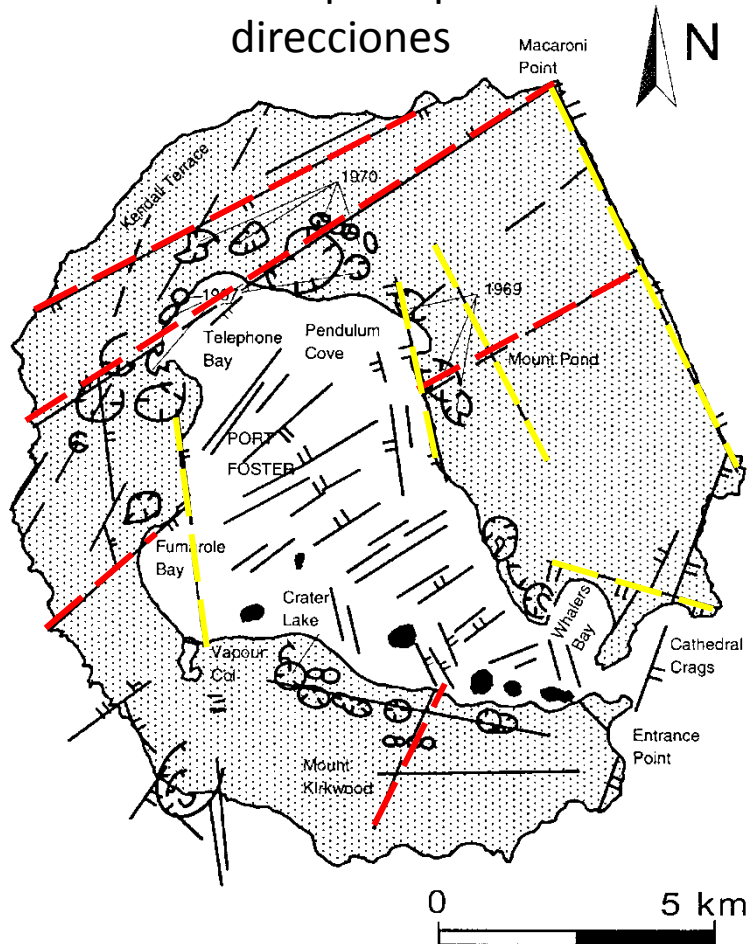
Dietrich, R., Dach, R., Engelhardt, G., Ihde, J., Korth, W., Kutterer, H.-J., Lindner, K., Mayer, M., Menge, F., Miller, H., Müller, C., Niemeier, W., Perlt, J., Pohl, M., Salbach, H., Schenke, H.-W., Schöne, T., Seeber, G., Veit, A., and Völkens, C. (2001). ITRF coordinates and plate velocities from repeated GPS campaigns in Antarctica—an analysis based on different individual solutions. *Journal of Geodesy*, 74:756–766.

Dietrich  
LAGC

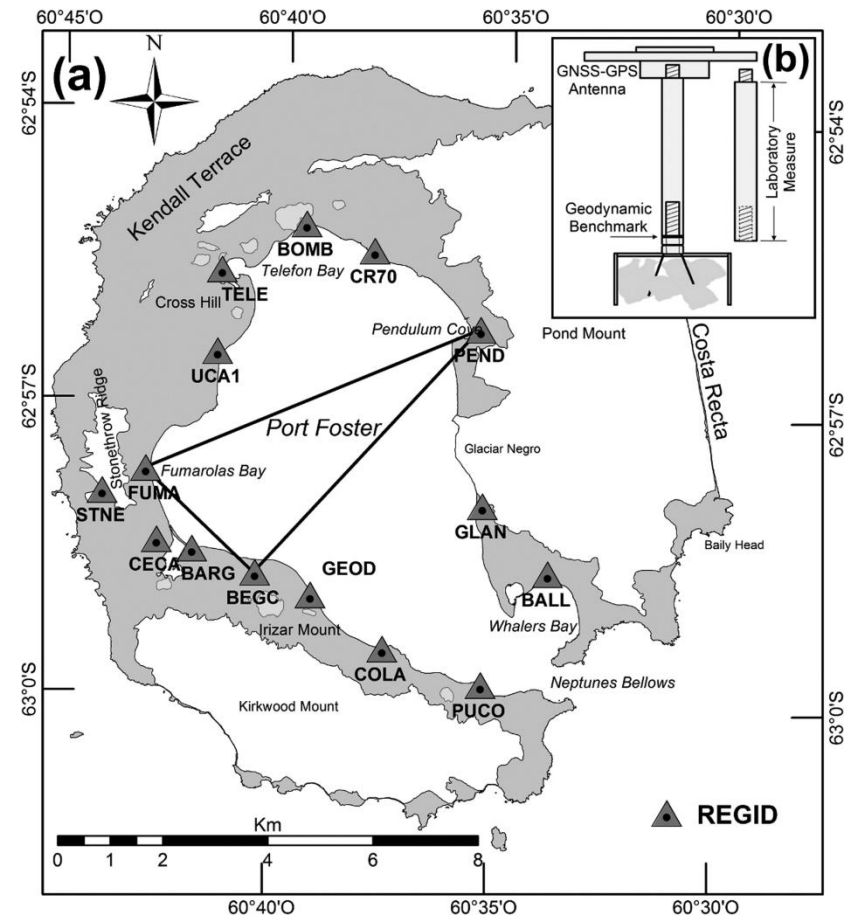
# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Decepción. Modelos de deformación

Fracturas principales:  
direcciones



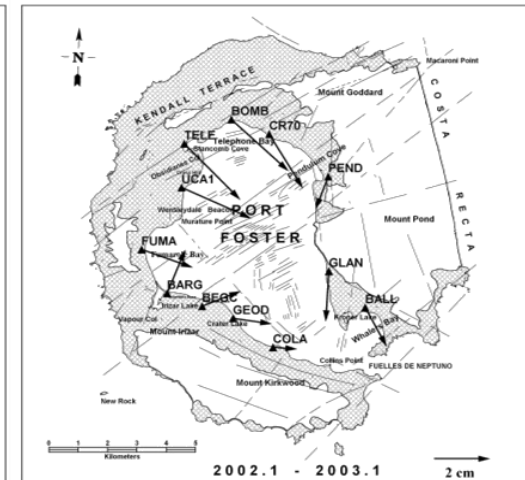
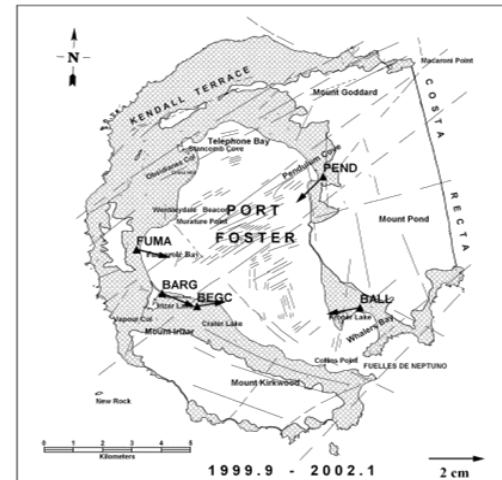
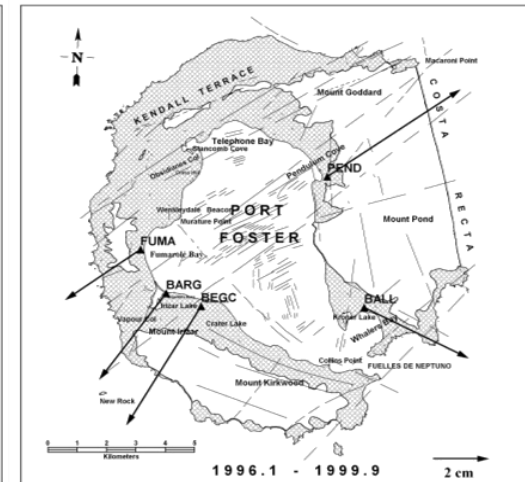
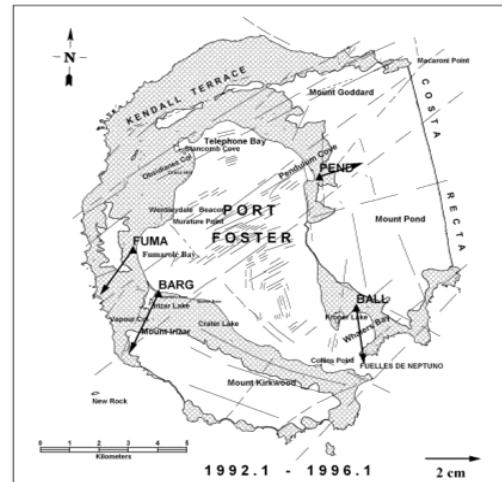
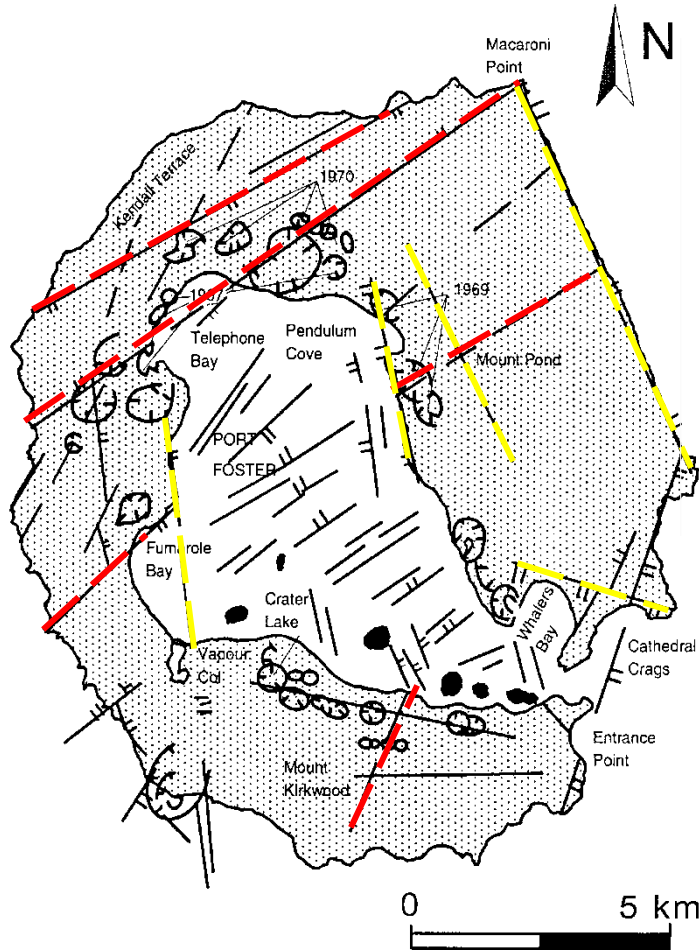
Infraestructura: Red REGID





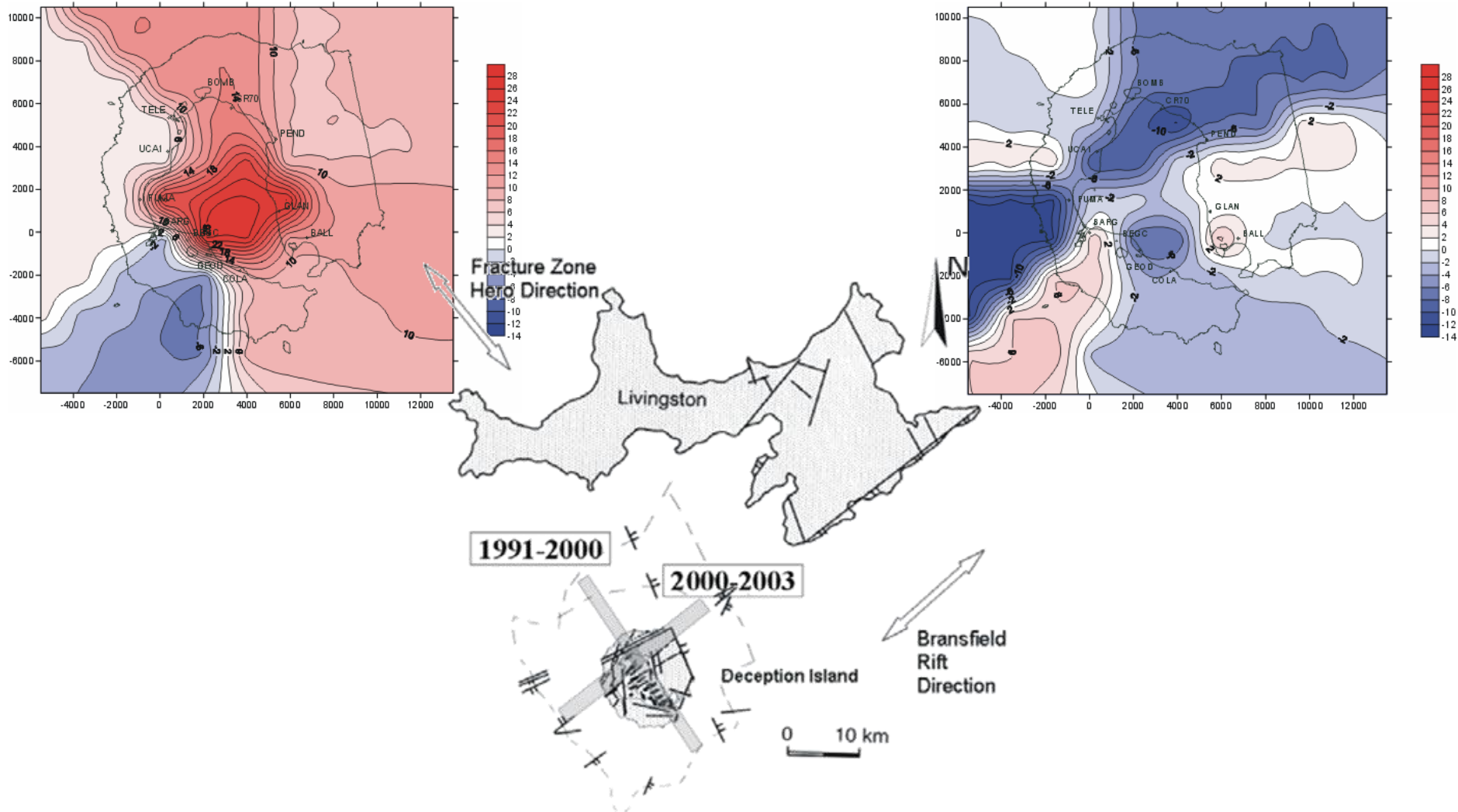
# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Decepción. Modelos de deformación



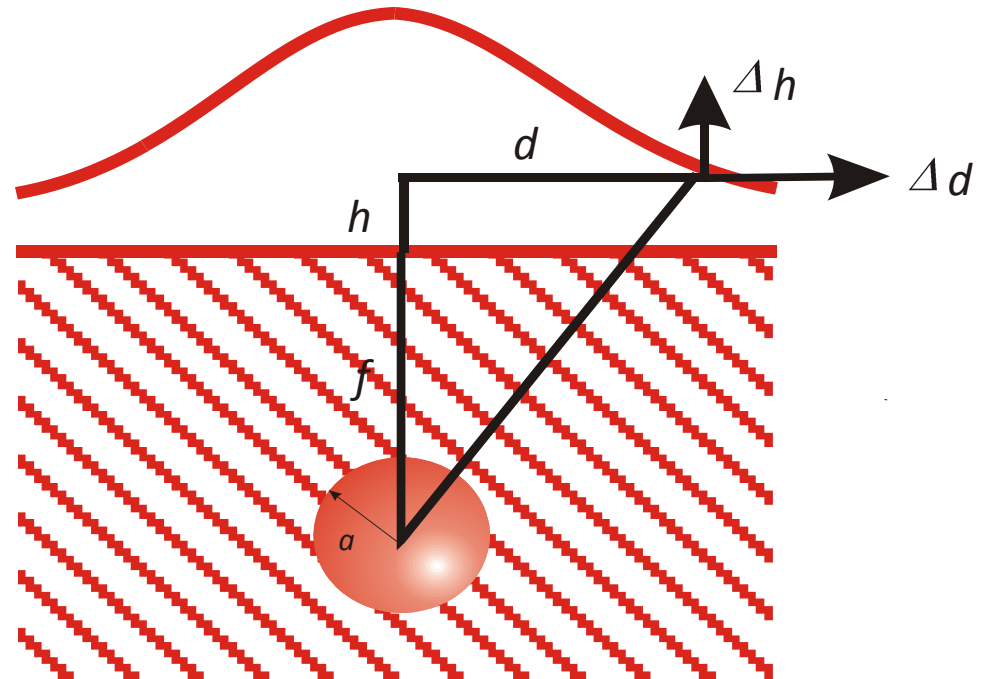
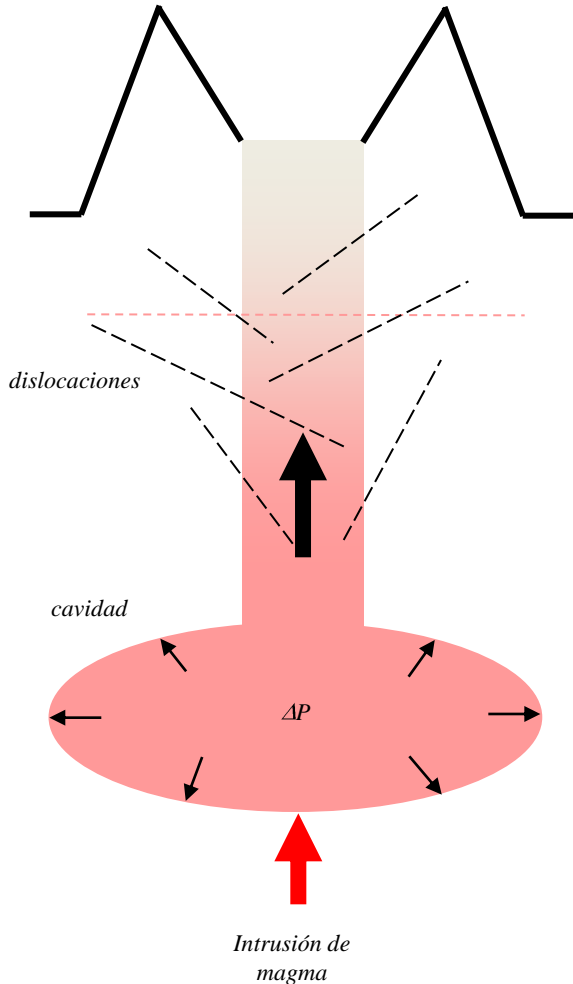
# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Decepción. Modelos de deformación



# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Decepción. Modelo de Mogi.



$$Dx_{i=1,2} = a^3 DP \frac{(1-n)}{m} \frac{(x_i - x_f)}{((f+h)^2 + d^2)^{3/2}}$$

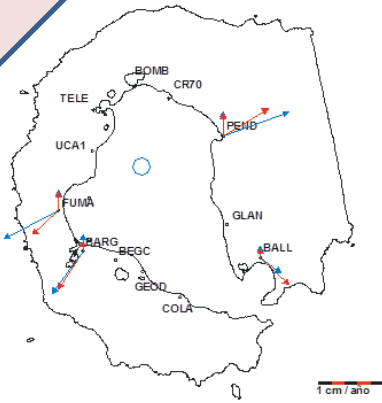
$$Dh = a^3 DP \frac{(1-n)}{m} \frac{(f+h)}{((f+h)^2 + d^2)^{3/2}}$$

# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Decepción. Modelo de Mogi.

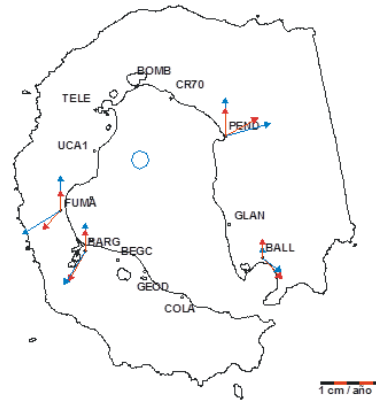
Ref: 1992

1999.9



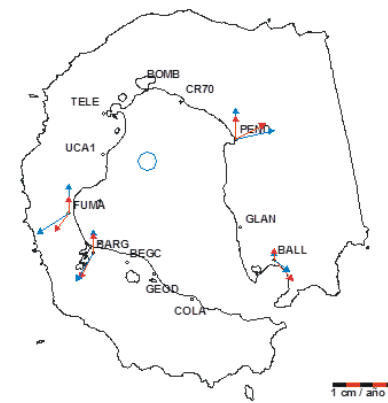
Profundidad: 2-3 km

2002.1

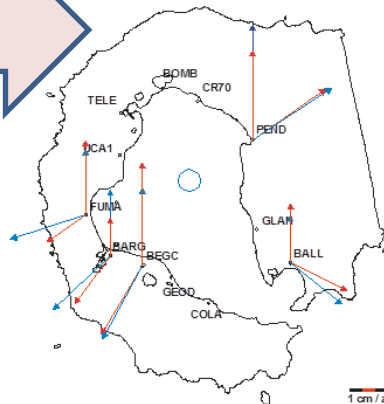


Profundidad: 5-6 km

2003.1

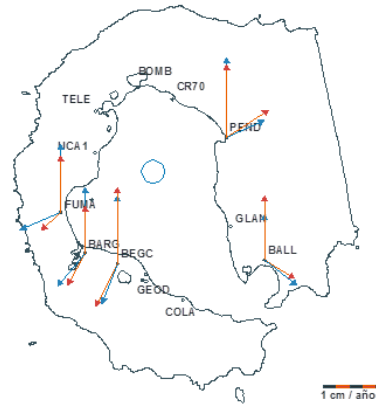


1999.9

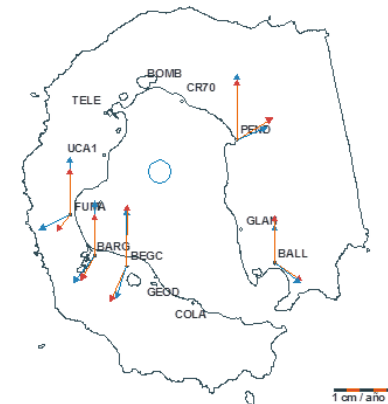


Ref: 1996

2002.1



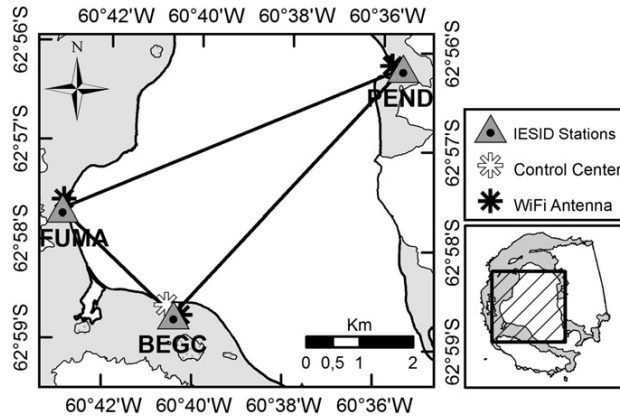
2003.1



# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Decepción. Inclínómetro/Dilatómetro

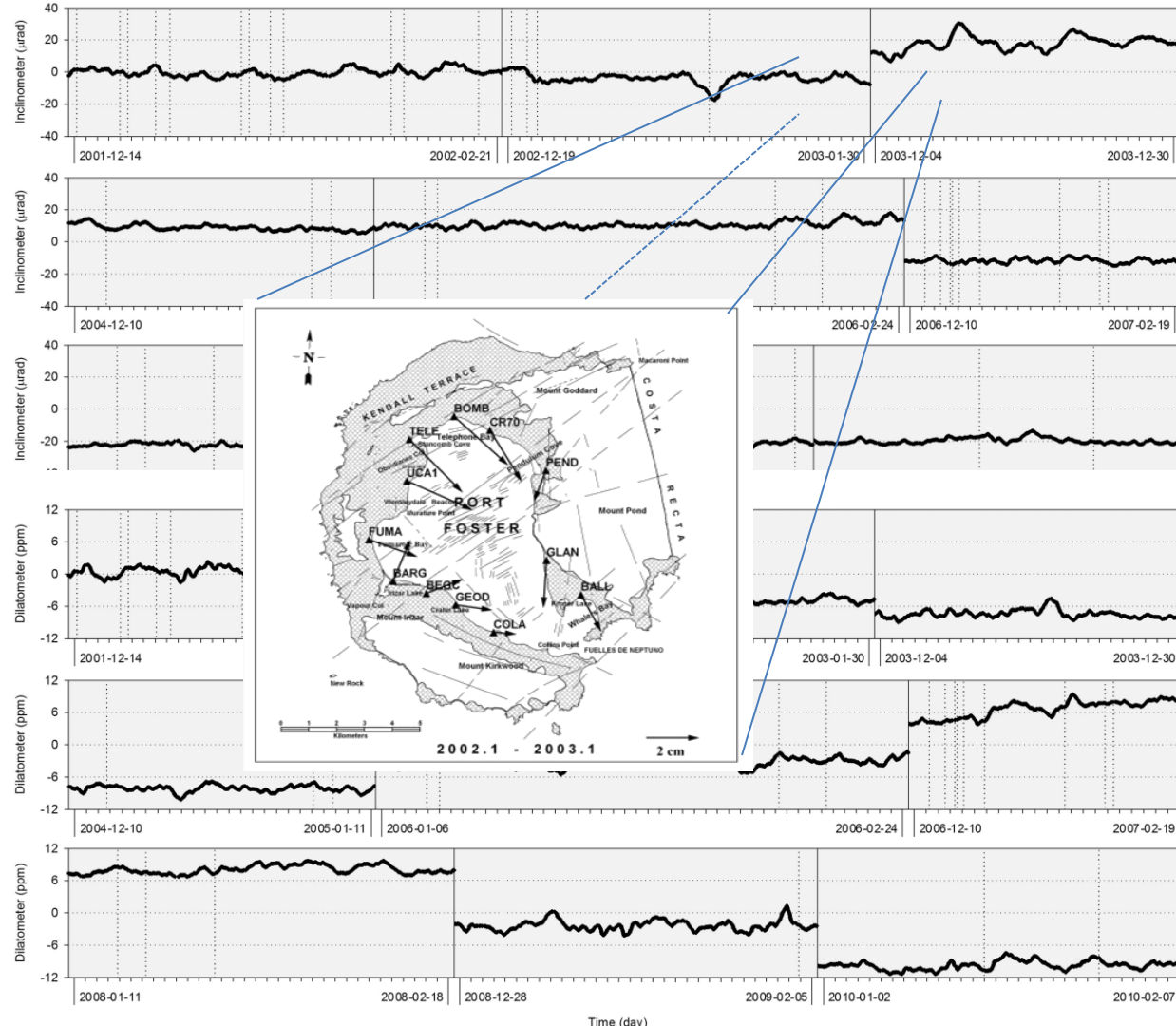
BEGC - FUMA - PEND



Análisis del vector normal: cambio de módulo (dilatómetro) e inclinación.

Filtro KALMAN

$$x_k = \hat{x}_k + K_k (z_k - \hat{x}_k)$$



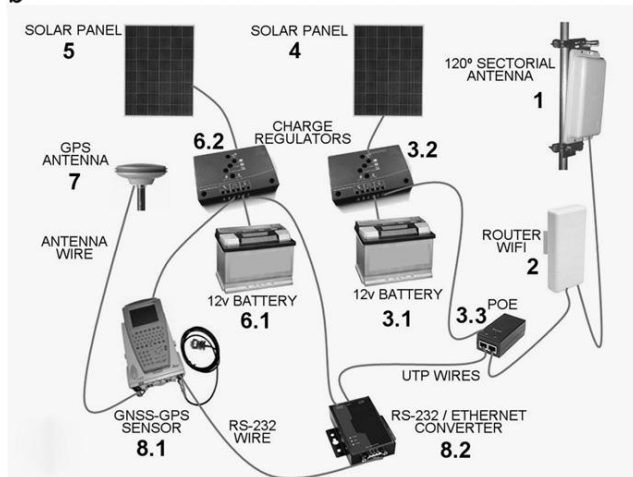
# GNSS y Geodinámica

## Antártida: Decepción. IESID-W

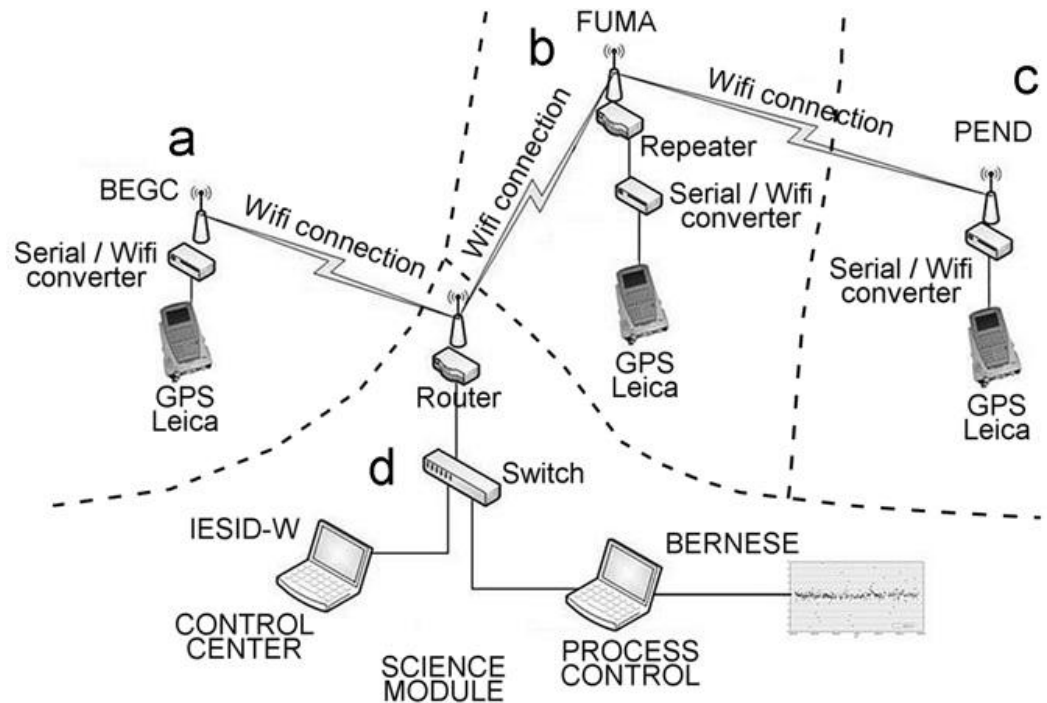
a



b



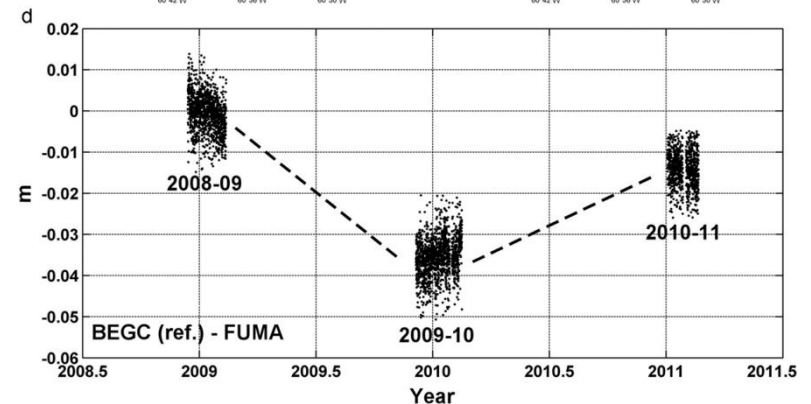
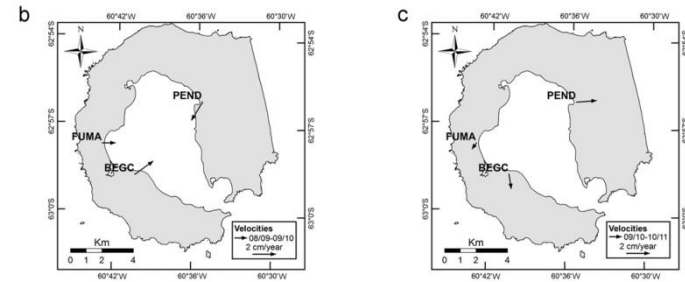
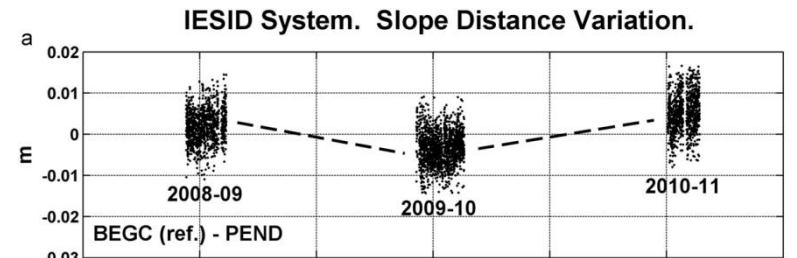
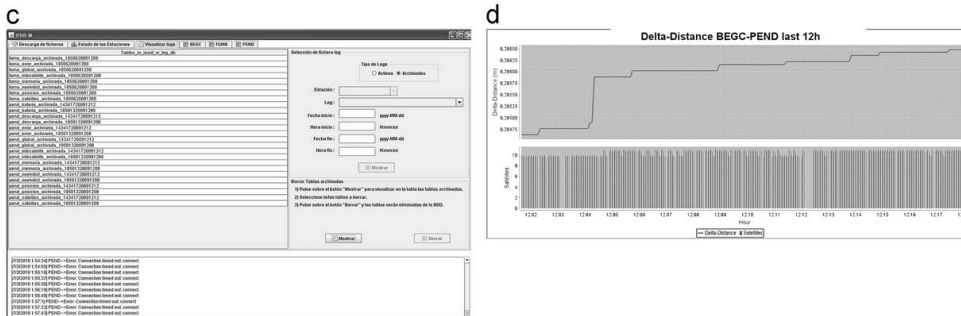
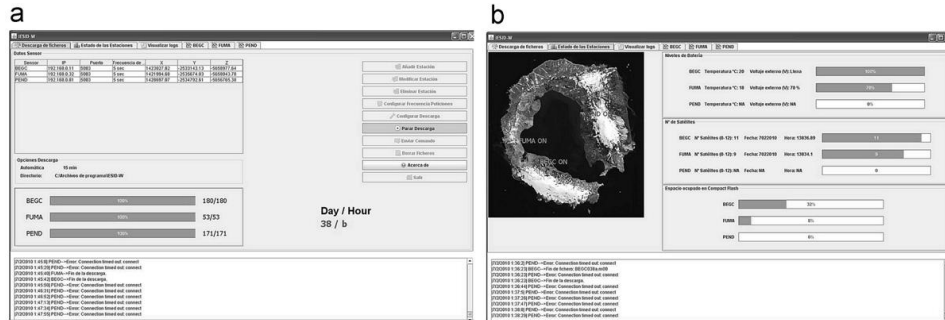
## Infraestructura



# GNSS y Geodinámica

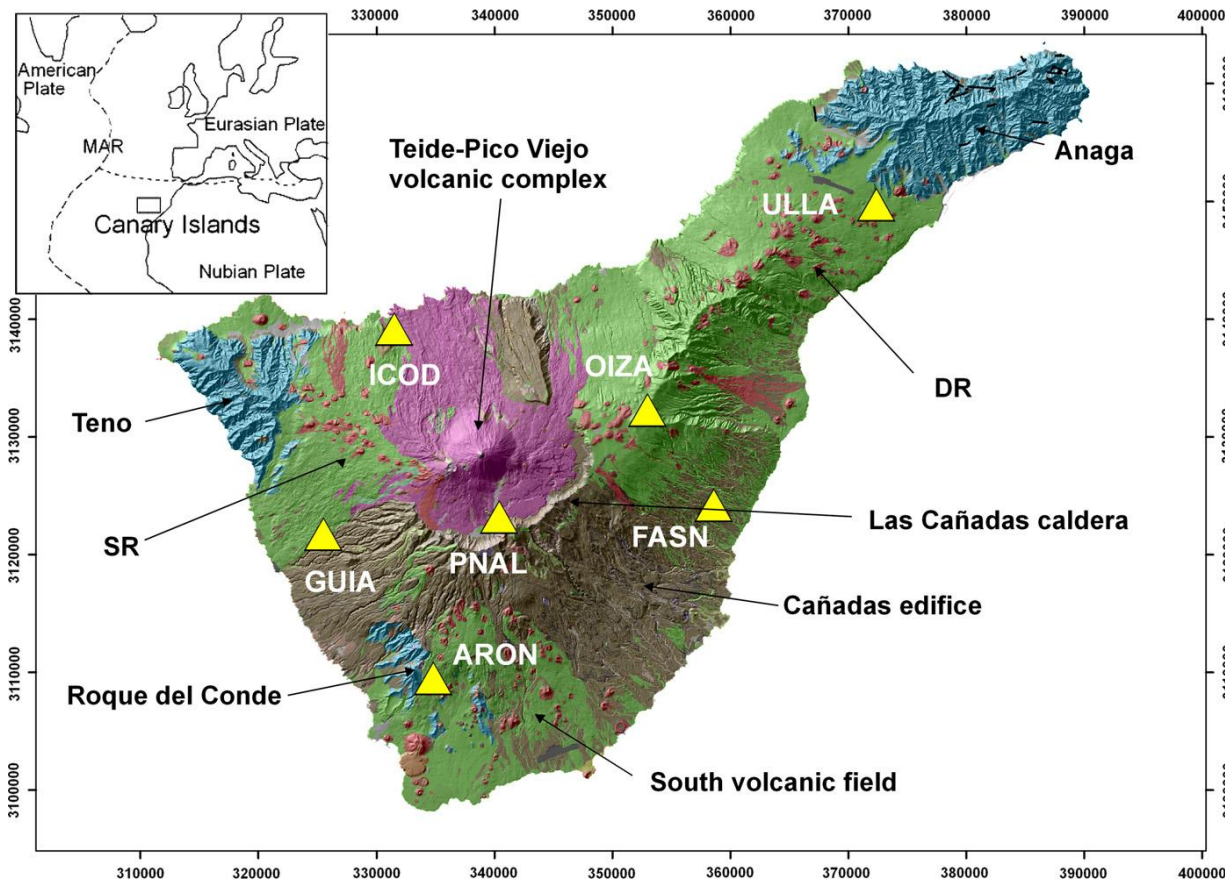
## Antártida: Decepción. IESID-W

### Monitoreo



# GNSS y Geodinámica

- Islas Canarias: Tenerife. Infraestructura



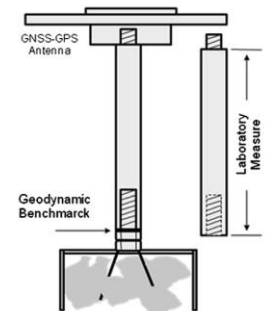
OIZA



ULLA



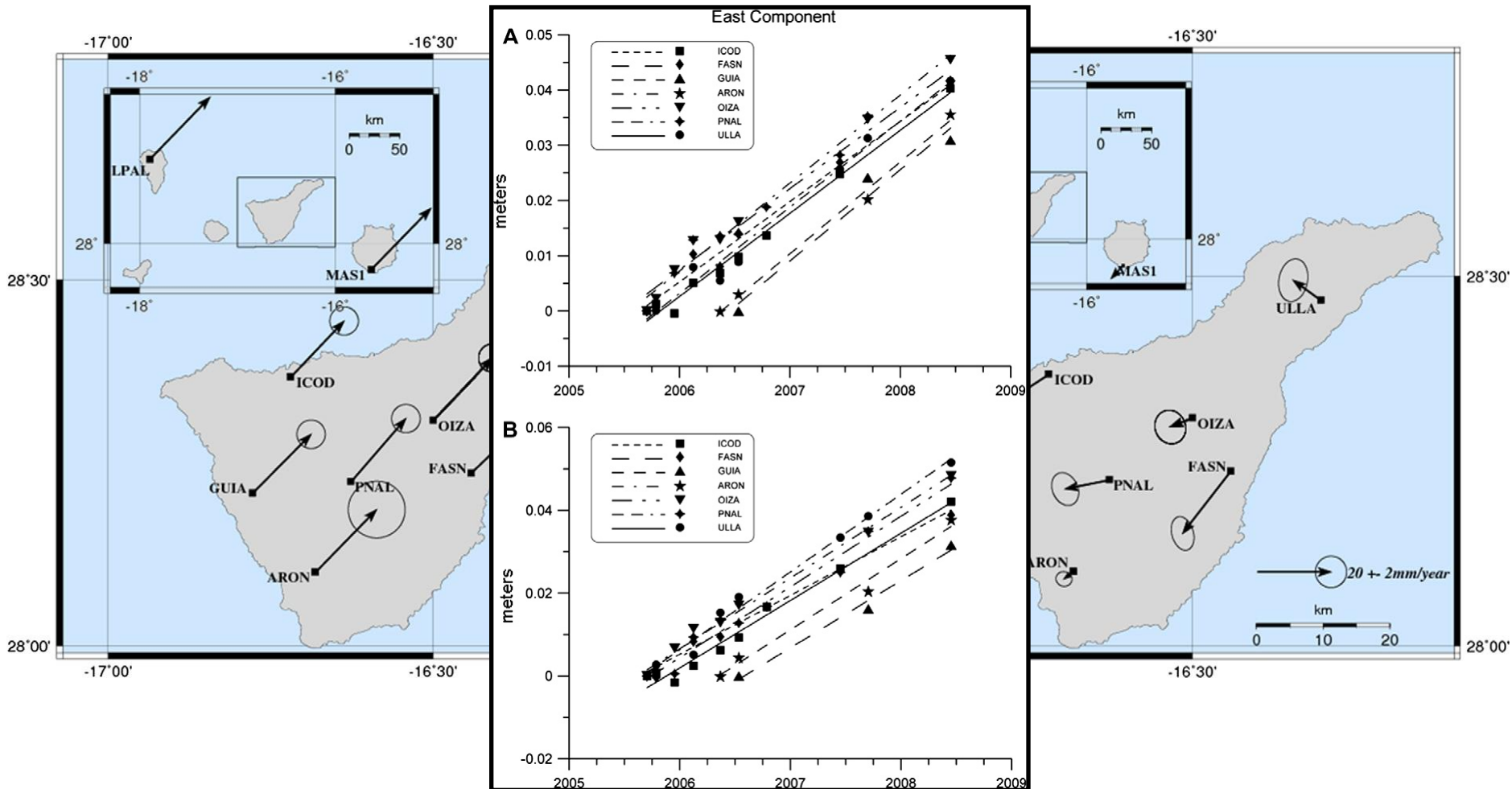
PNAL





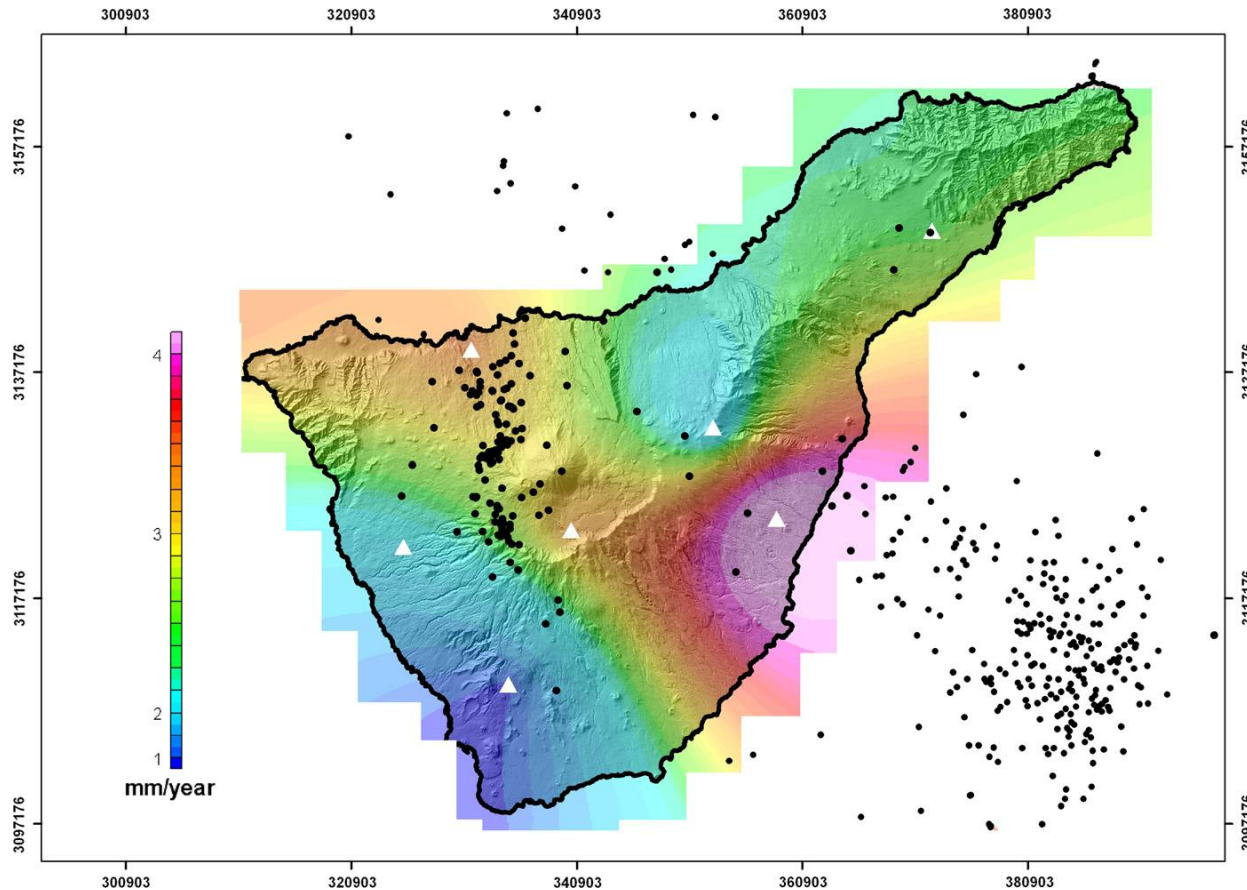
# GNSS y Geodinámica

- Islas Canarias: Tenerife. Modelo deformación



# GNSS y Geodinámica

- Islas Canarias: Tenerife. Módulo velocidad

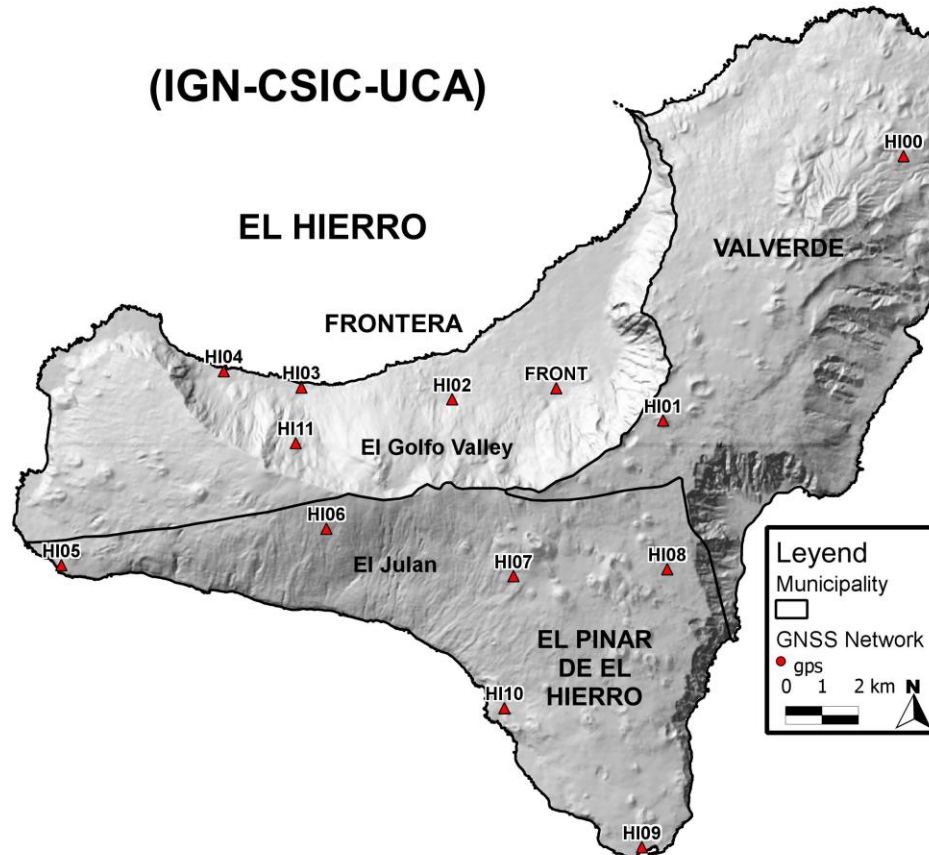


# GNSS y Geodinámica

- Islas Canarias: Proceso volcánico de Hierro

Proceso: desde Junio 2011-Noviembre 2012

Infraestructura

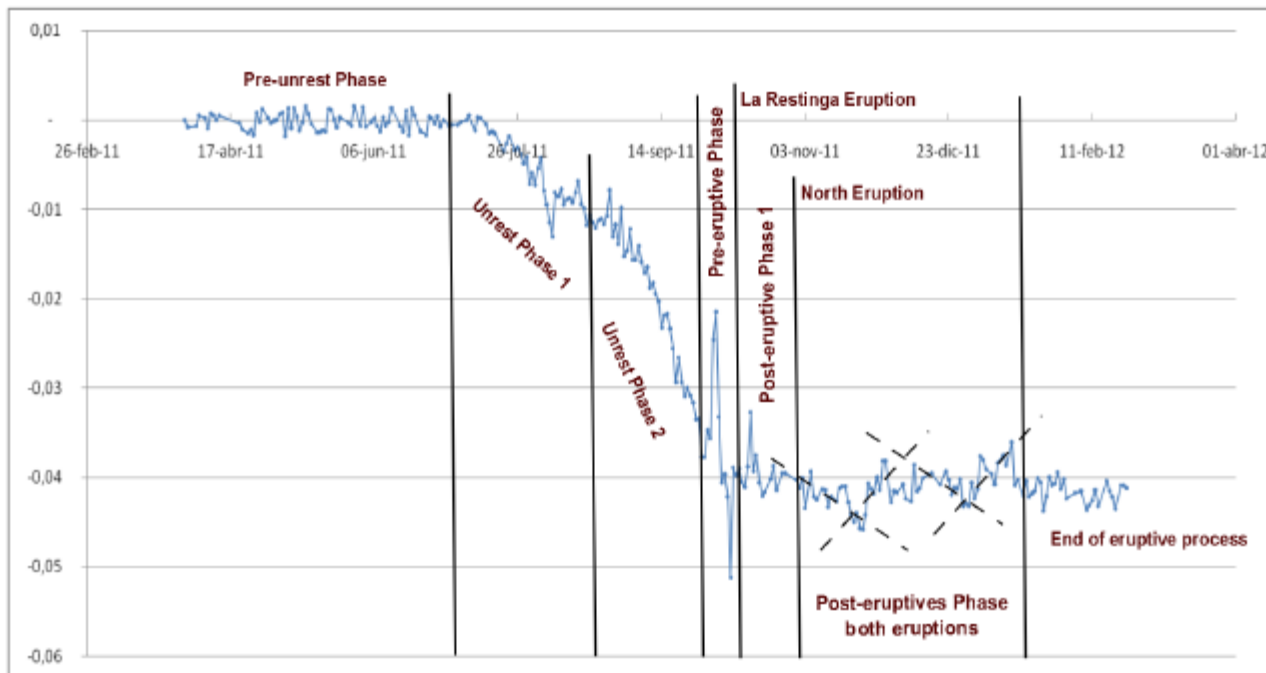


# GNSS y Geodinámica

- Islas Canarias: Proceso volcánico de Hierro

Proceso: desde Junio 2011-Noviembre 2012

Serie temporal de distancia directa LPAL-FRON

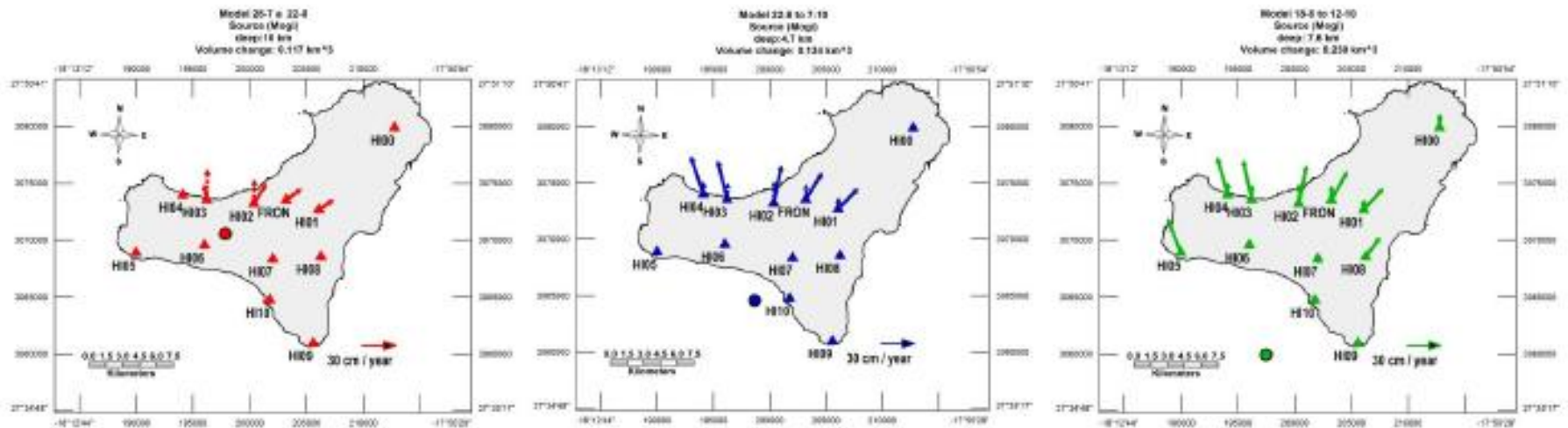


# GNSS y Geodinámica

- Islas Canarias: Proceso volcánico de Hierro

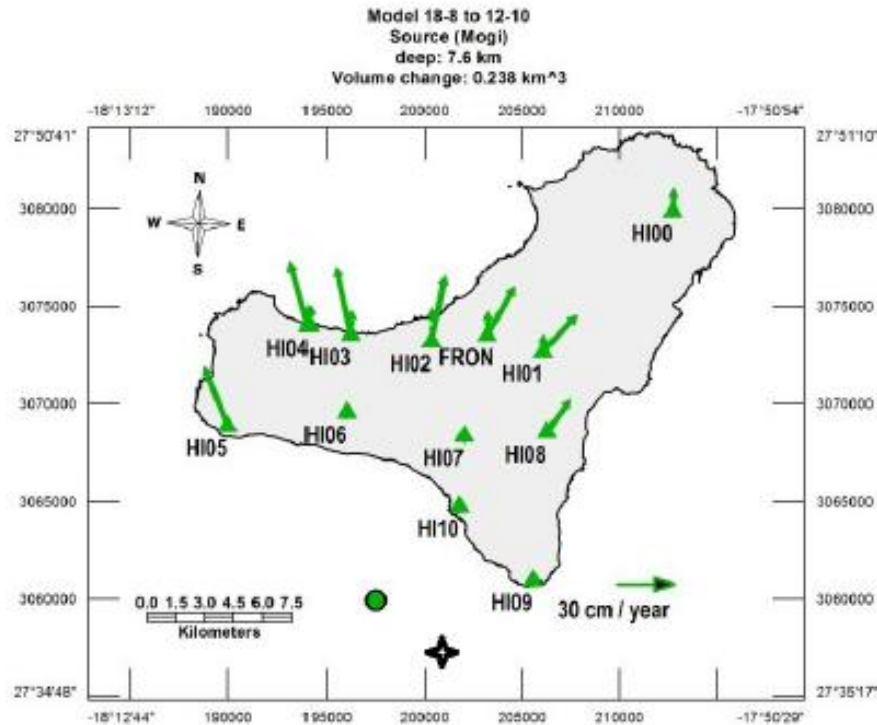
Periodos:

28/07/2011 - 22/08/2011 , 22/08/2011 - 07/10/2011 y 18/08/2011 - 12/10/2011.



# GNSS y Geodinámica

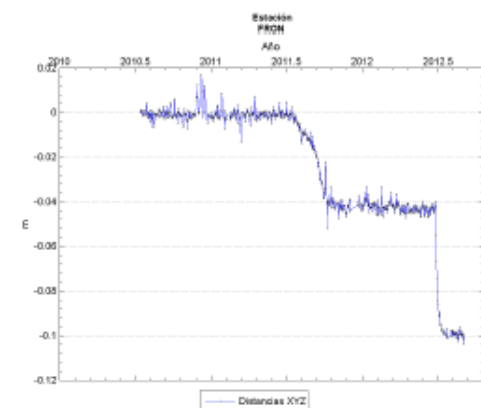
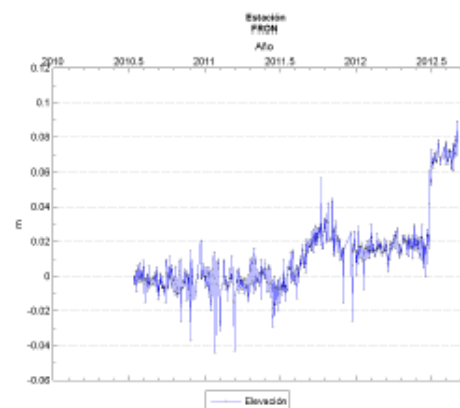
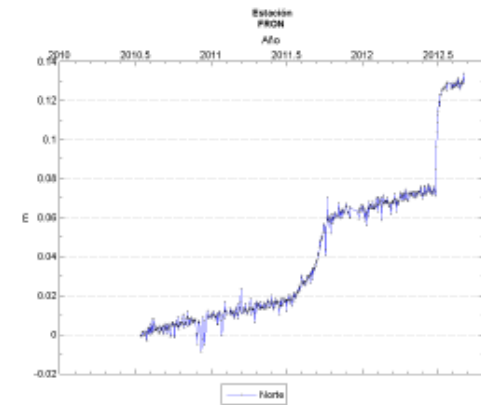
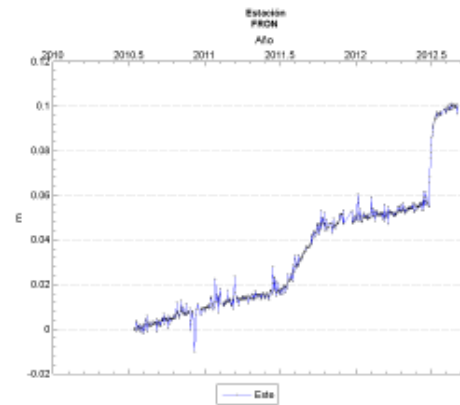
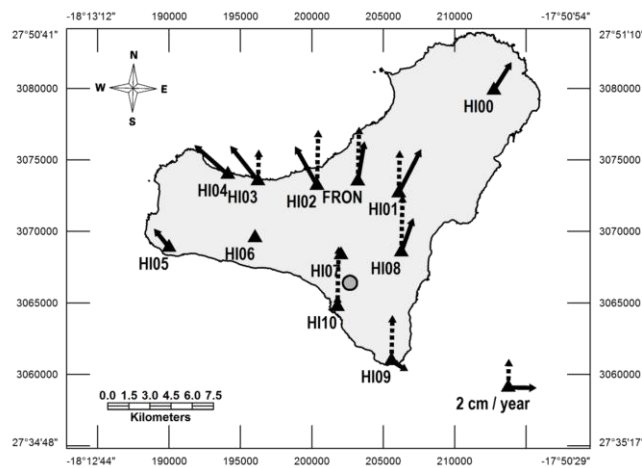
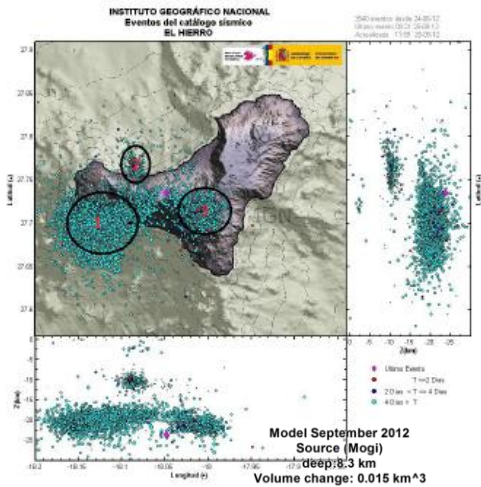
- Islas Canarias: Proceso volcánico de Hierro



# GNSS y Geodinámica

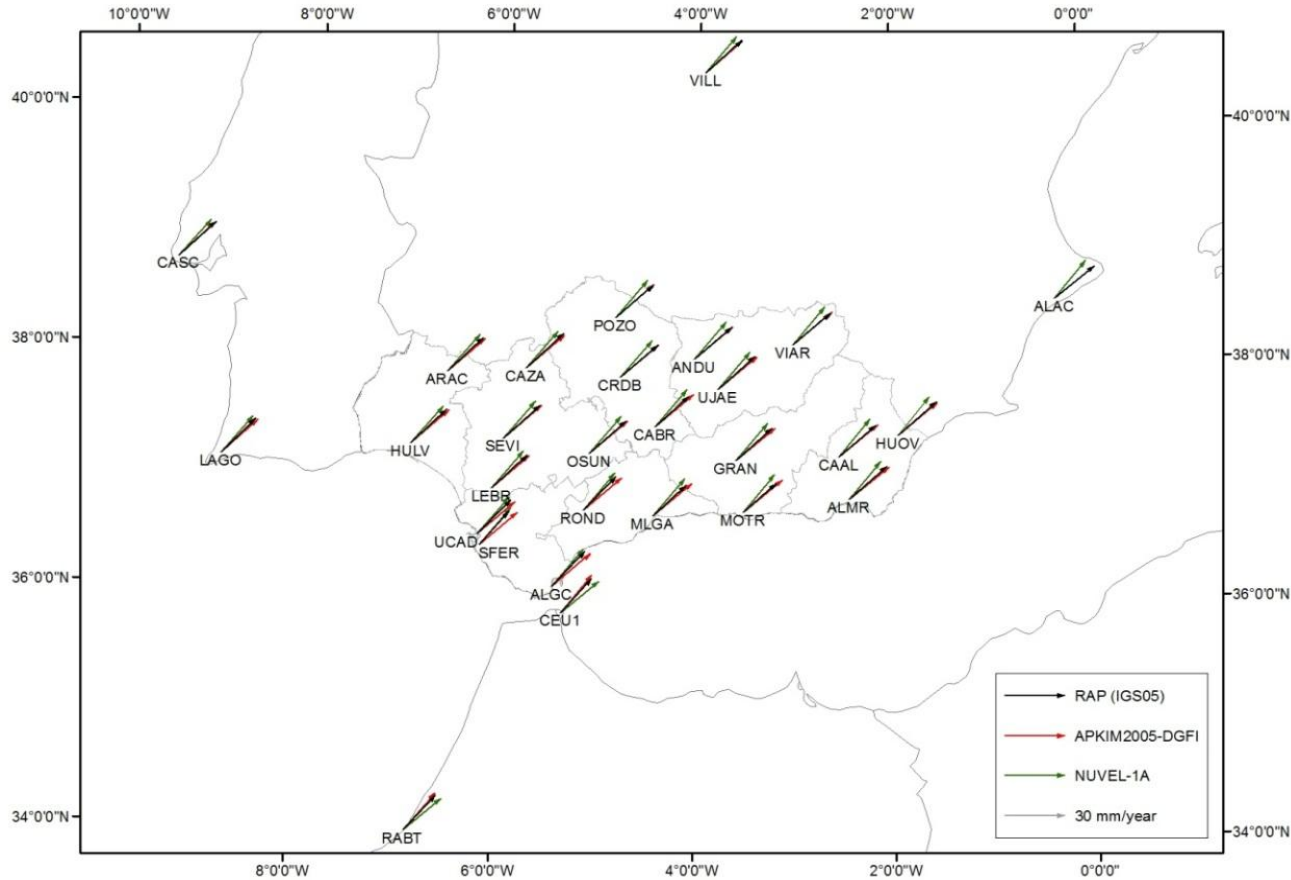
- Islas Canarias: Proceso volcánico de Hierro

Proceso de Julio 2012: 18-Septiembre 2012



# GNSS y Geodinámica

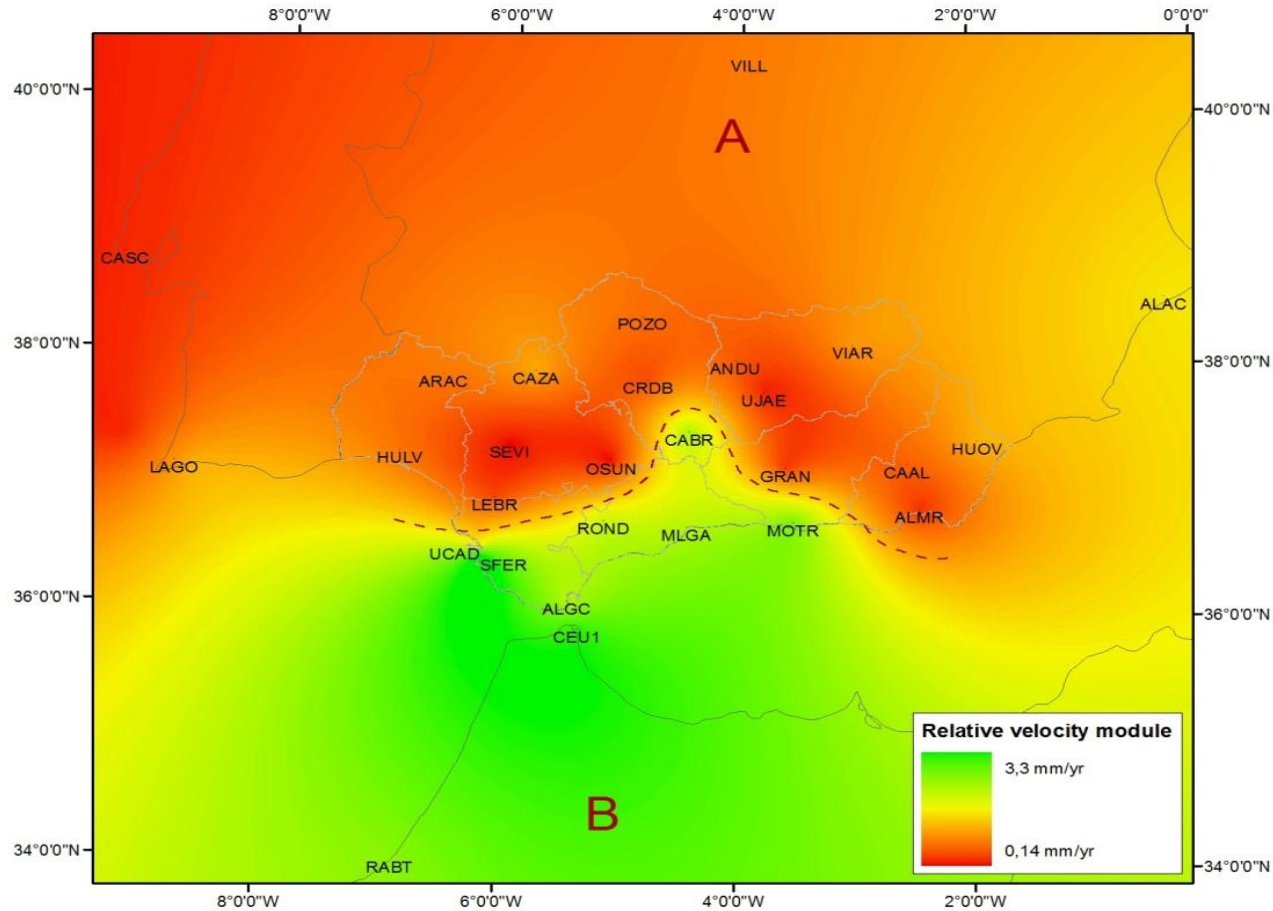
- Andalucía: borde placa euroasiática/africana





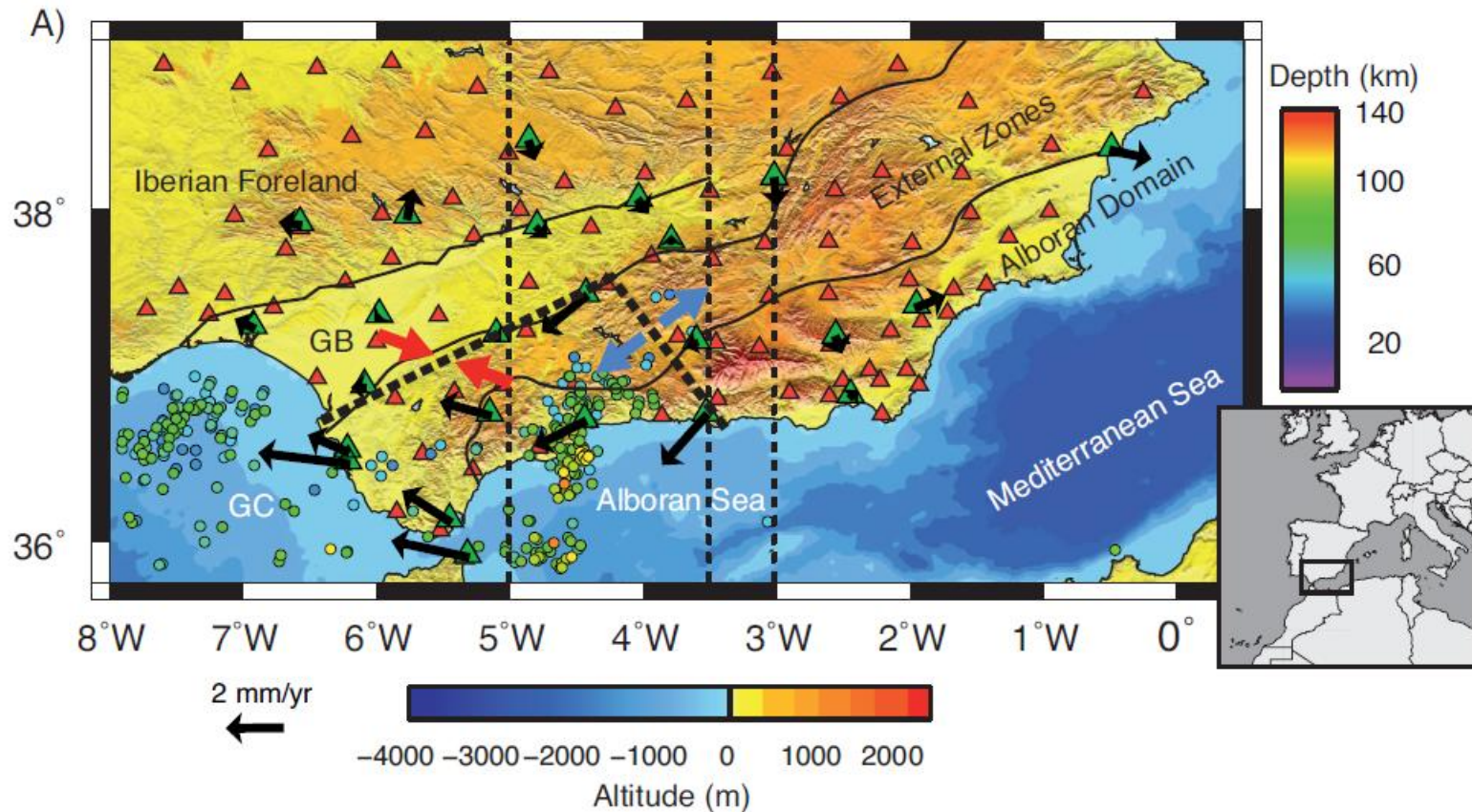
# GNSS y Geodinámica

- Andalucía: borde placa euroasiática/africana



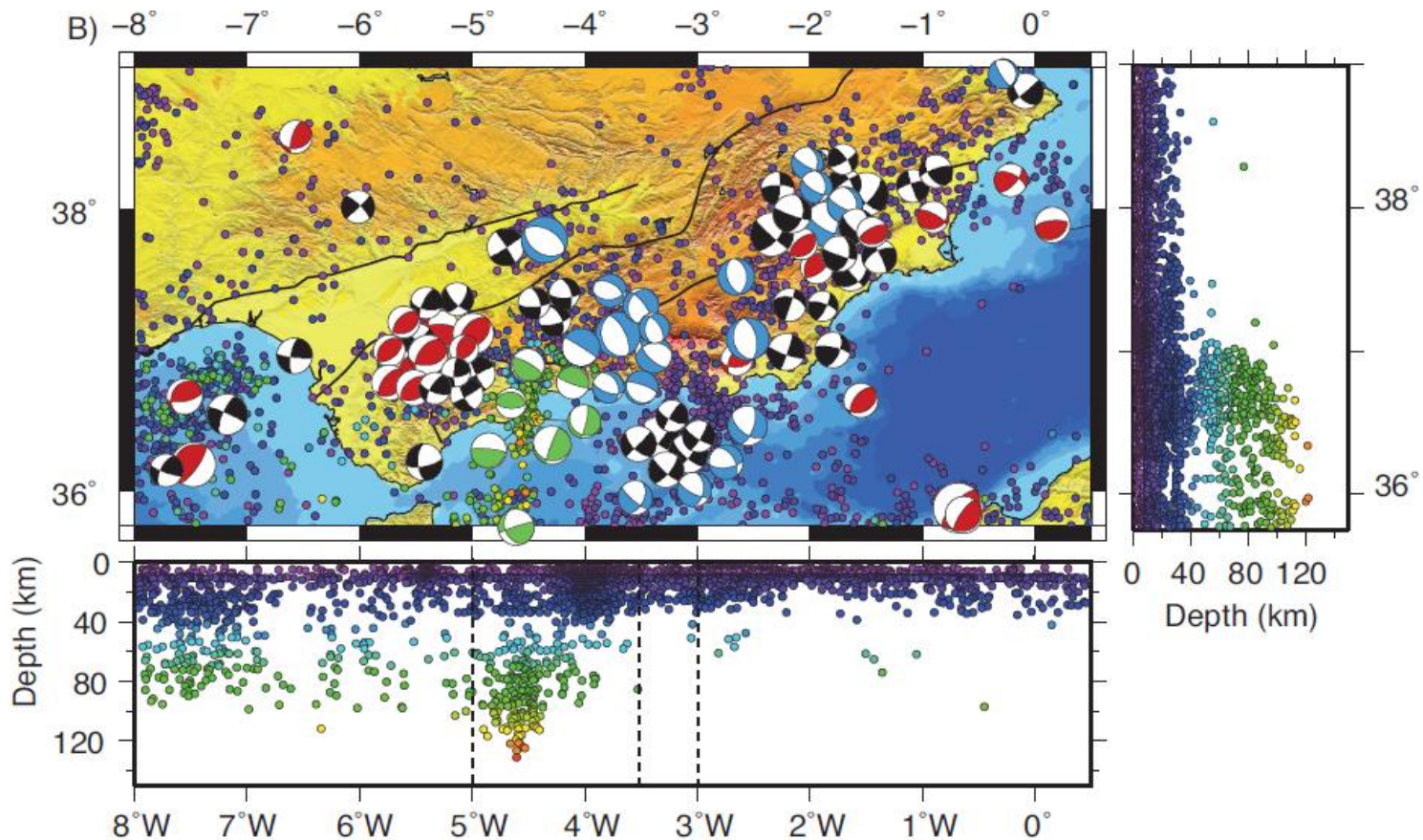
# GNSS y Geodinámica

- Andalucía: borde placa euroasiática/africana



# GNSS y Geodinámica

- Andalucía: borde placa euroasiática/africana



# GNSS y Geodinámica

# Muchas Gracias

