

SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE COLOMBIA

GODESIA Y SU CONTRIBUCIÓN A LAS GEOCIENCIAS

Héctor Mora Páez

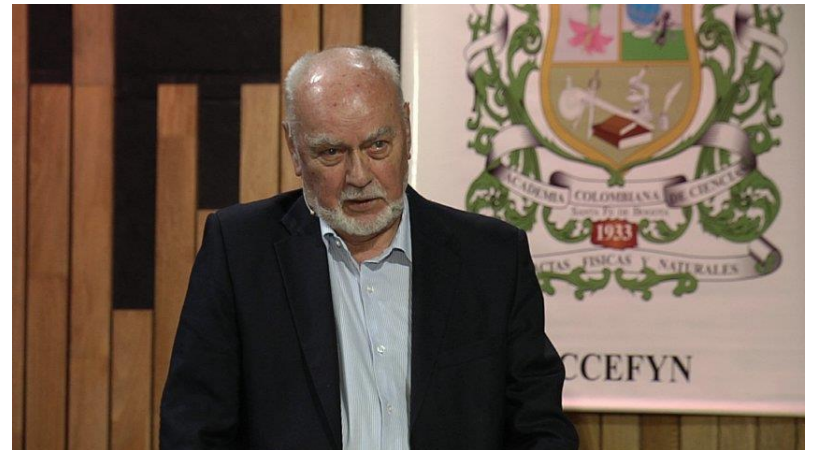
Planetario Distrital de Bogotá, Septiembre 9, 2015

GEODESIA Y SU CONTRIBUCIÓN A LAS GEOCIENCIAS

1. Descubrimientos científicos asociados a la geodesia
2. Contribuciones de la geodesia terrestre
3. Contribuciones de la geodesia espacial
4. Aplicaciones geodésicas próximas
5. Desafíos y conclusiones

Michel Hermelin Arbaux

1937 - 2015



Qué es geodesia?

**Ciencia de la medición y
representación de la superficie
terrestre**

(Helmert, 1880)

Profesor de Geodesia Universidad Técnica de Aachen

Director de Instituto Geodésico de Prusia en Postdam

GEODESIA COMO “CIENCIA”

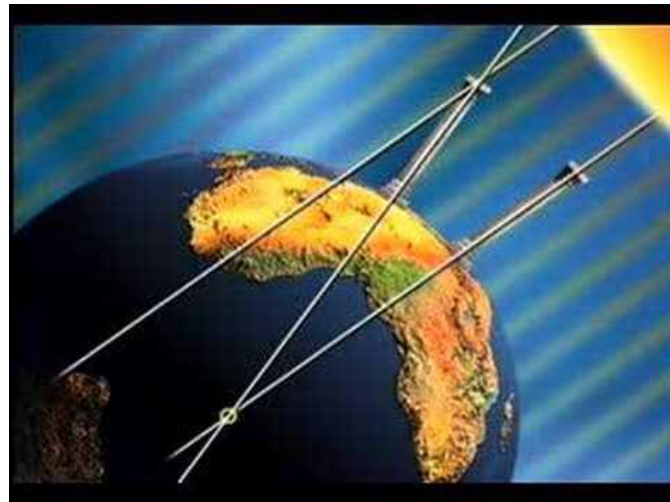
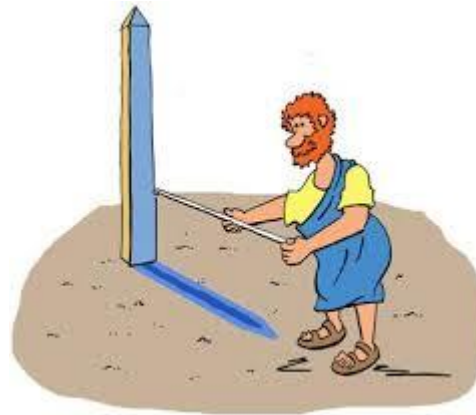
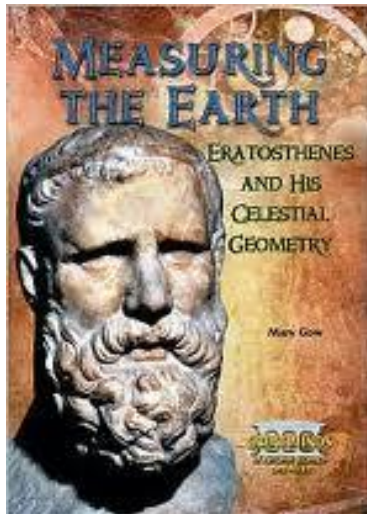
**Medición y representación de la
Tierra, incluyendo su campo de
gravedad terrestre, en un **espacio
tridimensional variante con el
tiempo****

*(Comittee on Geodesy and Geophysics,
1973)*



***DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS ASOCIADOS
A LA GEODESIA***

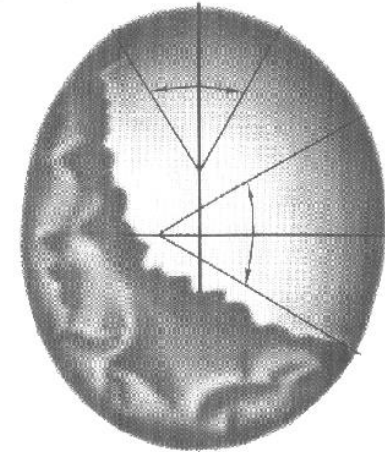
1. Tamaño de la Tierra



2. Forma de la Tierra

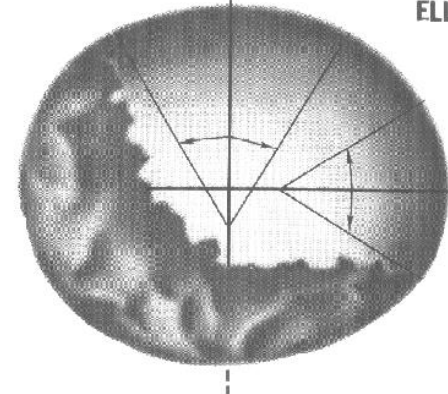


CASSINI'S ELLIPSOID



DIRECTION OF
EARTH'S ROTATION

HUYGEN'S THEORETICAL
ELLIPSOID



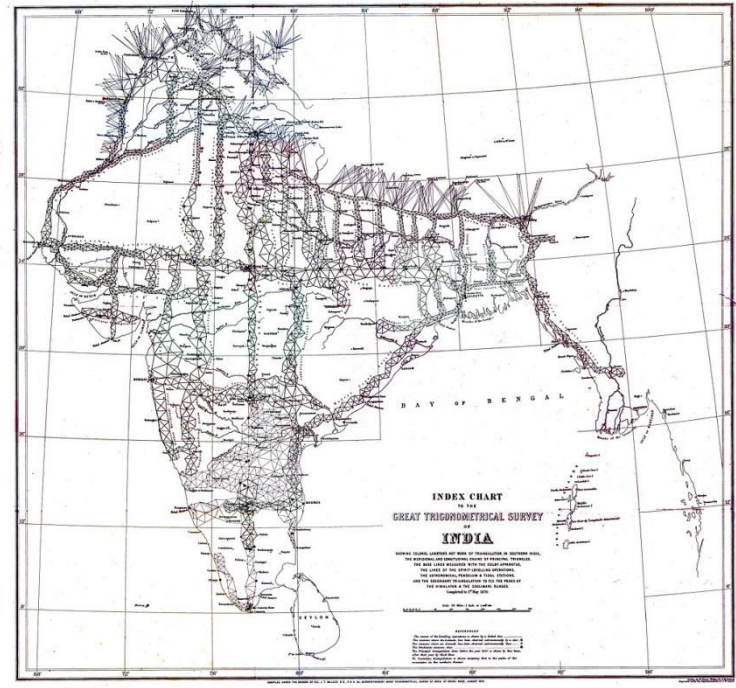
ALL OF THE ANGLES SHOWN ARE EQUAL

Figure 2

3. Isostacia

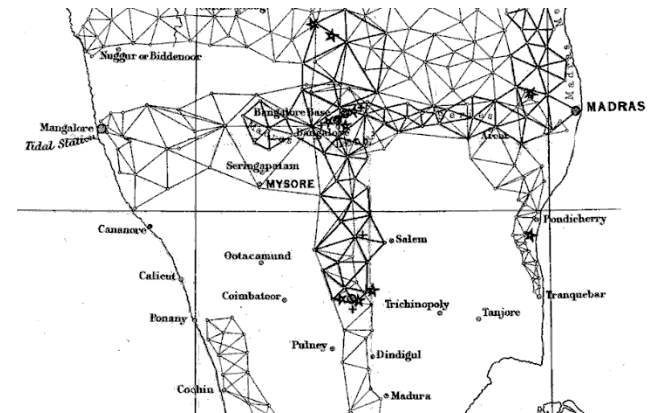
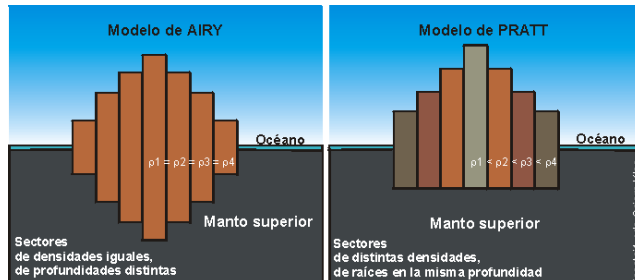


Pierre Bouguer (1698-1758), y portada de su obra *La Figure de la Terre* (1749).

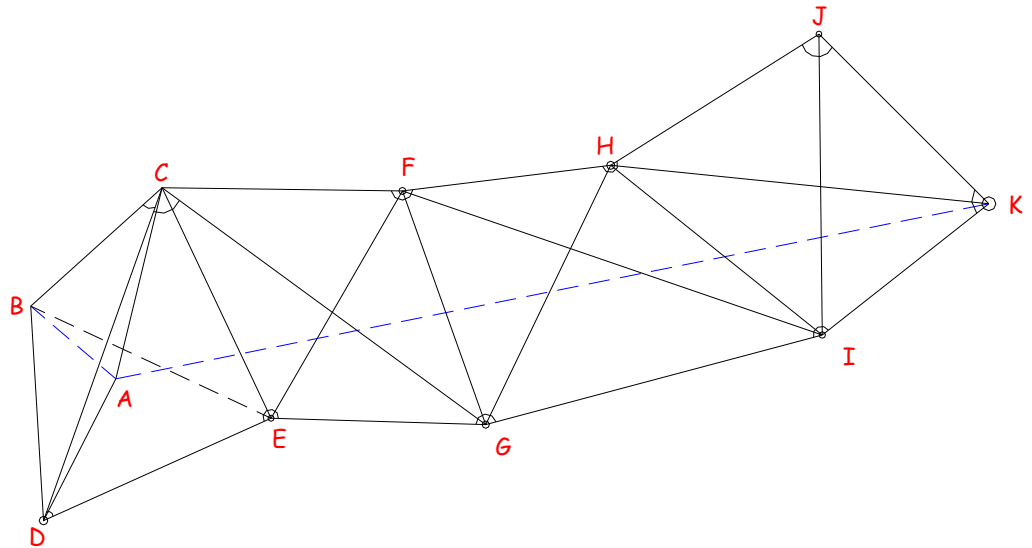


II. *On the Attraction of the Himalaya Mountains, and of the elevated regions beyond them, upon the Plumb-line in India.* By the Venerable JOHN HENRY PRATT, M.A., Archdeacon of Calcutta. Communicated by the Rev. J. CHALLIS, M.A., F.R.S. &c.

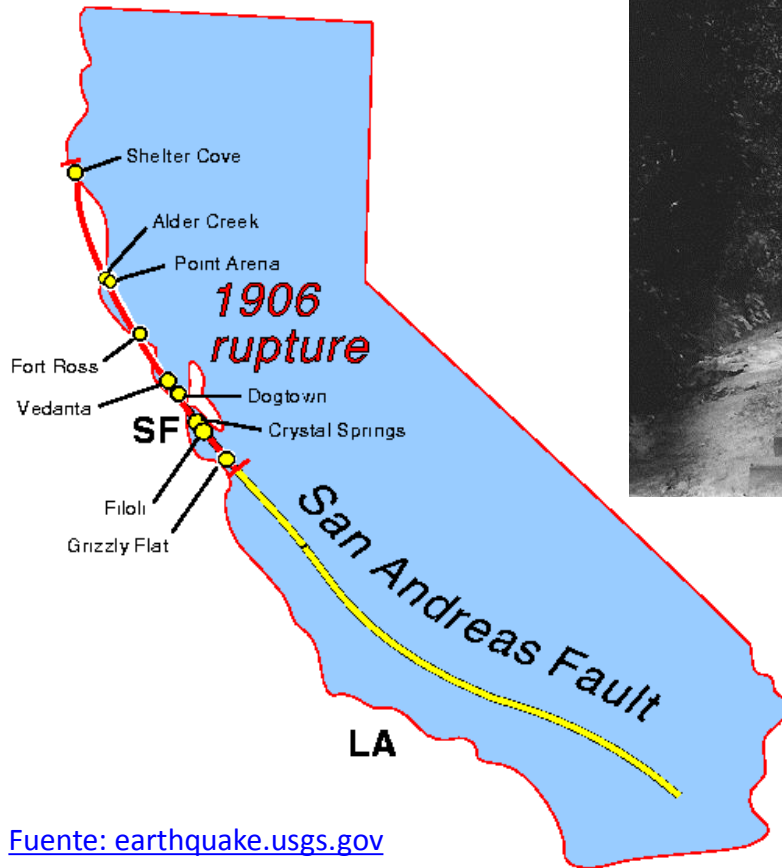
Received October 23,—Read December 7, 1854.



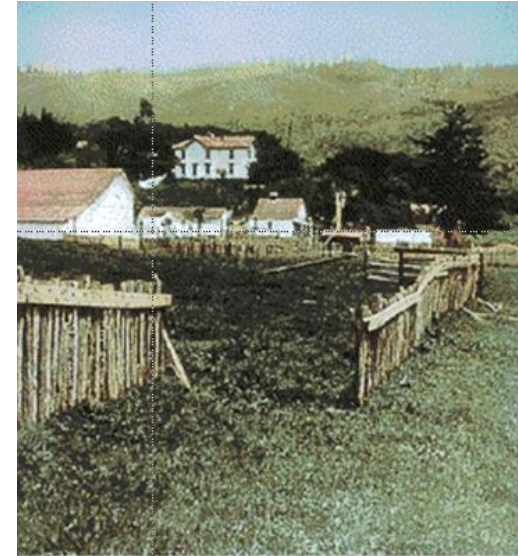
REDES DE TRIANGULACIÓN



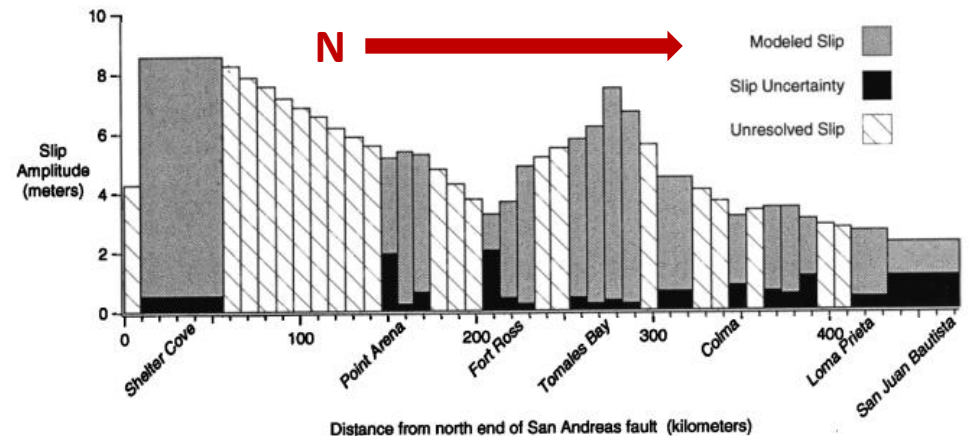
La “pesadilla” de los geodestas



Fuente: earthquake.usgs.gov



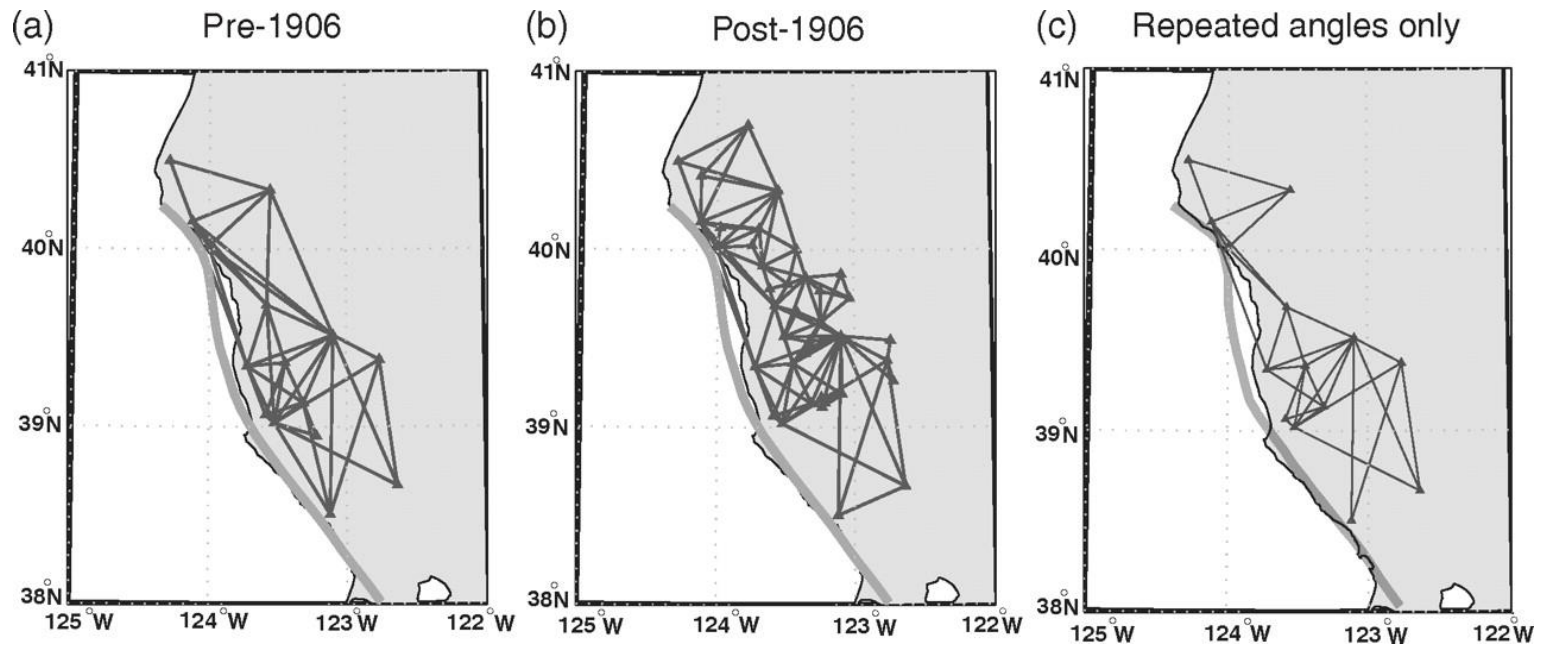
Sismo de San Francisco, Abril 18, 1906



Deslizamiento co-sísmico estimado geodésicamente

Thatcher et al, 1997

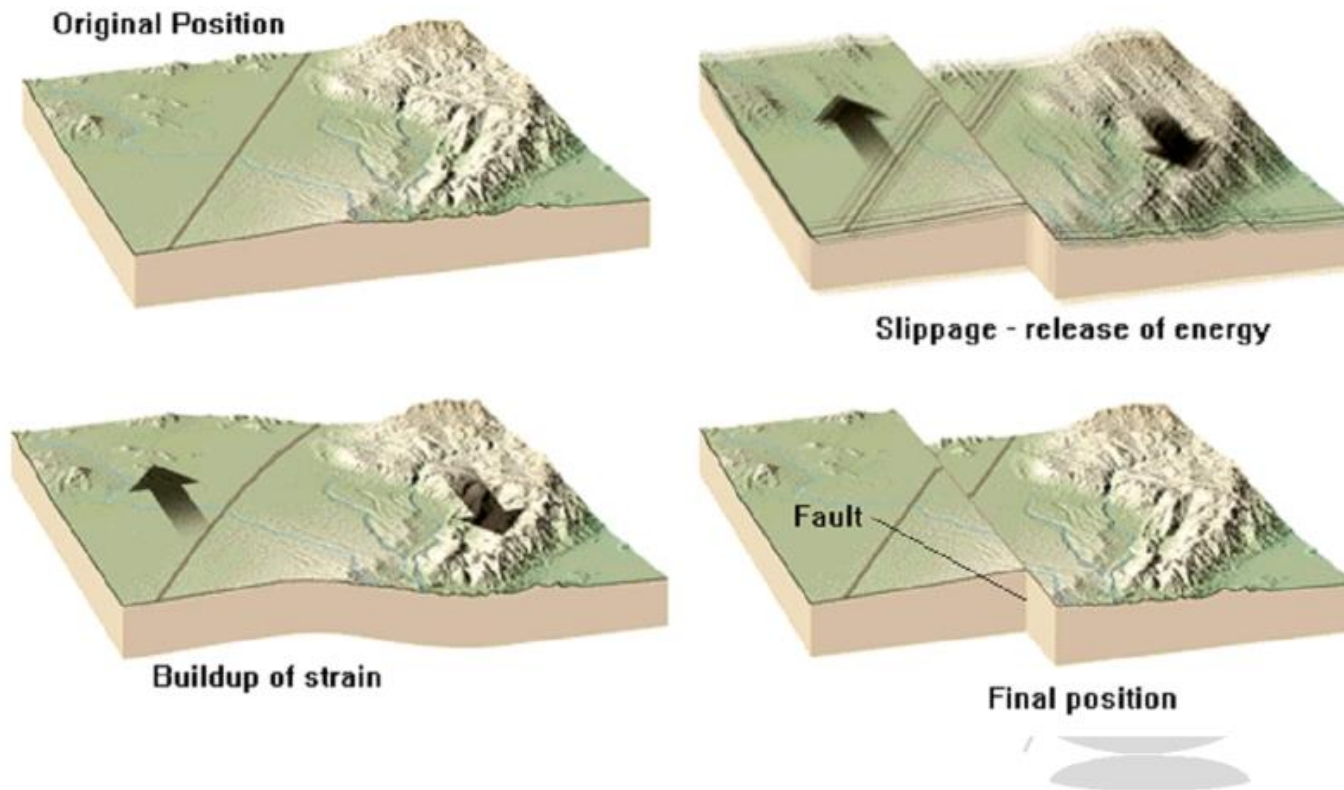
La “pesadilla” de los geodestas



(Datos 1851-65, 1874-92, 1906)

4. Teoría del rebote elástico, Reid, 1910

Earthquakes arise from Elastic Rebound along a Fault



Las rocas sometidas a esfuerzos
sufren deformaciones elásticas



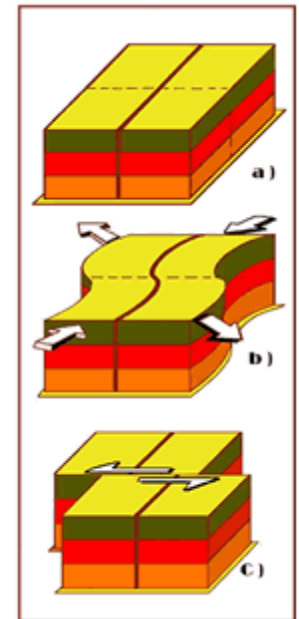
Se reducen o amplían los espacios de
separación entre sus partículas



El terremoto es la vibración producida
por la liberación paroxísmica de la
energía elástica almacenada en las rocas



Superada la resistencia del material
se origina una falla y
se libera en segundos la energía almacenada

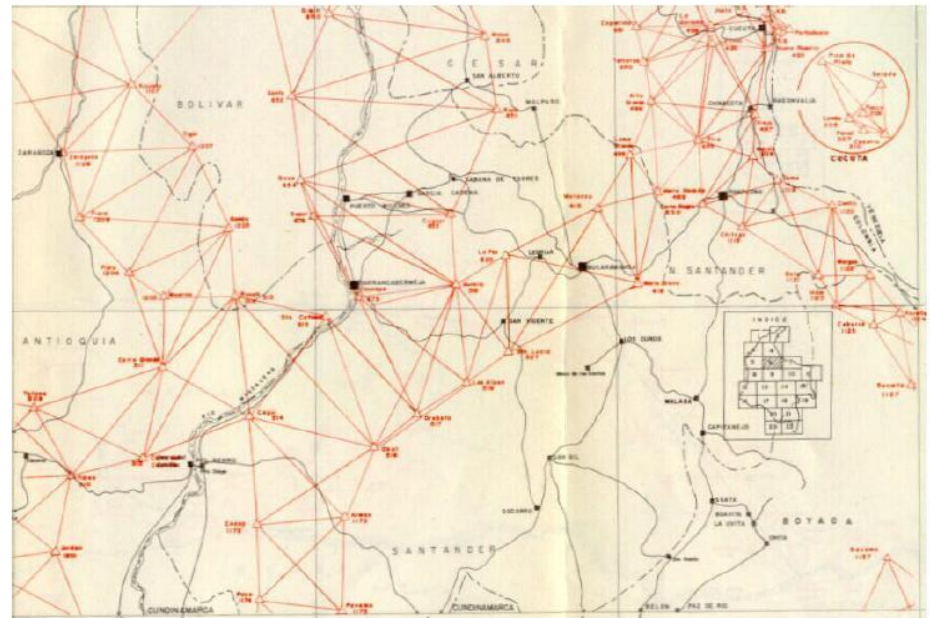


***CONTRIBUCIONES
DE LA
GEODESIA TERRESTRE***

Triangulación como base de la cartografía en Colombia



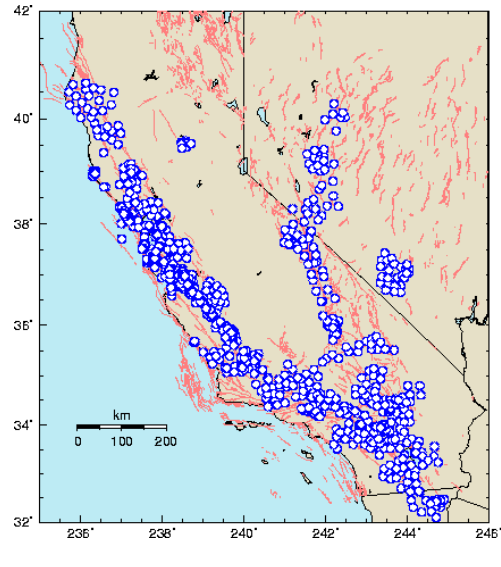
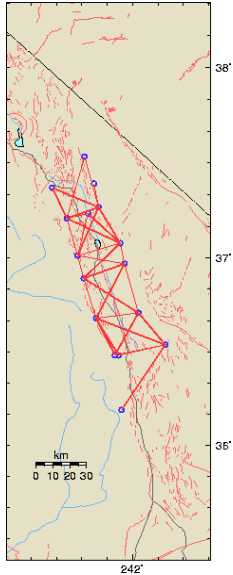
IGAC, 1941
Posada y Grandchamp



ARENA: Arco de triangulación Bogotá - Bucaramanga - Cúcuta

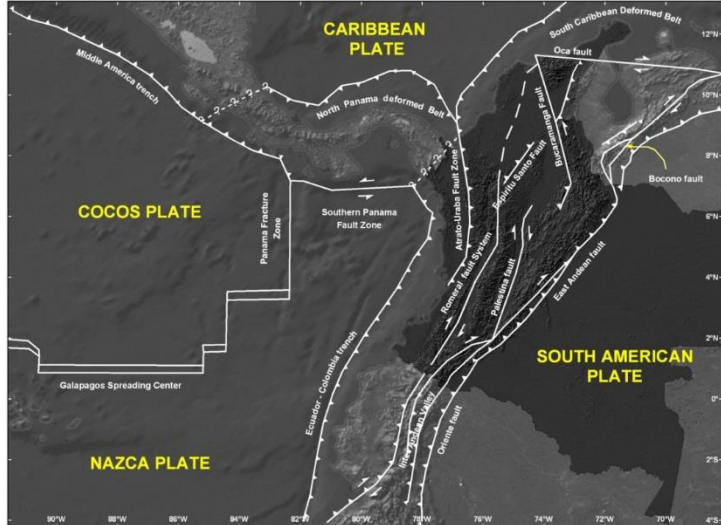
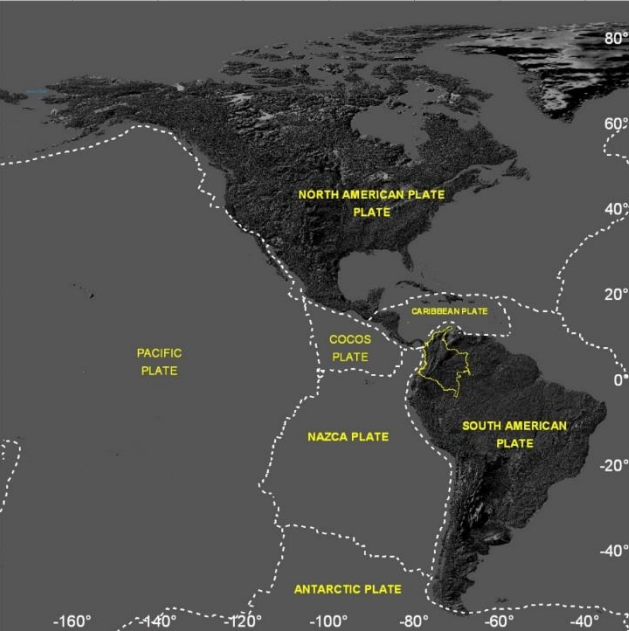
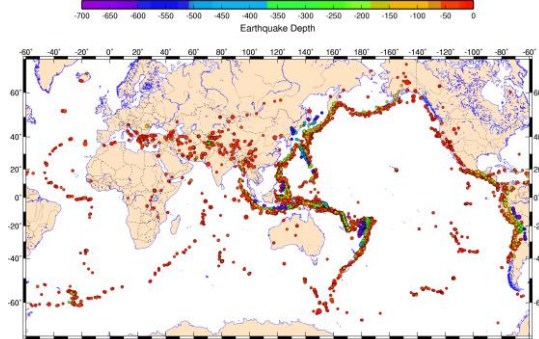
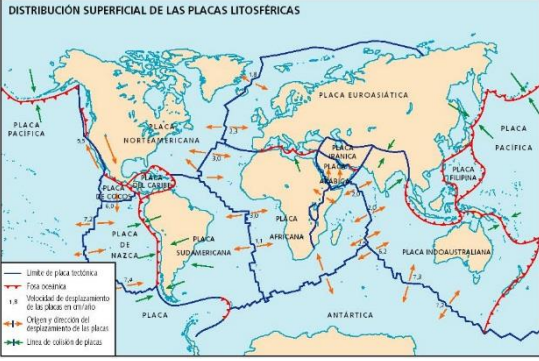
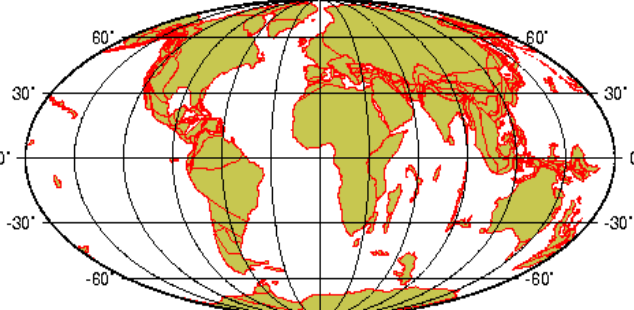
IGAC, 1975

Redes de Trilateración

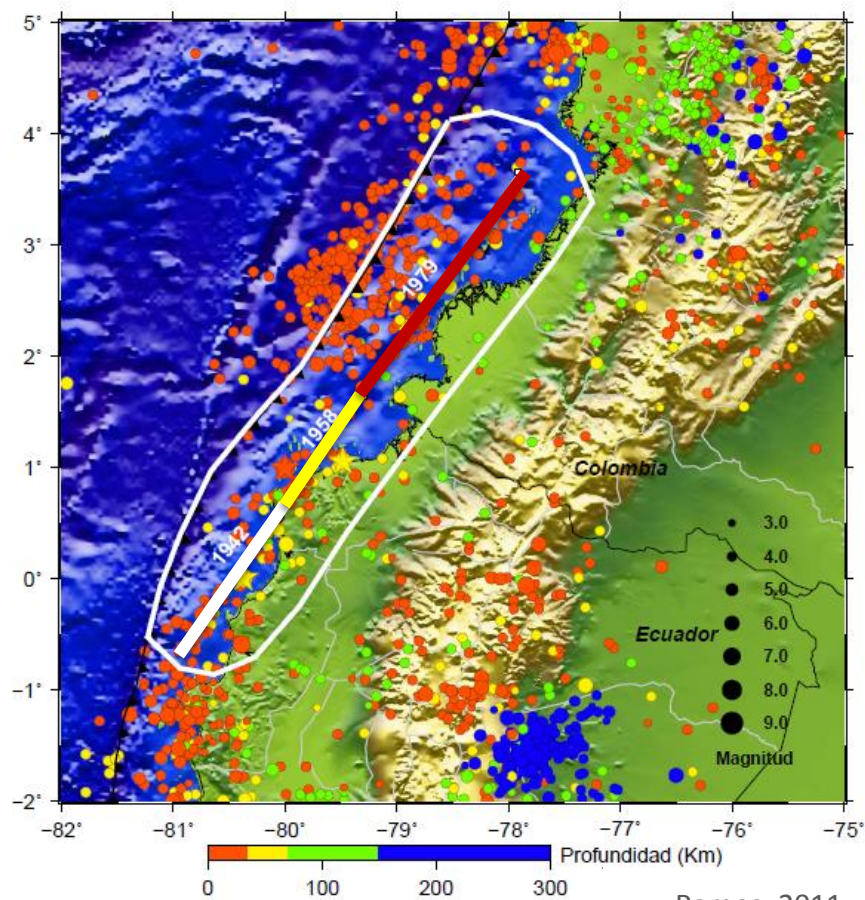


***CONTRIBUCIONES
DE LA
GEODESIA ESPACIAL***

GEODINÁMICA: Tectónica de placas



SISMICIDAD EN COLOMBIA

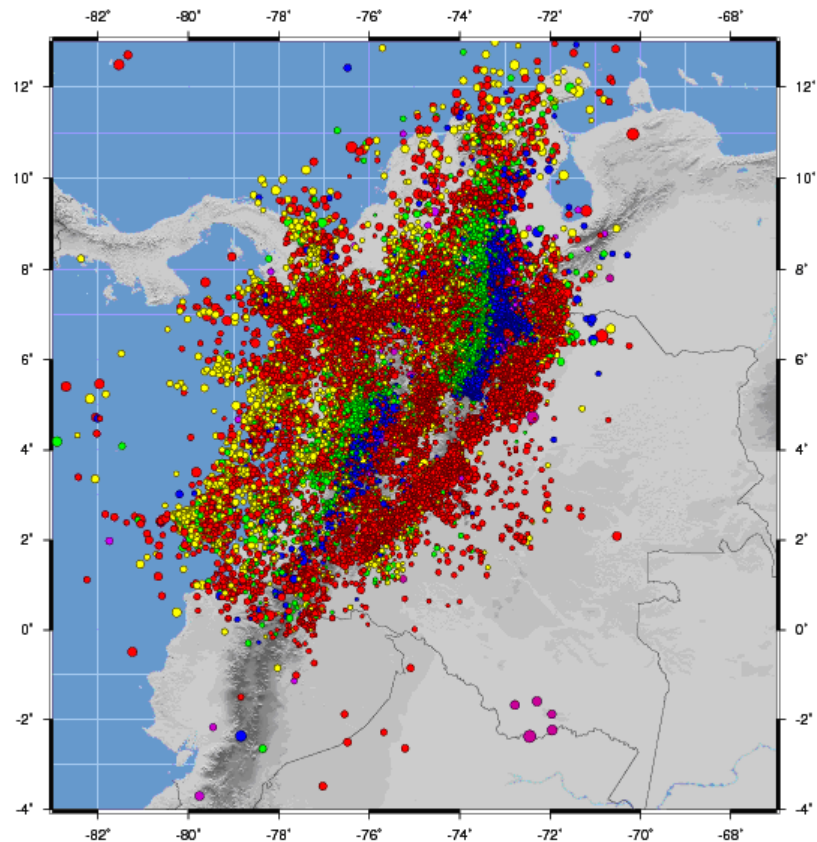


1906, $M_w = 8,8$

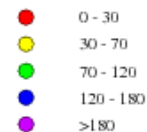
1942, $M_w = 7,6$

1958, $M_w = 7,6$

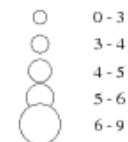
1979, $M_w = 8,2$



Profundidad (Km)



Magnitud (MI)



PROYECTO CASA

Central And South America GPS Project



43 receptores GPS obtuvieron 590 estación-día de datos en

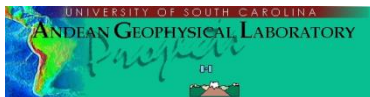
Samoa Americana, Australia, Canadá,, Nueva Zelandia, Noruega,, Suecia, Estados Unidos, Alemania

Colombia, Costa Rica, Ecuador Panamá y Venezuela.

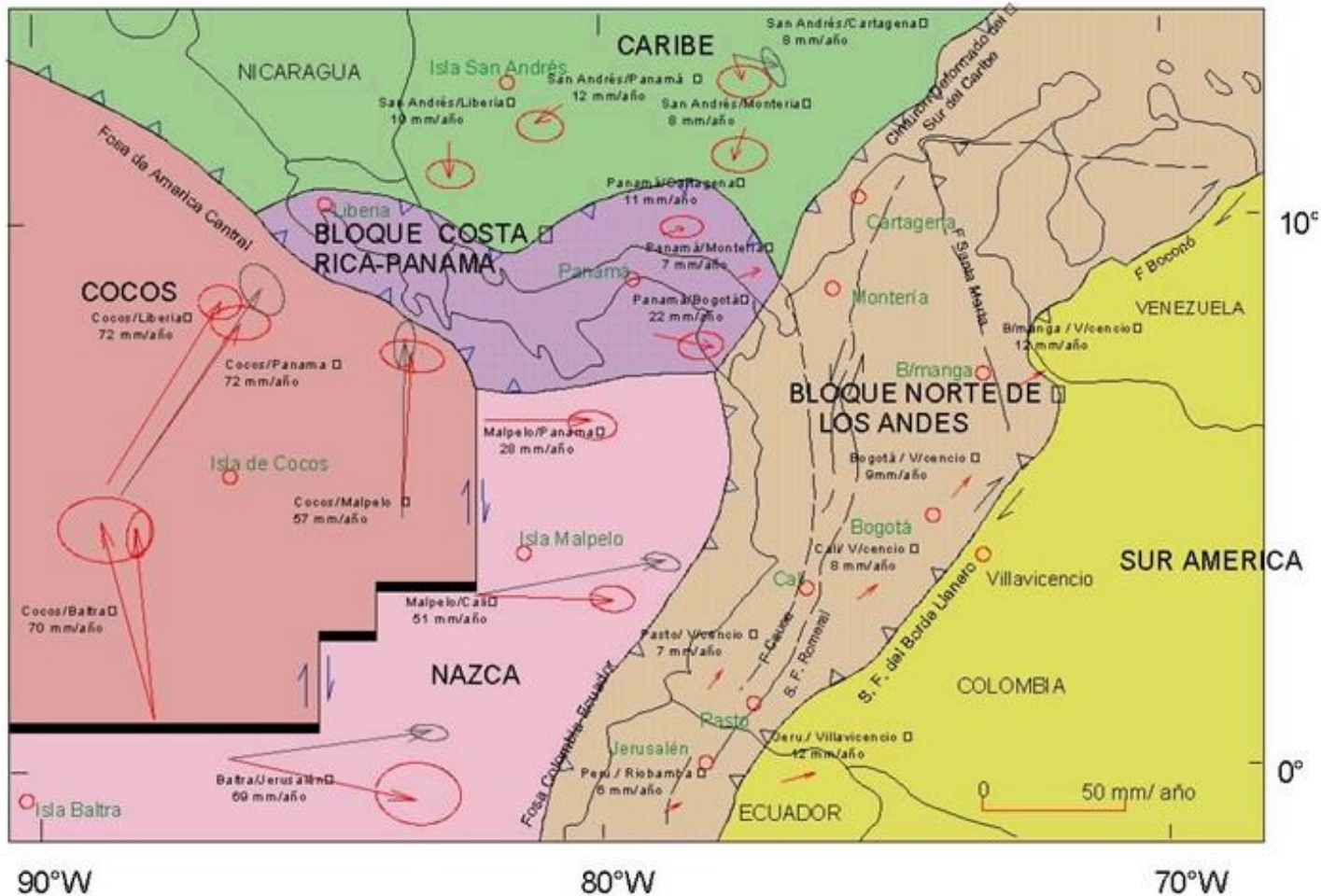
Fue el comienzo

Primer esfuerzo civil en la implementación de una red global satelital GPS de rastreo

1988 - 1998



VELOCIDADES GEODÉSICAS GPS



Modificado de:

Freymueller y Kellogg, (1991)

Mora (1995)

Vega y Kellogg, (1995)

Líneas bases



Proyecto CASA
(Central And South America GPS Project)

1988 – 1998

NASA, NSF, UNAVCO



Proyecto
Levantamiento de Información Geodinámica del territorio
Colombiano

Pre-GEORED

1998 – 2006

NASA, UNAVCO, Universidad de Carolina del Sur



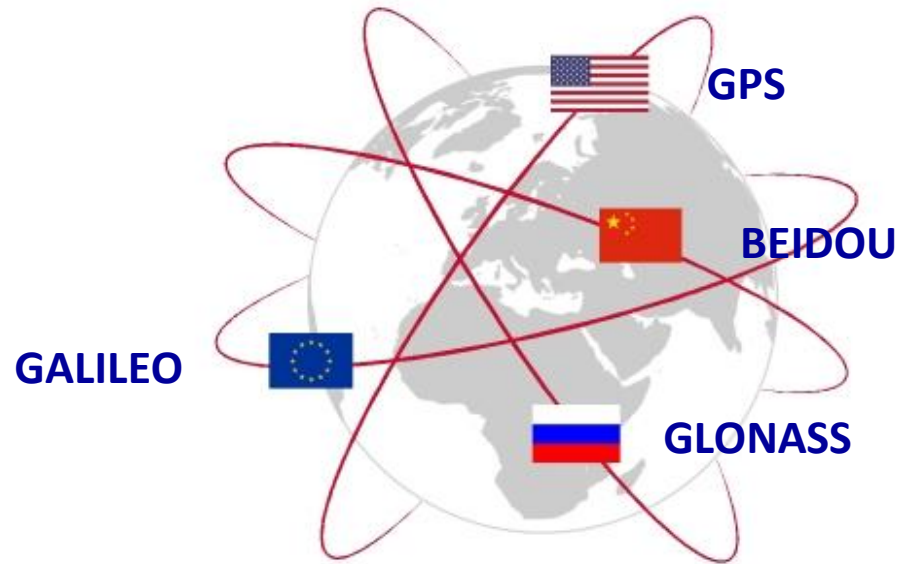
GeoRED

2007 – 2016

NASA, UNAVCO, UCAR

GNSS

Constelaciones Globales



GEODESIA GENERAL

Fotocontrol
Cartografía
Catastro
Levantamientos

GNSS



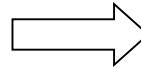
GEODESIA APLICADA

INVESTIGACIÓN

GEODESIA

Terrestre y espacial

Campo lejano
Campo cercano



Global,
Regional,
Local



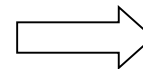
REDES

Posicionamiento H, V

TIEMPO: Cinemática



GEODINÁMICA



Geodesia tectónica
Geodesia volcánica

Contribución de geodesia espacial GNSS a las investigaciones geodinámicas

Contribución de geodesia espacial GNSS a las investigaciones geodinámicas

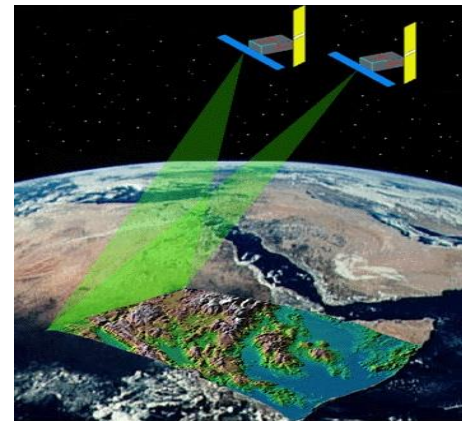
Los movimientos de la superficie de la Tierra sólida, en un rango de milímetros a centímetros por año, pueden ser medidos empleando tecnología espacial

Las mediciones reflejan:

- *Movimiento placas tectónicas*
- *Desplazamientos co-sísmicos*
- *Deformación de corteza entre sismos (período inter-sísmico)*
- *Subsidencia*
- *Deformación volcánica*
- *Movimientos en masa*
- *.....*



GNSS
Geodesia de
posicionamiento

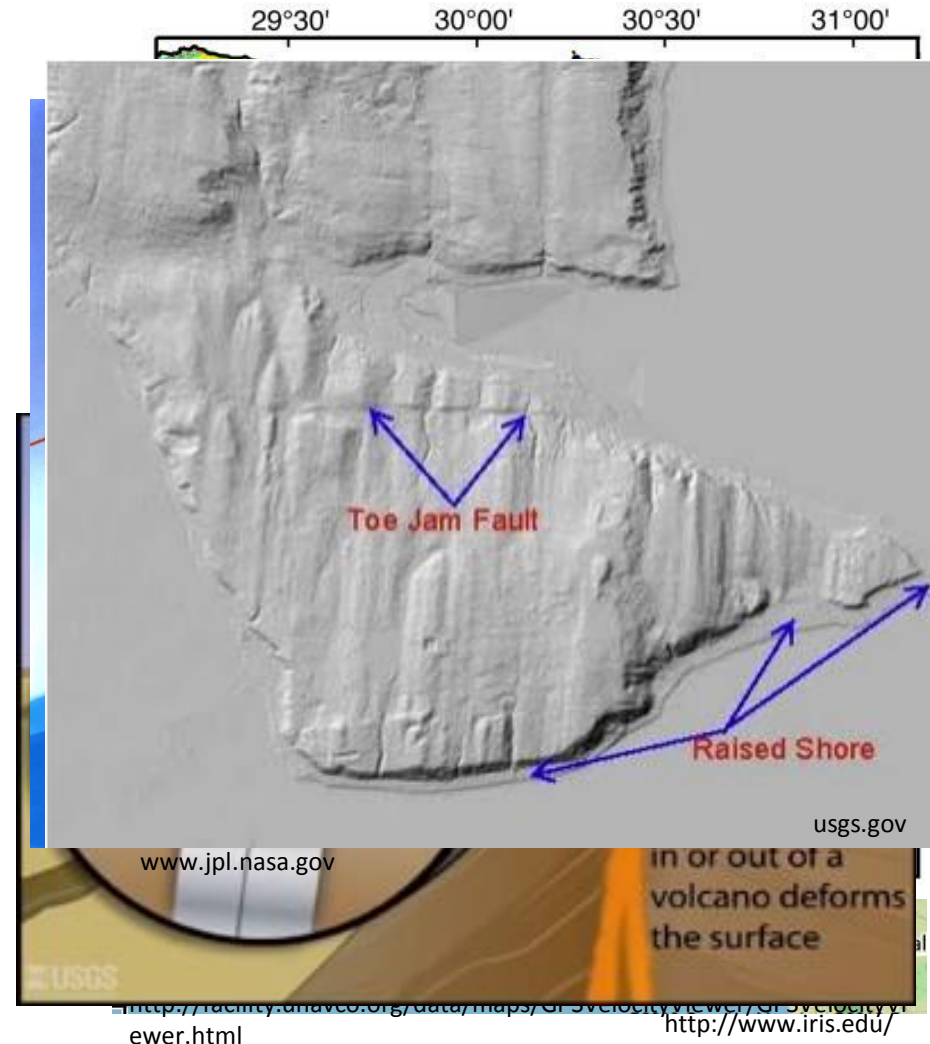


In-SAR
Geodesia de
imágenes

GEODESIA ... ciencia de la medición precisa del tamaño de la Tierra, forma, orientación, distribución de masas y *variaciones de estas con el tiempo*

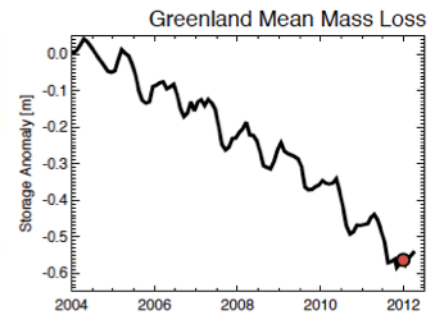
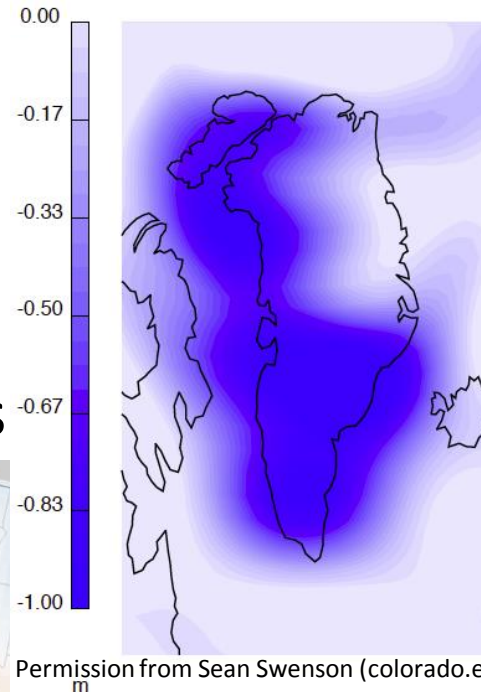
GEODESIA: ciencia, herramienta

- GPS (Global Positioning System)
- InSAR (Interferometric synthetic aperture radar)
- LiDAR (Light detecting and ranging)
- Strain meters, tiltmeters, creep meters
- Gravity measurements
- Sea level altimetry



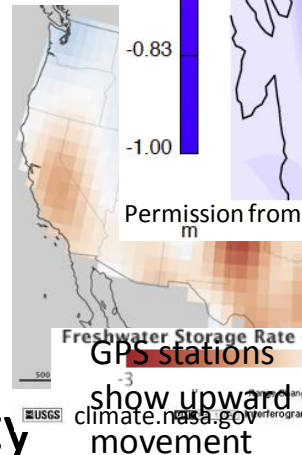
Contribución de geodesia

- Plate tectonics
 - Motions and mechanisms
- Hazard monitoring
 - Volcanic, earthquake, landslide
- Ice dynamics
 - Mass changes, velocity
- Water resources
 - Surface/ground water, subsidence, sea level

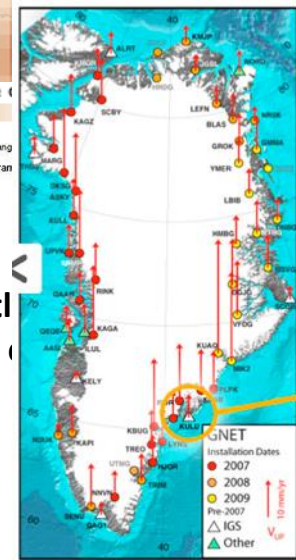


Ice mass loss from GRACE
(Gravity Recovery and Climate Experiment)

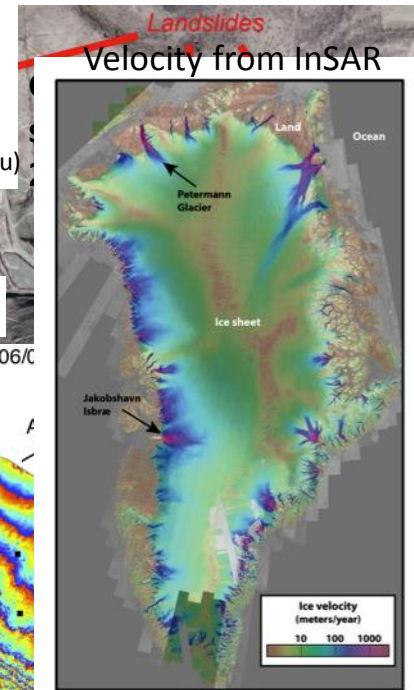
facility.unavco.org



Florida wetland water level from InSAR



Permission from Mike Bevis (osu.edu)



Permission from Twila Moon (uw.edu)

serc.carleton.edu

<http://www.iris.edu/>

GNSS Y GEODINÁMICA



*Uso de instrumental GNSS para determinar posiciones de alta precisión (**mm**) con estaciones geodésicas de **alta estabilidad** en diversos períodos de tiempo para establecer cambios relativos en posición (**mm/año**)*



Instalación de estación

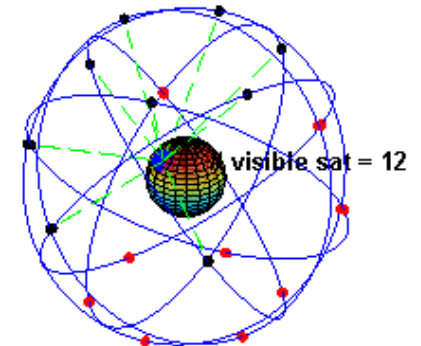
INVESTIGACIONES GEODÉSICAS ESPACIALES GNSS CON PROPÓSITOS GEODINÁMICOS

Geodesia:
Red de Estudios de
Deformación

Proyecto de investigación e innovación cuyo objetivo es el estudio y análisis de la deformación de la corteza terrestre en Colombia, a partir de una red nacional de estaciones geodésicas GNSS, (Mora, 2006).



**Red Nacional de Estaciones
Geodésicas Espaciales GNSS
con propósitos
geodinámicos**



ASEDT

Grupo de Investigación y Desarrollo en Aplicaciones Satelitales para el Estudio de la Dinámica de la Tierra - COLCIENCIAS

INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA GNSS

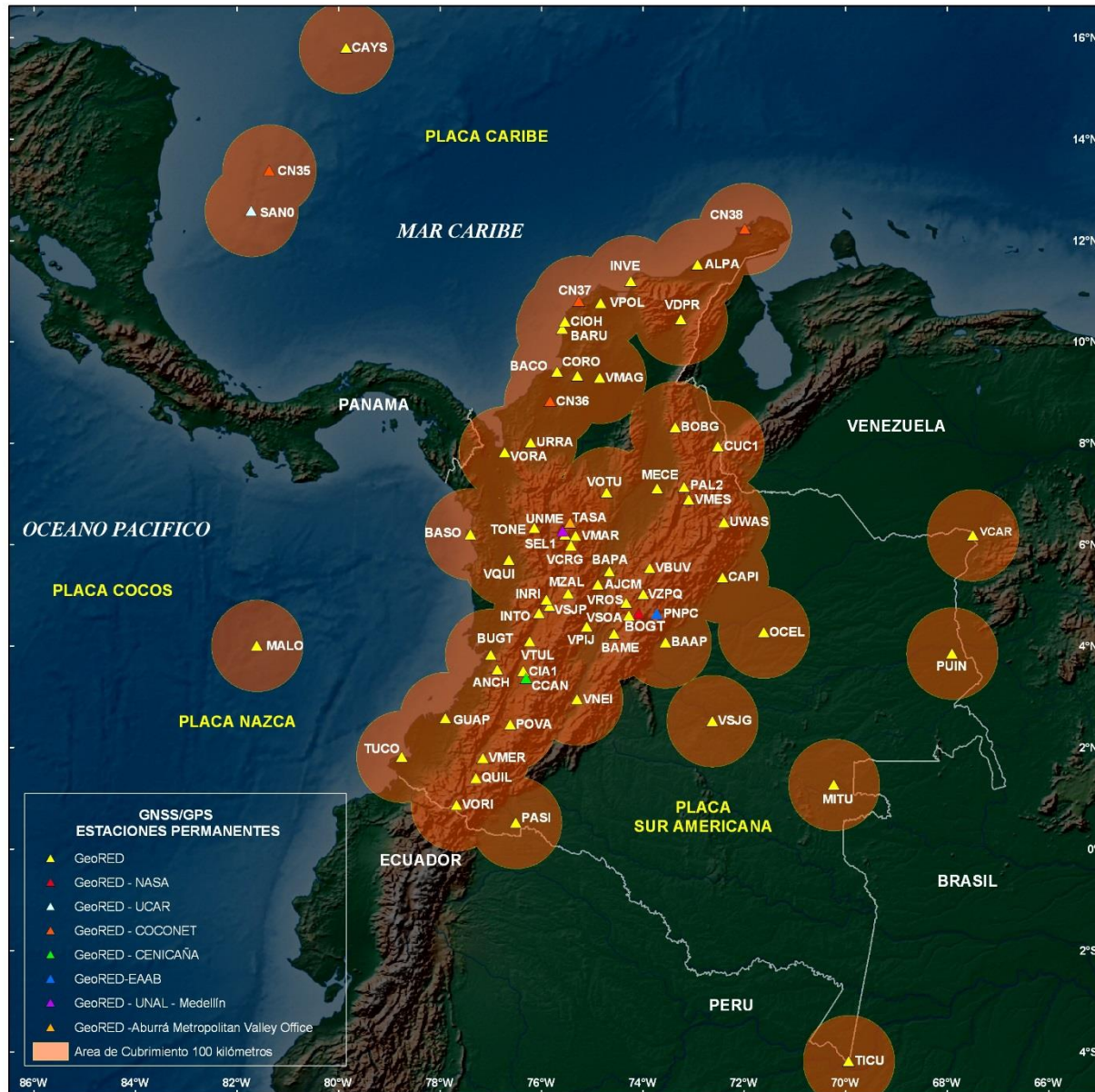


**72 Estaciones
permanentes
de operación
continua**

**Red
Activa**

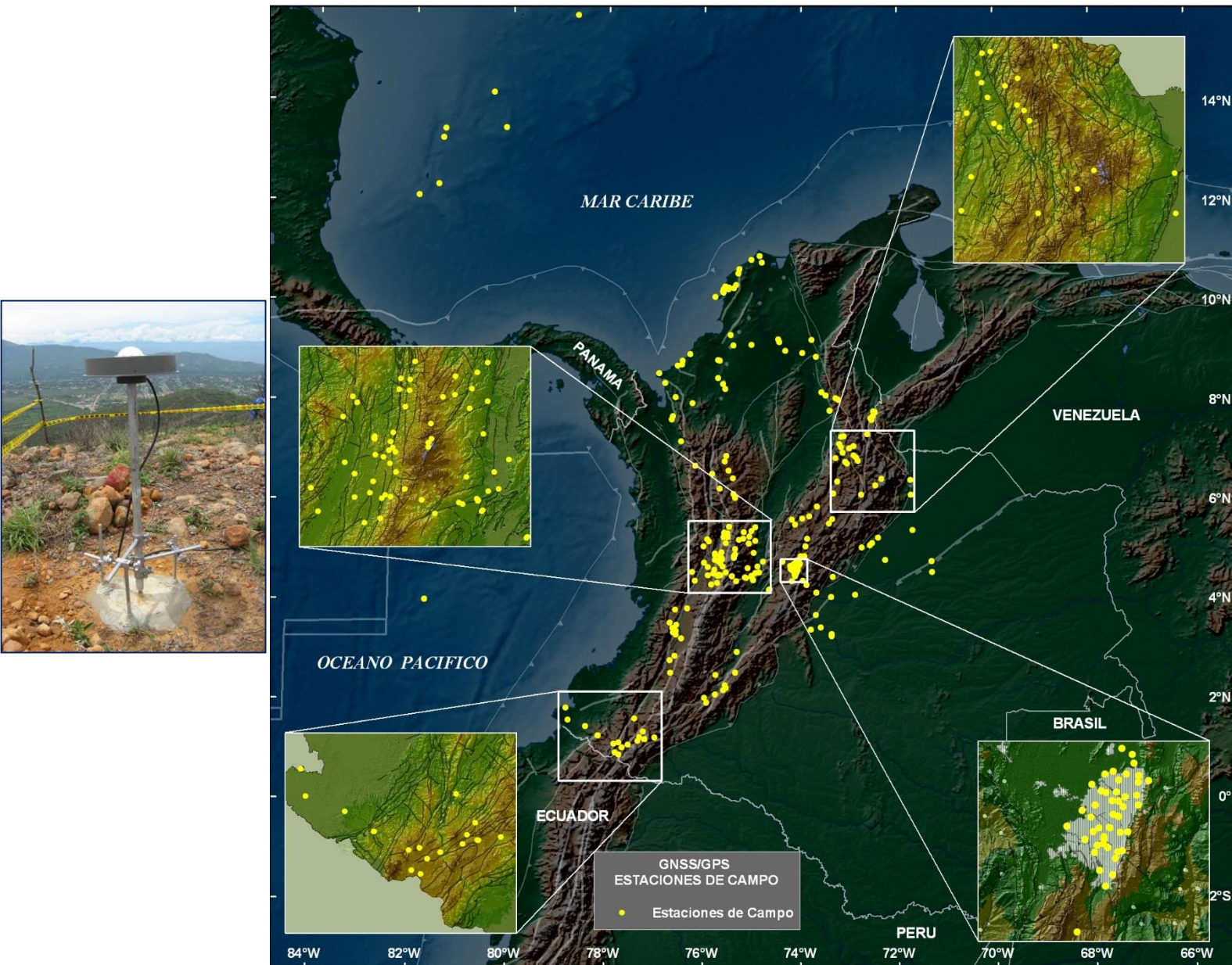
Mora et al, 2015

INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA GNSS



**Cobertura
100 km**

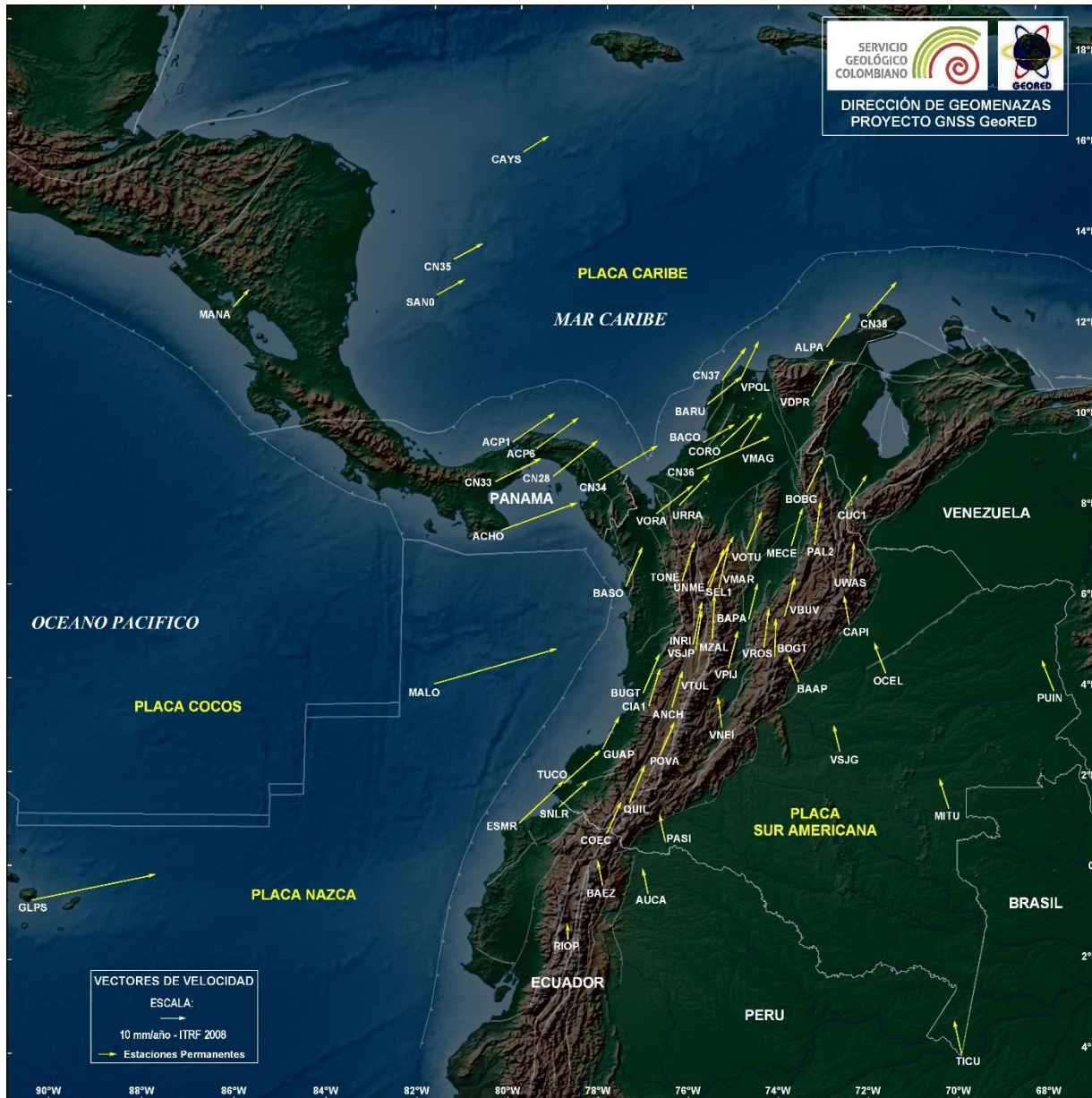
INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA GNSS



Estaciones
de
campo
de
ocupación
Episódica

**Red
Pasiva**

VELOCIDADES ESTACIONES CORS GeoRED



Velocidades
geodésicas
expresadas con
respecto
al Marco Internacional
Terrestre de Referencia
ITRF2008

Mora et al, 2015

VELOCIDADES ESTACIONES CORS GeoRED

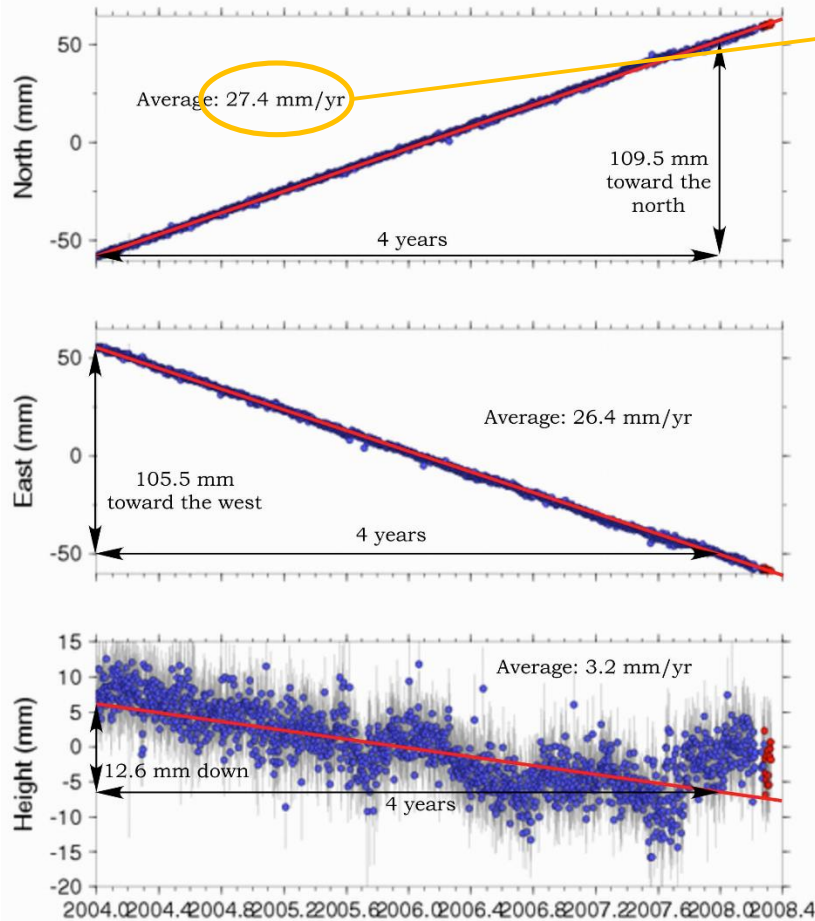


Velocidades
geodésicas
expresadas con
respecto
a Placa suramericana fija

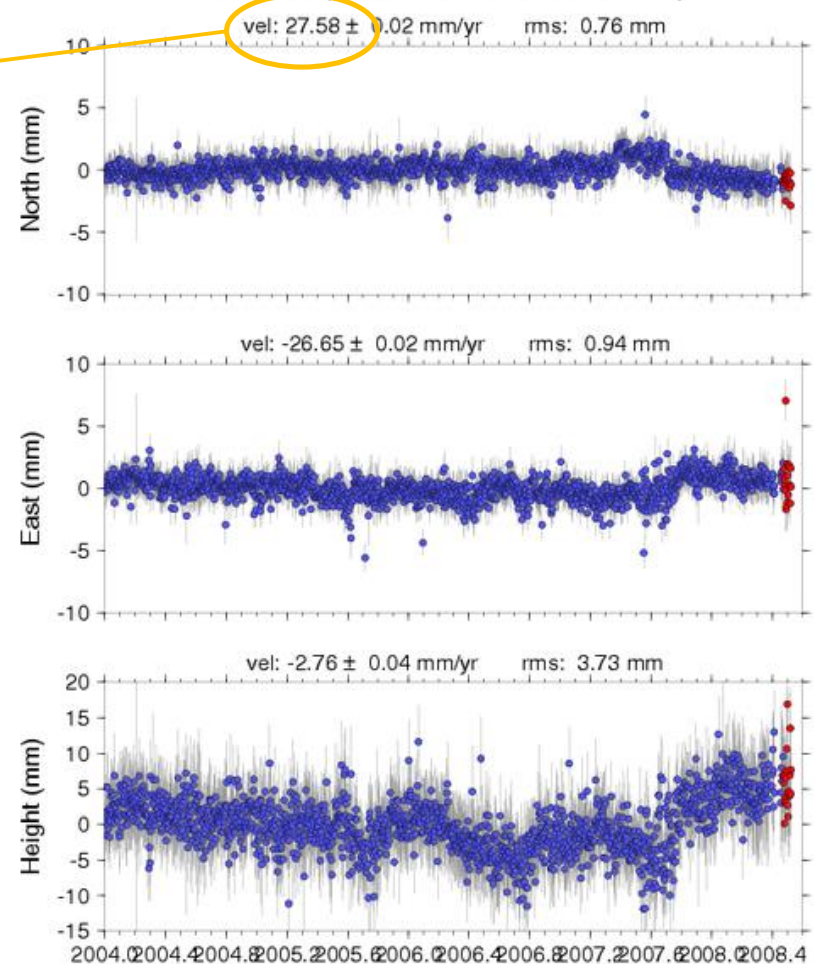
Mora et al, 2015

Series de tiempo GPS

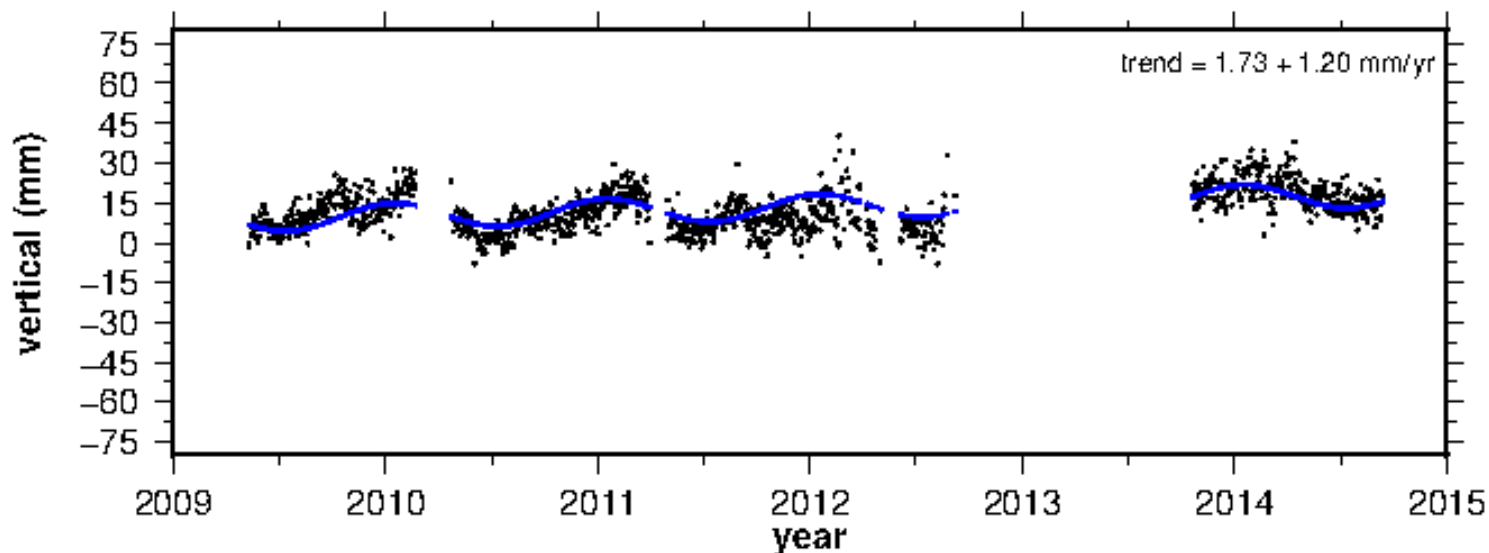
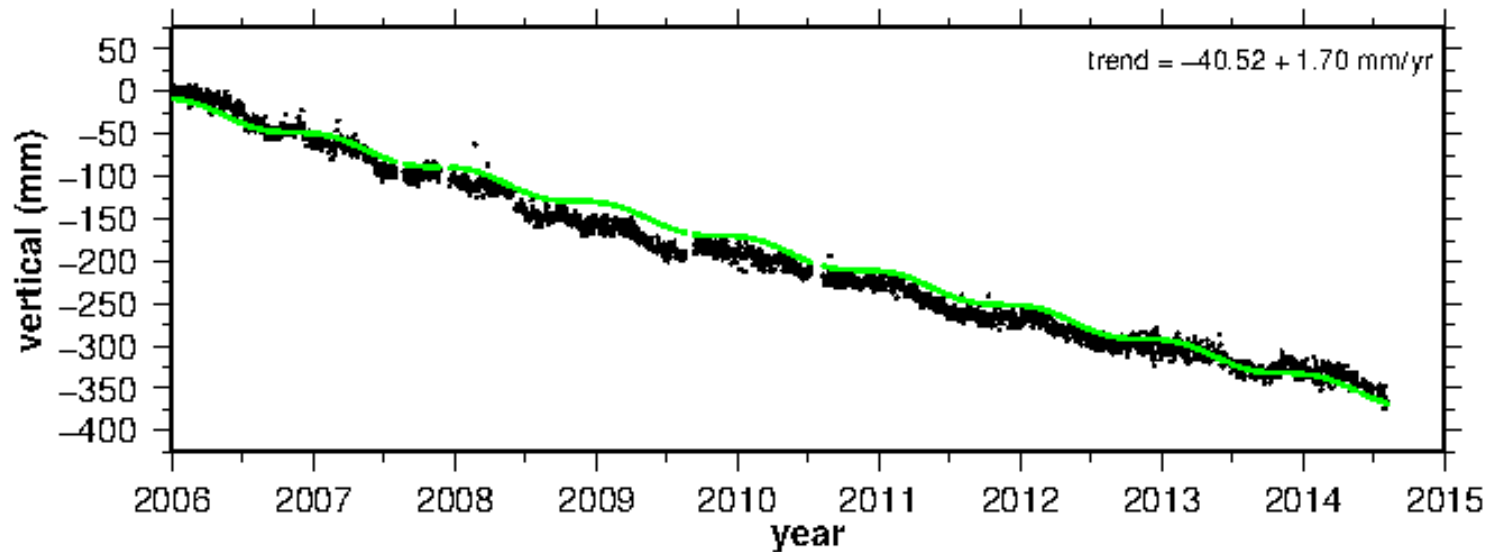
SBCC (SBCC_SCGN_CS1999)

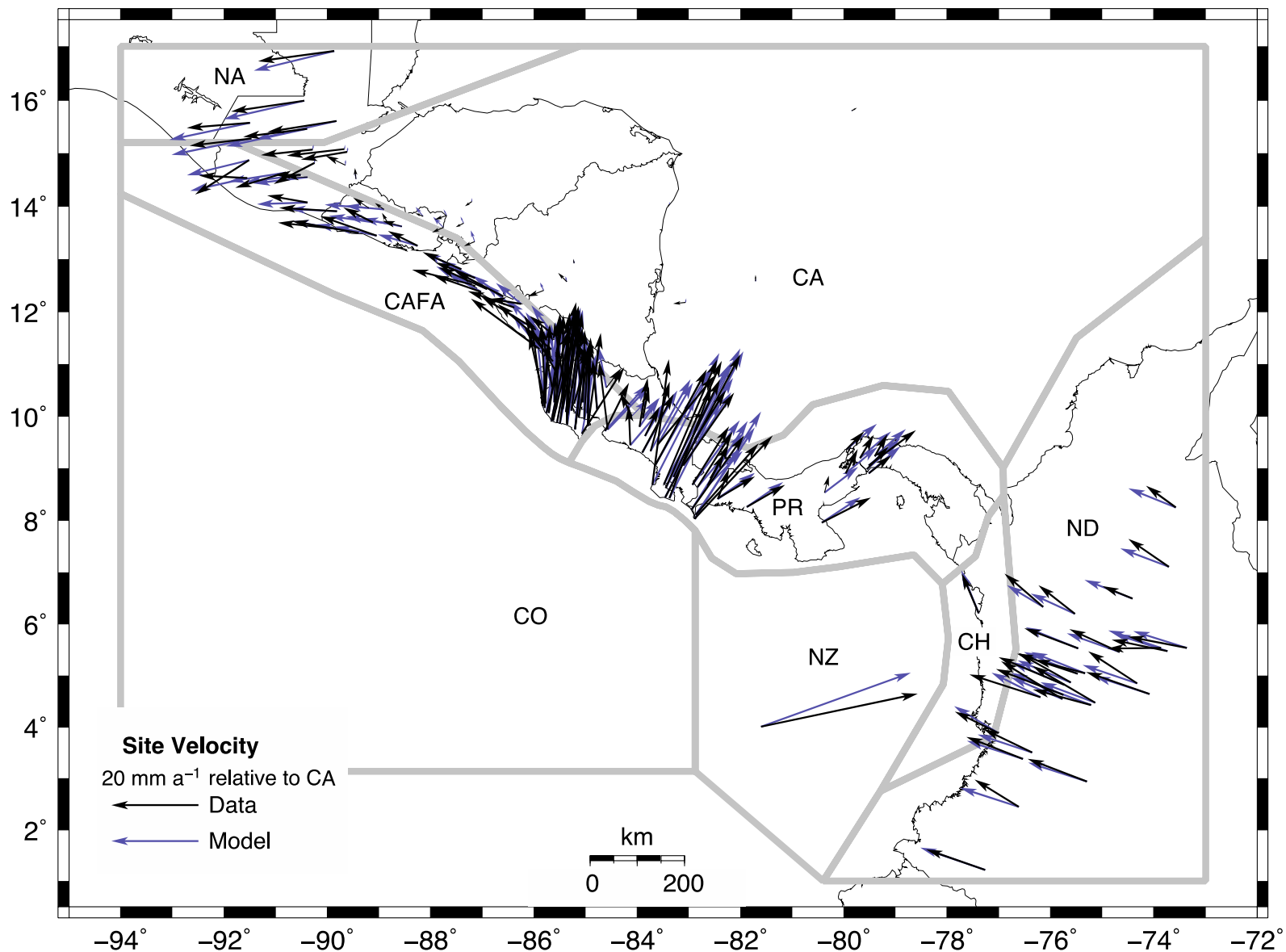


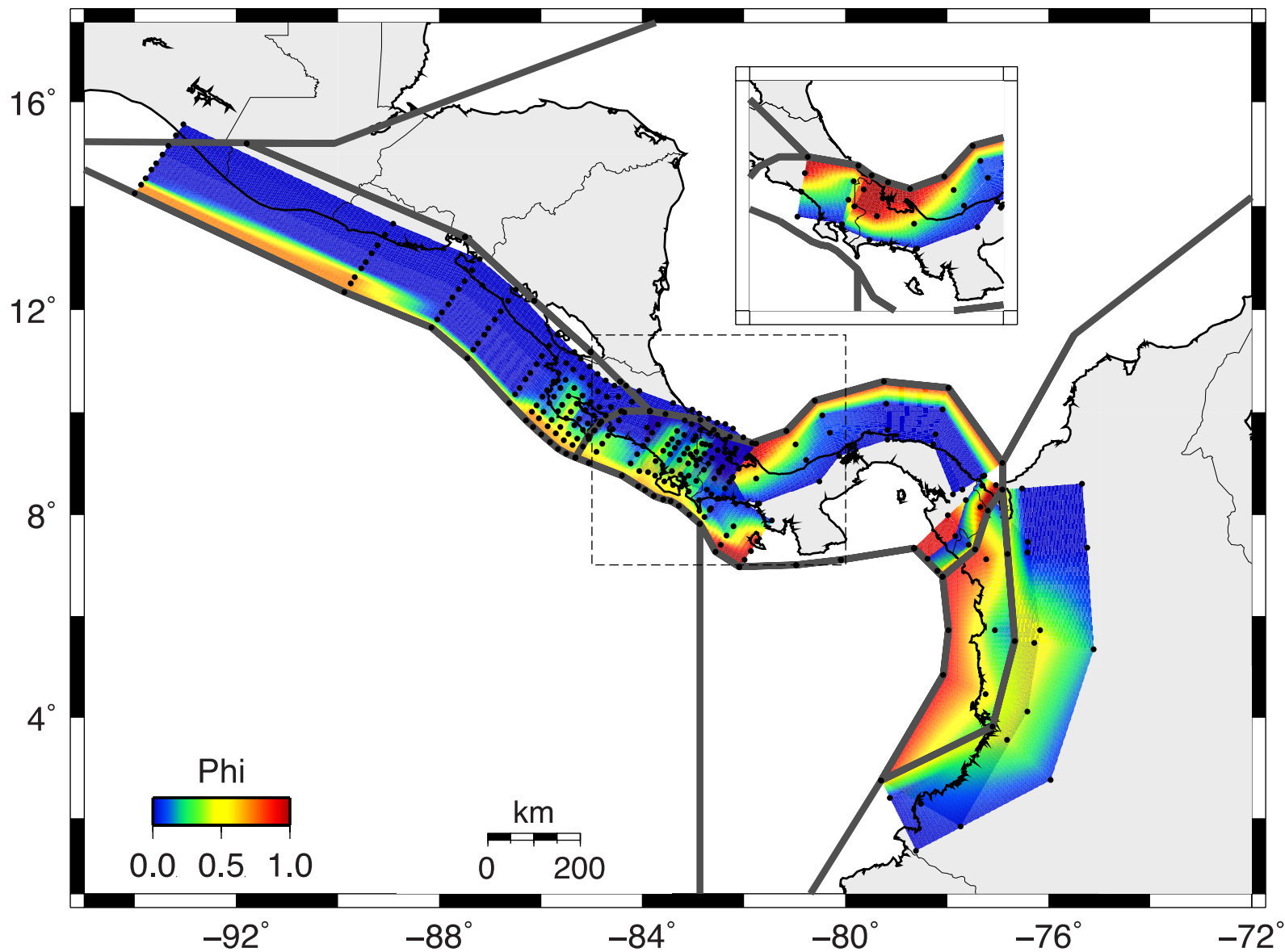
SBCC (SBCC_SCGN_CS1999)



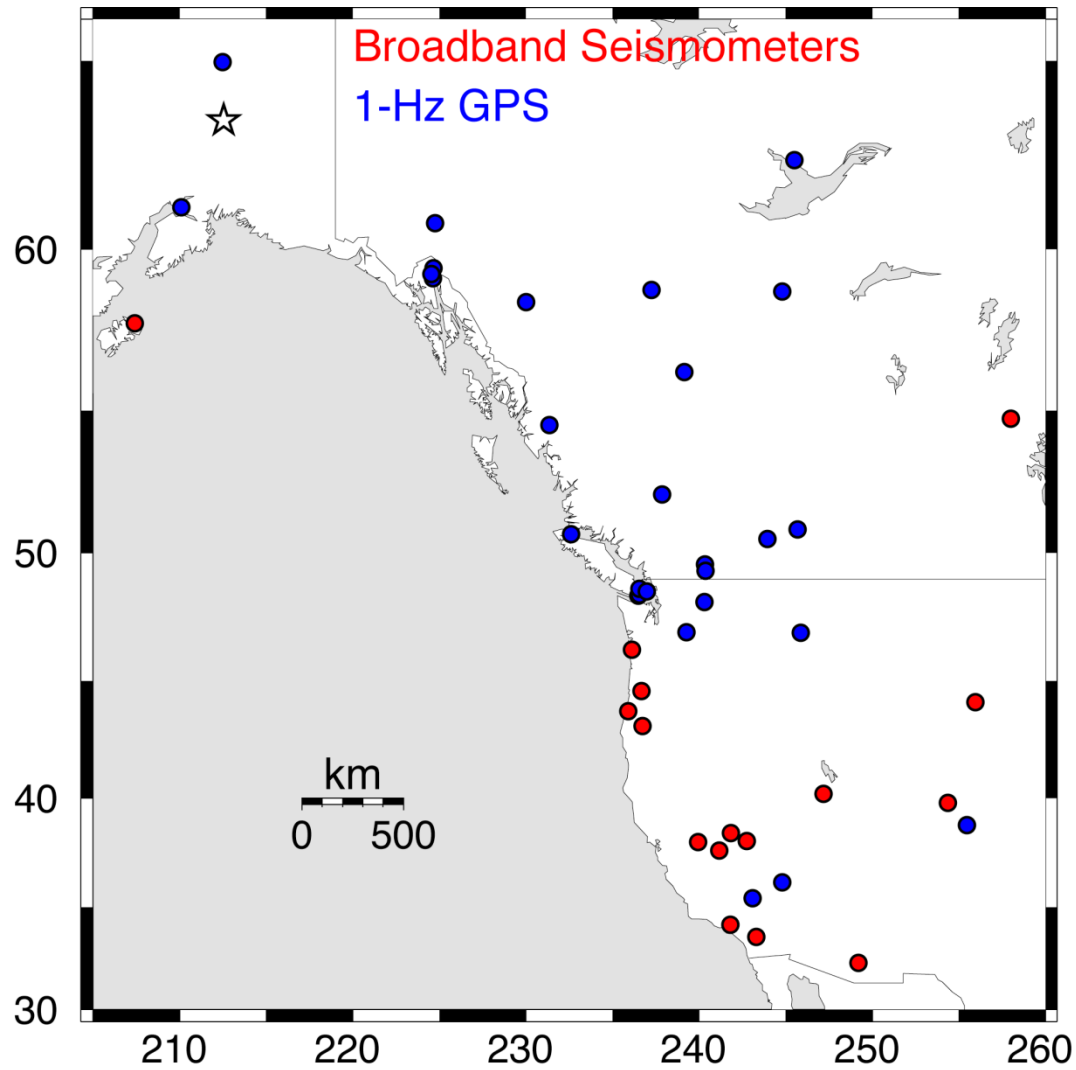
SERIES GEODÉSICAS DE TIEMPO





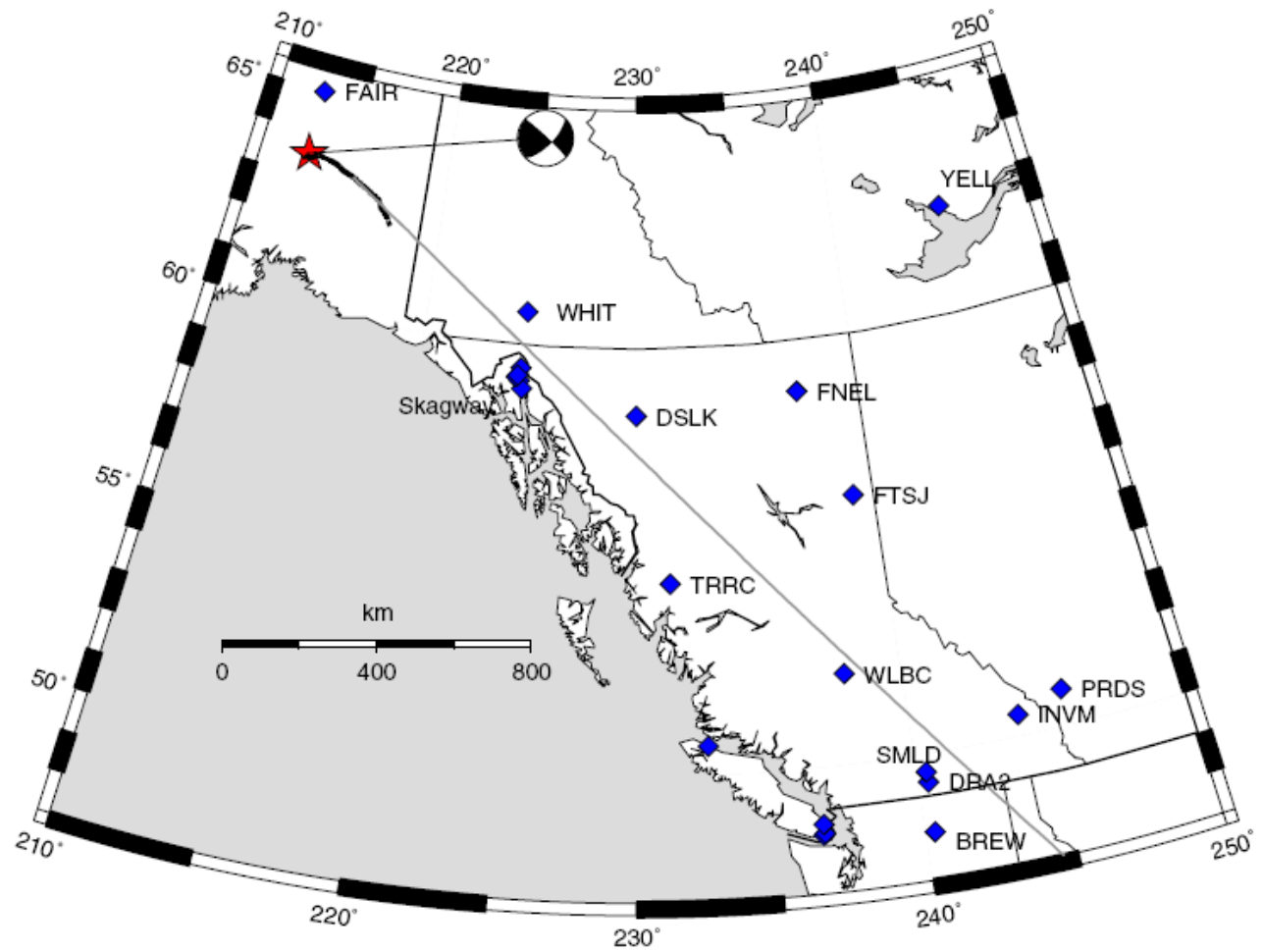


SISMOLOGÍA GNSS



SISMOLOGÍA GNSS

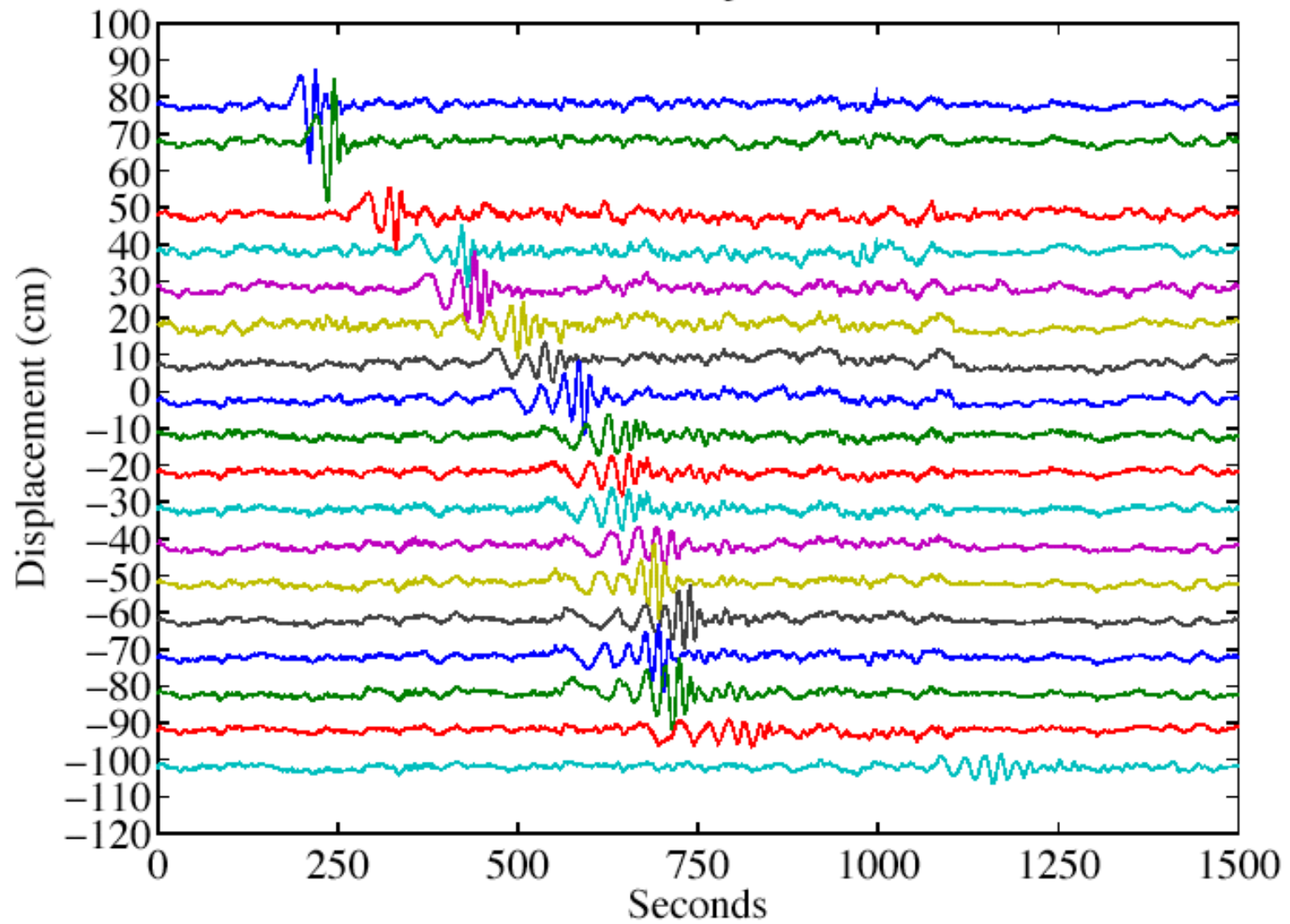
1-Hz GPS stations that observed displacements during the 2002 Denali earthquake are shown as *blue diamonds*. The epicenter is shown as a *red star*, the rupture is shown in *black*, and rupture direction is extended in *gray*. Focal mechanism for the earthquake is also given



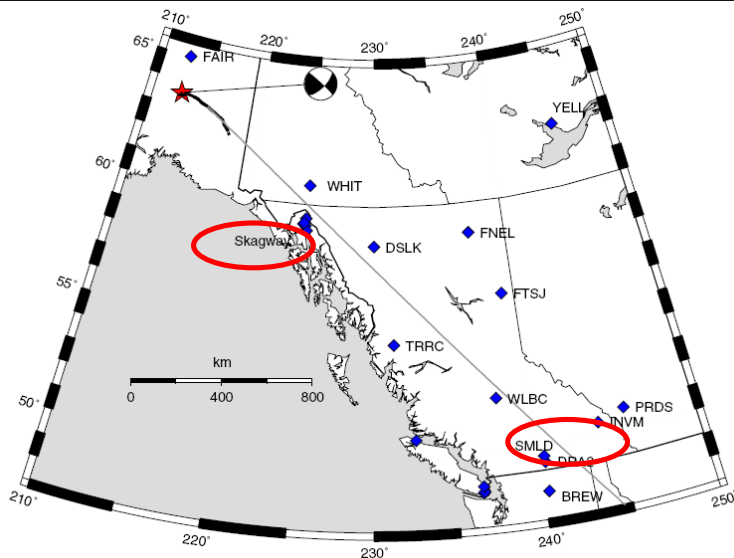
Sismo de Denali $M=7.9$, Noviembre 3, 2002

SISMOLOGÍA GNSS

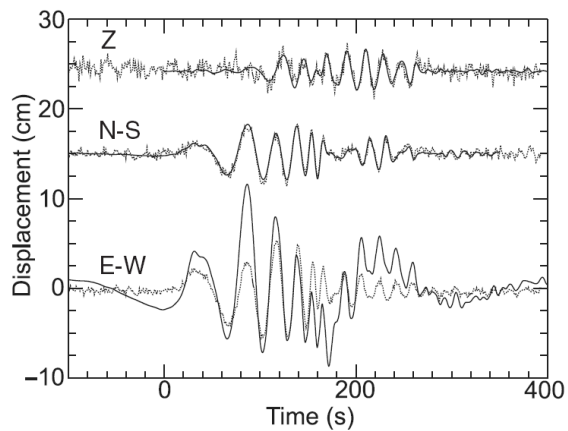
East Component



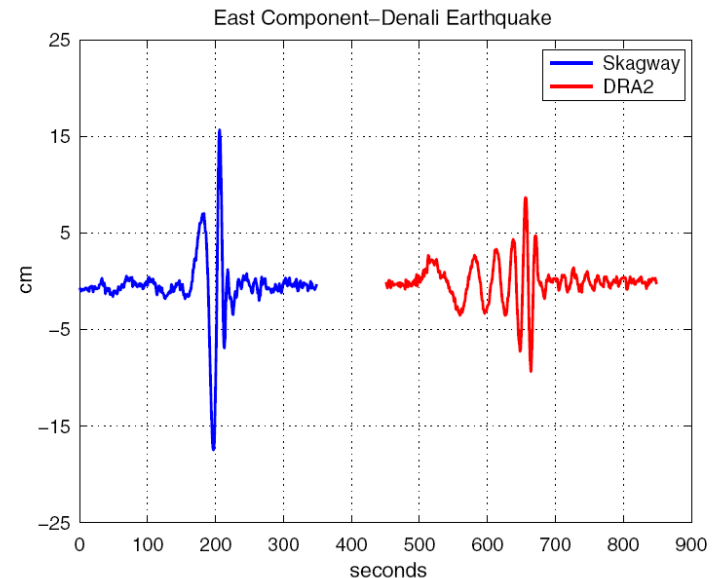
SISMOLOGÍA GNSS



Sismo Falla Denali, Noviembre 3, 2002
M=7,9



Sismograma GPS

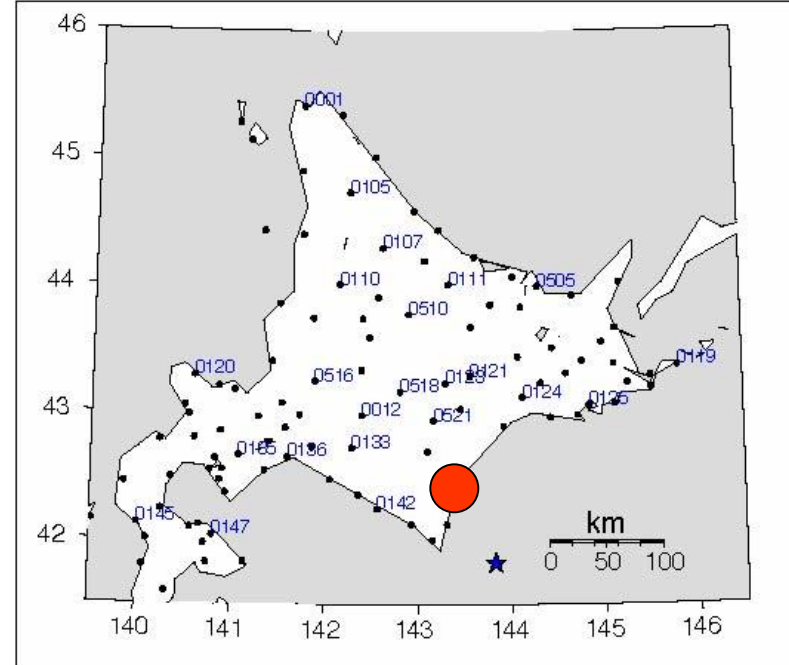


East component GPS displacement records for a Skagway site and DRA2. These GPS receivers were located over 700 and 2,200 km, respectively, from the Denali epicenter.

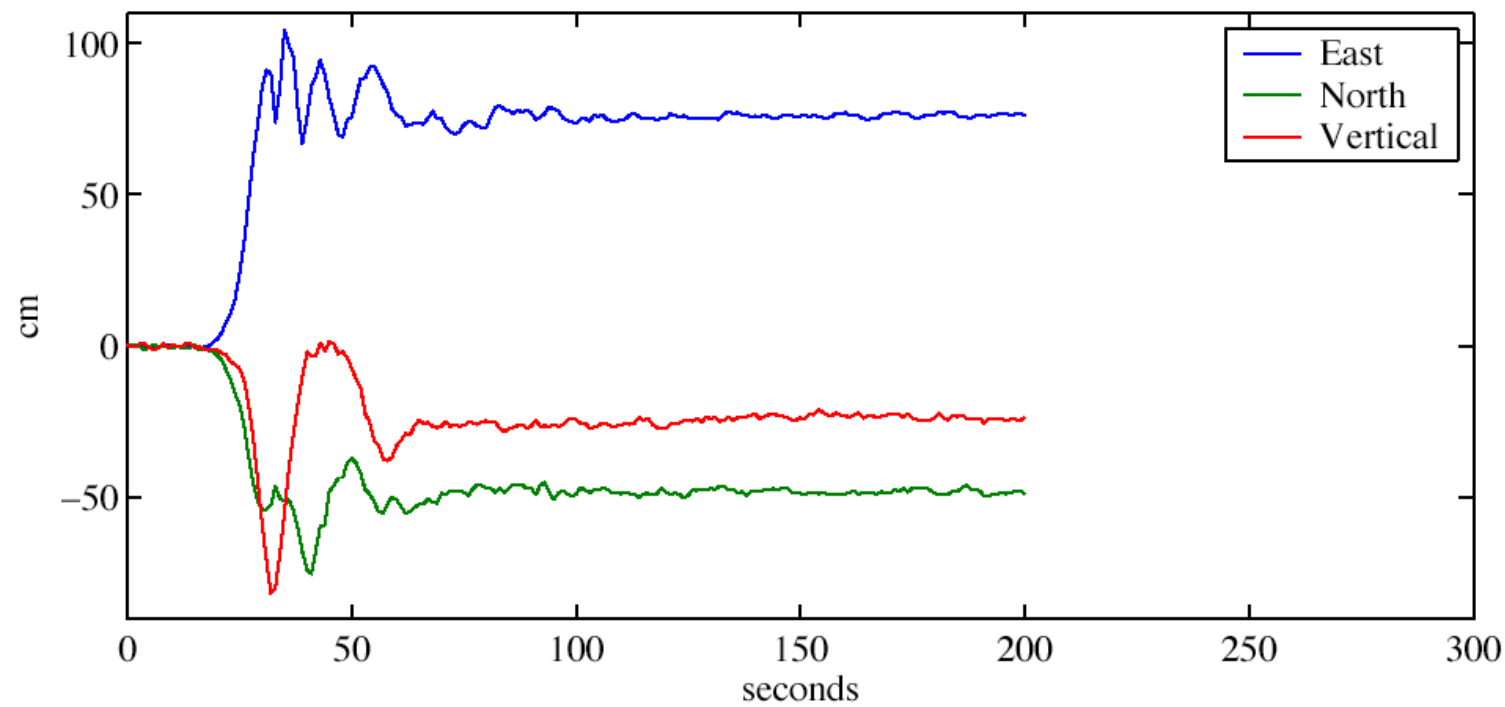
➤ **Línea Continua: GPS**
(Registro de desplazamiento en cm)

➤ **Línea Punteada: Acelerograma**
(Integrando dos veces el registro de aceleración, se obtiene el desplazamiento en cm)

Posiciones GPS 1 Hz

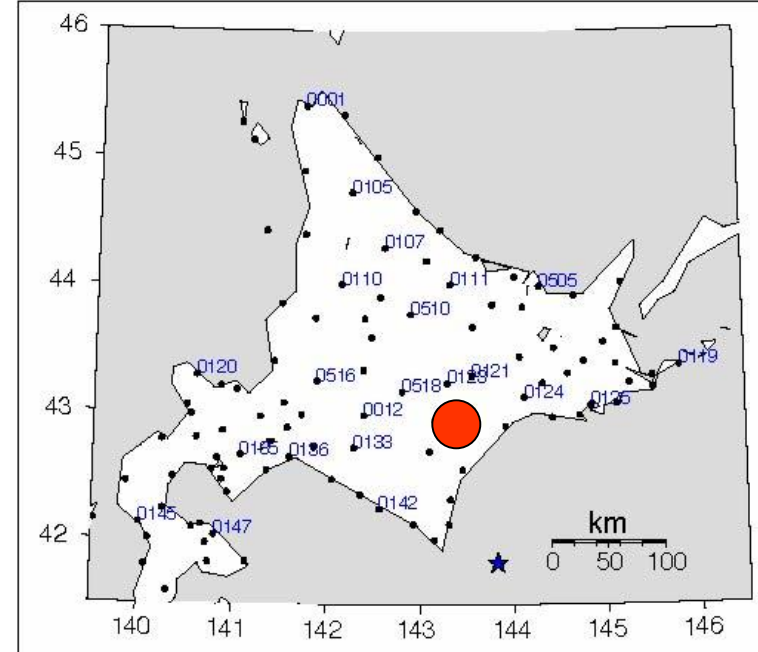


GPS Site 0019 Tokachi-Oki Earthquake

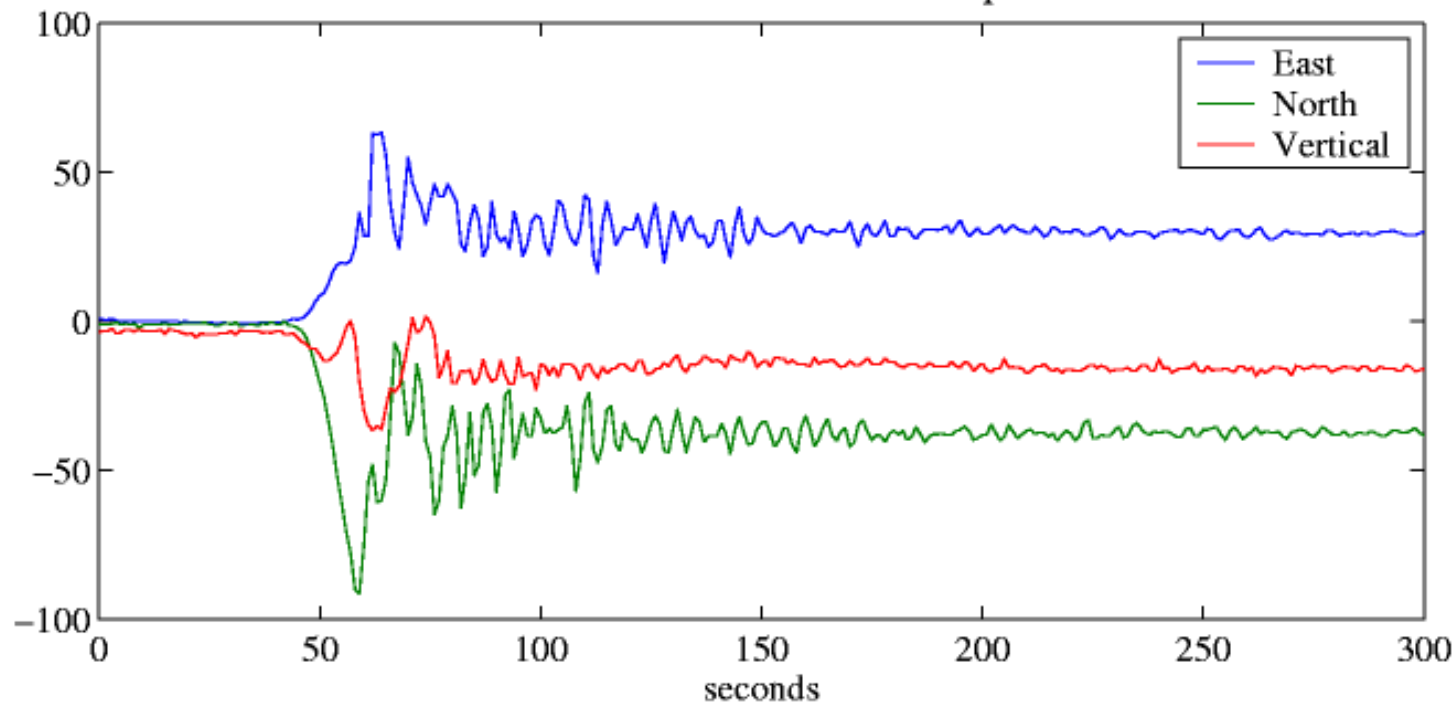


Kyuhong Choi

Posiciones GPS 1 Hz

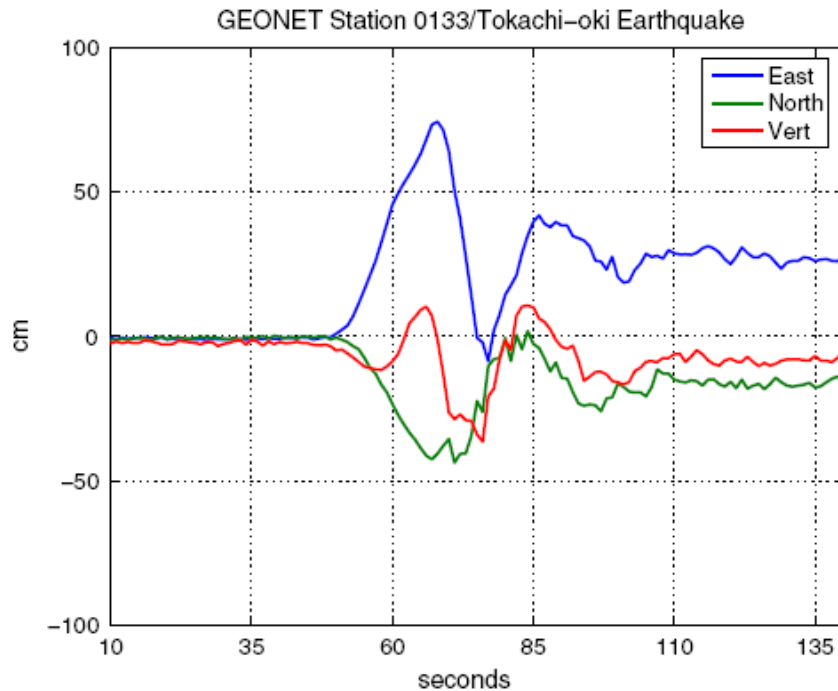


GPS Site 0521 Tokachi–Oki Earthquake

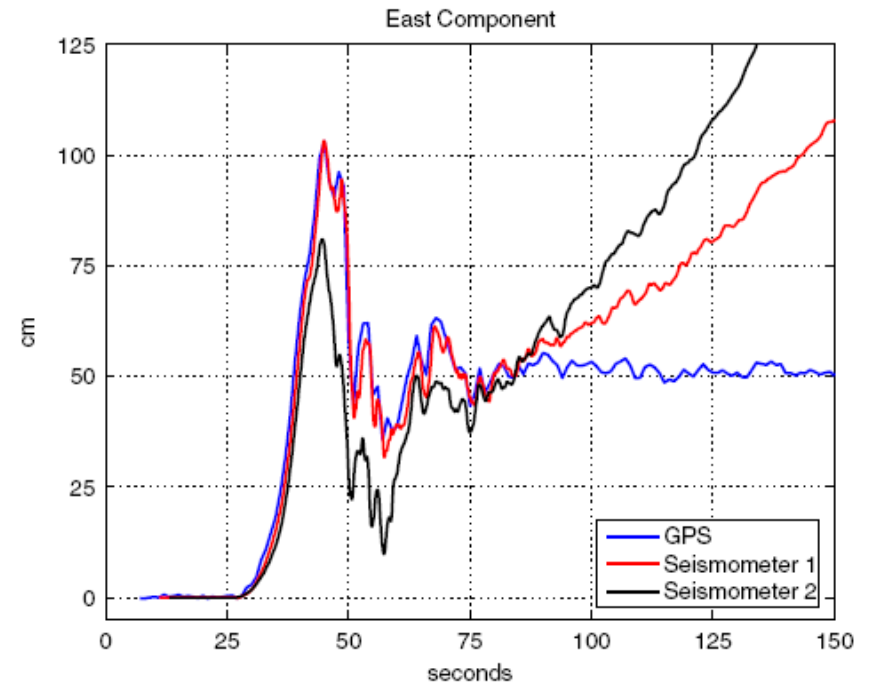


Kyuhong Choi

SISMOLOGÍA GNSS



GPS seismograms for GEONET station 0133 and the 2003 Tokachi-oki earthquake. Station 0133 is located 170 km from the earthquake epicenter

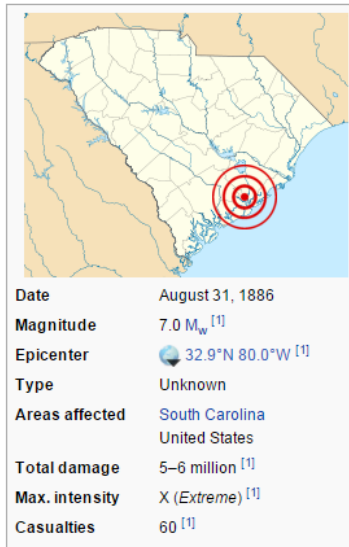


Integrated strong motion records for Knet and KiKnet seismic sites compared with collocated GPS GEONET site, Tokachi-oki earthquake. Note that the seismic records do not agree with each other, nor does either produce a physically realistic postseismic record.

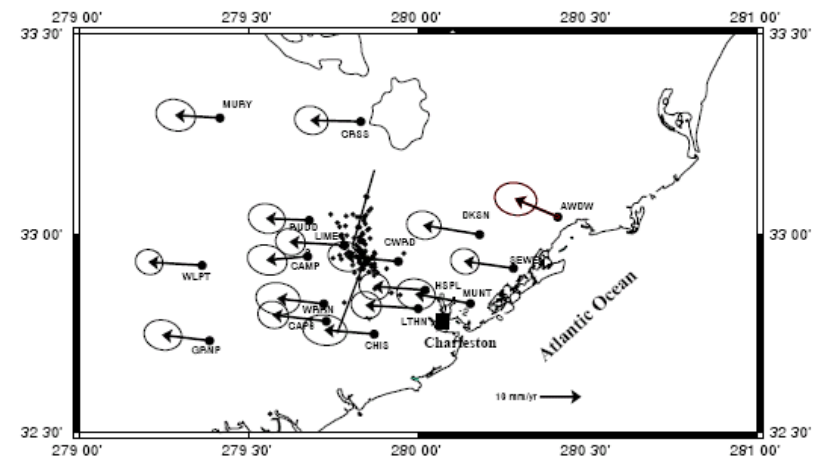
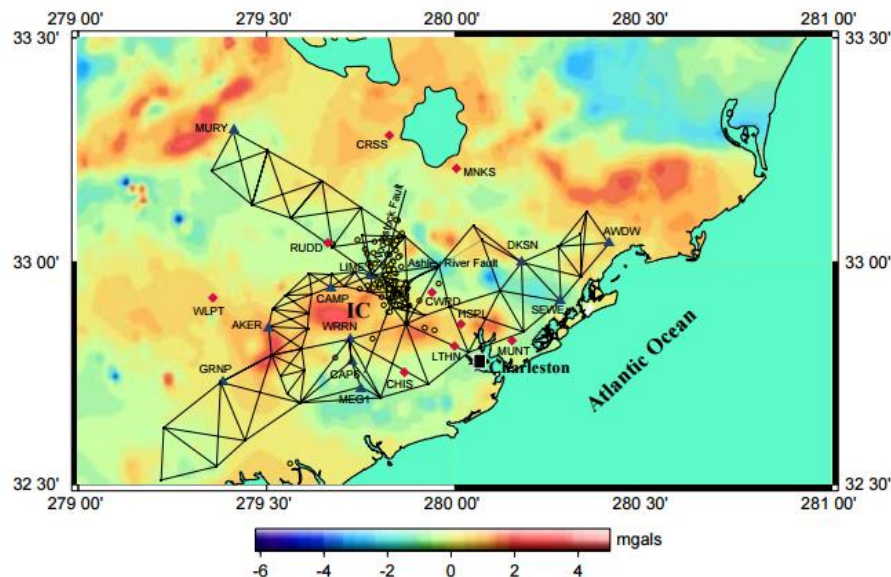
Sismo de Tokachi-Ochi, Septiembre 25, 2003
M=8

Combinación geodesia terrestre y espacial en el estudio de deformación de la corteza terrestre

1886 Charleston earthquake



Sismo de Charleston, SC, 1886



Trenkamp and Talwani, 2005

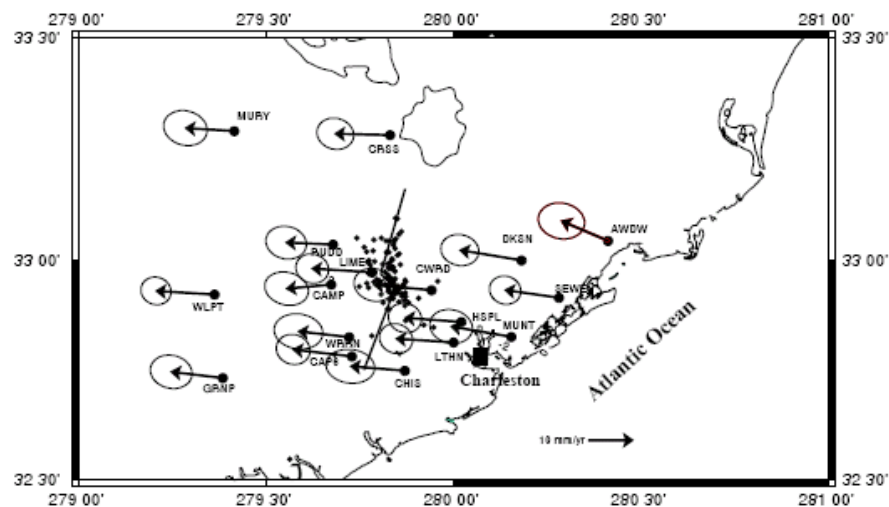
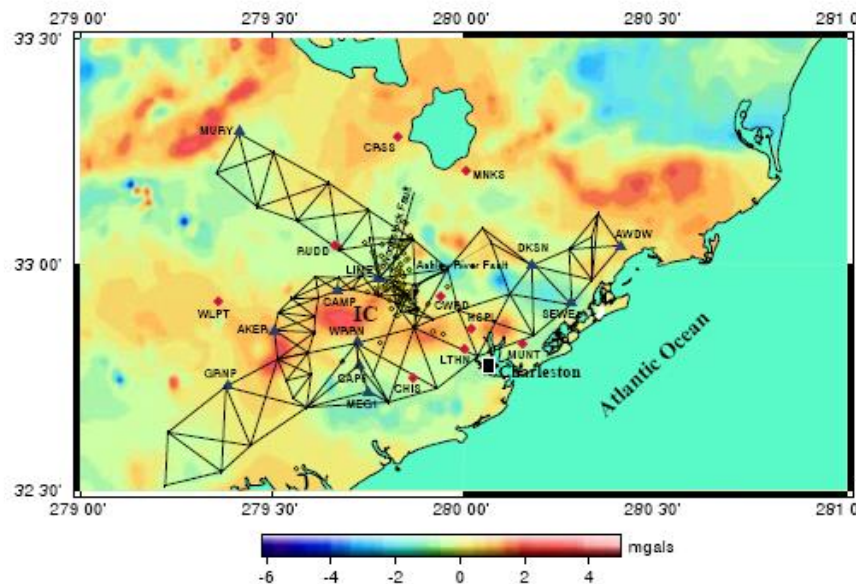
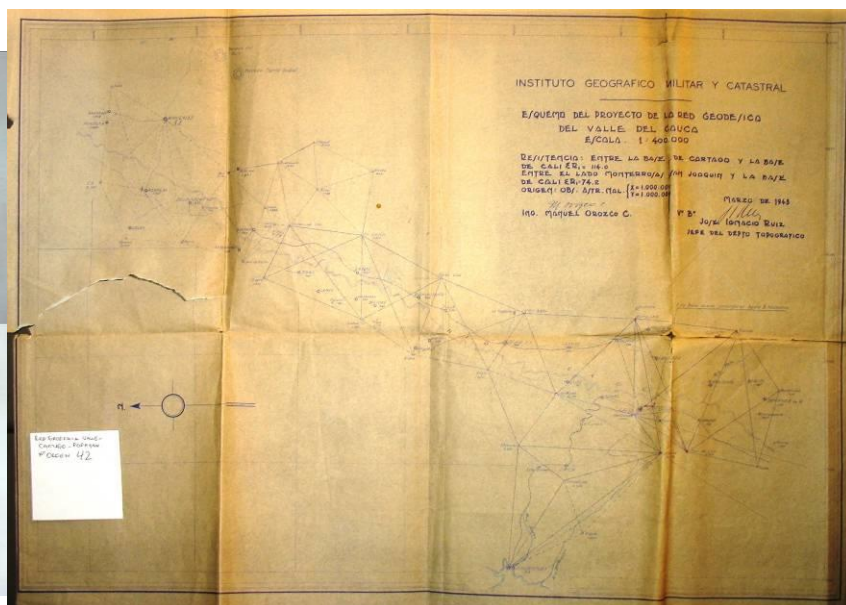
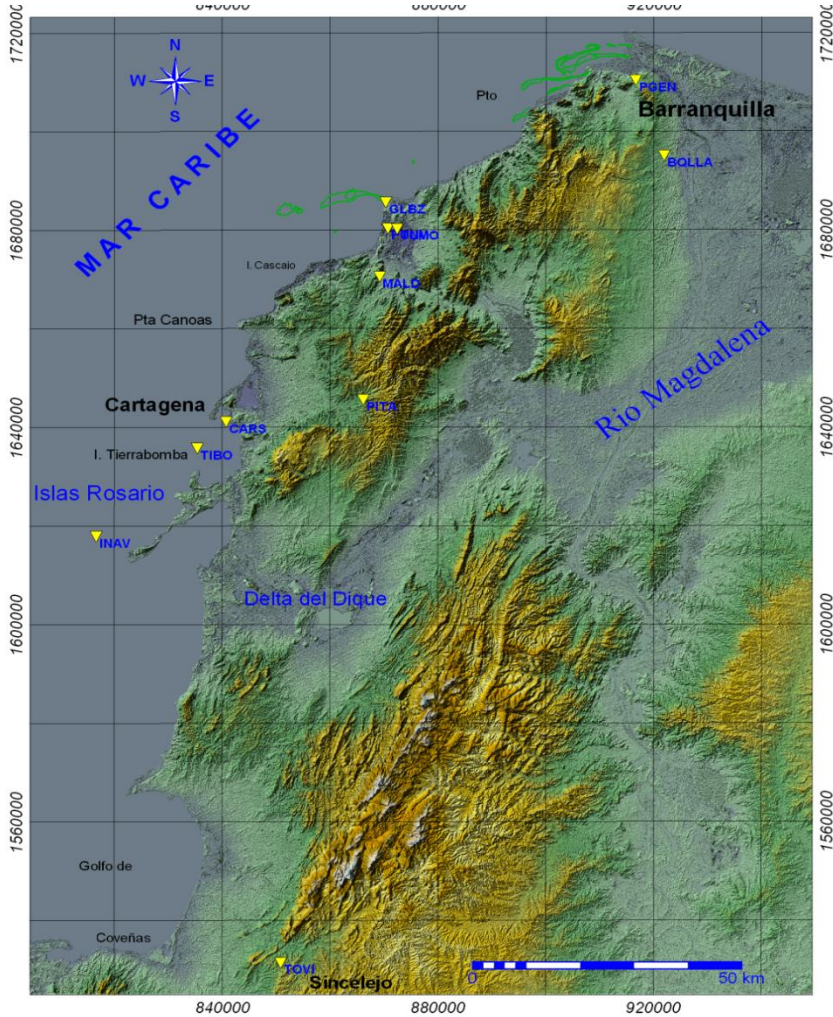


Figure 1. Topographic map of the Charleston Harbor and surrounding areas, showing the results of the 1988 survey.



SPIRIT						LEVELING					
Date: <u>Aug 20/64</u> (B)						From B.M. <u>A-684</u> To B.M. <u>A-670</u>					
Sun. 0						Wind <u>s</u> Time <u>5.02</u>					
REL. OF	STATION	MEAN	STANDARD	STANDARD	STANDARD	STATION	MEAN	STANDARD	STANDARD	STANDARD	STANDARD
15	62769	202876	62823	1180		57377	19117	62337			
16	1170					2388					
17	1100	16003	520	70	135	28780	582	70	140	1.3 MS	
18	115	21239	7405	69	1285	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
19	0160	03797	121	85	167	0000		81	162	1.3 MS	
20	0100	03797	121	85	167	0000		81	162	1.3 MS	
21	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
22	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
23	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
24	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
25	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
26	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
27	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
28	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
29	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
30	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
31	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
32	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
33	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
34	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
35	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
36	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
37	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
38	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
39	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
40	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
41	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
42	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
43	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
44	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
45	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
46	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
47	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
48	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
49	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
50	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
51	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
52	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
53	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
54	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
55	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
56	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
57	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
58	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
59	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
60	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
61	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
62	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
63	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
64	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
65	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
66	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
67	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
68	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
69	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
70	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
71	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
72	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
73	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
74	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
75	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
76	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
77	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
78	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
79	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
80	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
81	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
82	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
83	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
84	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
85	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
86	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
87	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
88	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
89	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
90	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
91	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
92	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
93	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
94	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
95	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
96	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
97	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
98	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
99	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	
100	0116	215816	7736	86	1652	21531	71.27	70	140	1.3 MS	

Contribución de geodesia espacial GNSS a las investigaciones geológico-marinas costeras



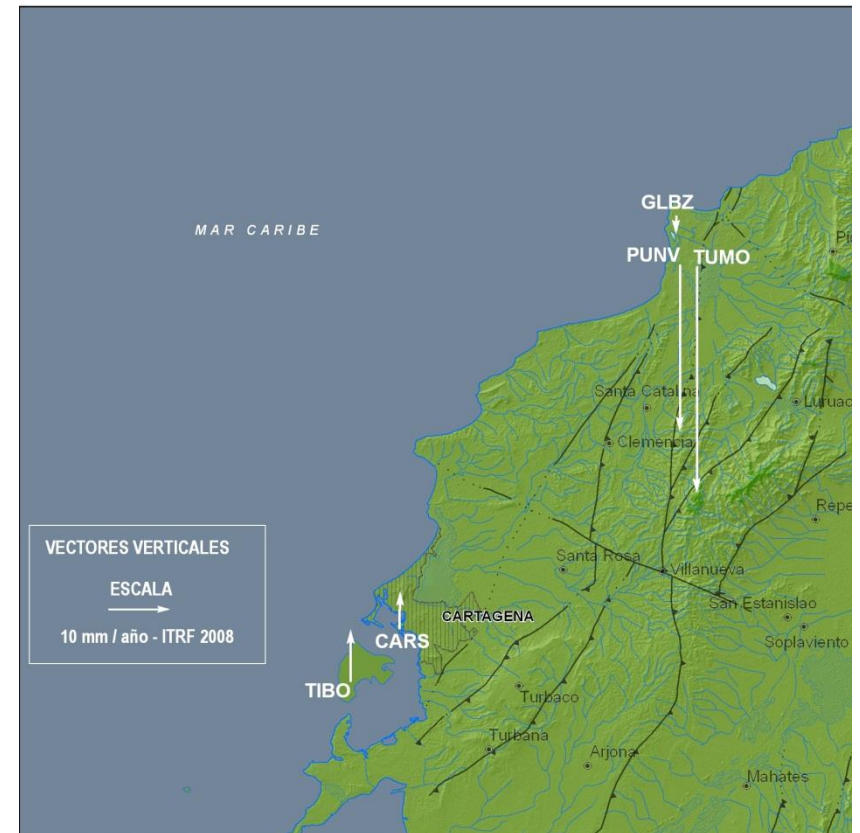
Volcán El Totumo



Volcán El Rodeo, Cartagena

Diapirismo de lodo

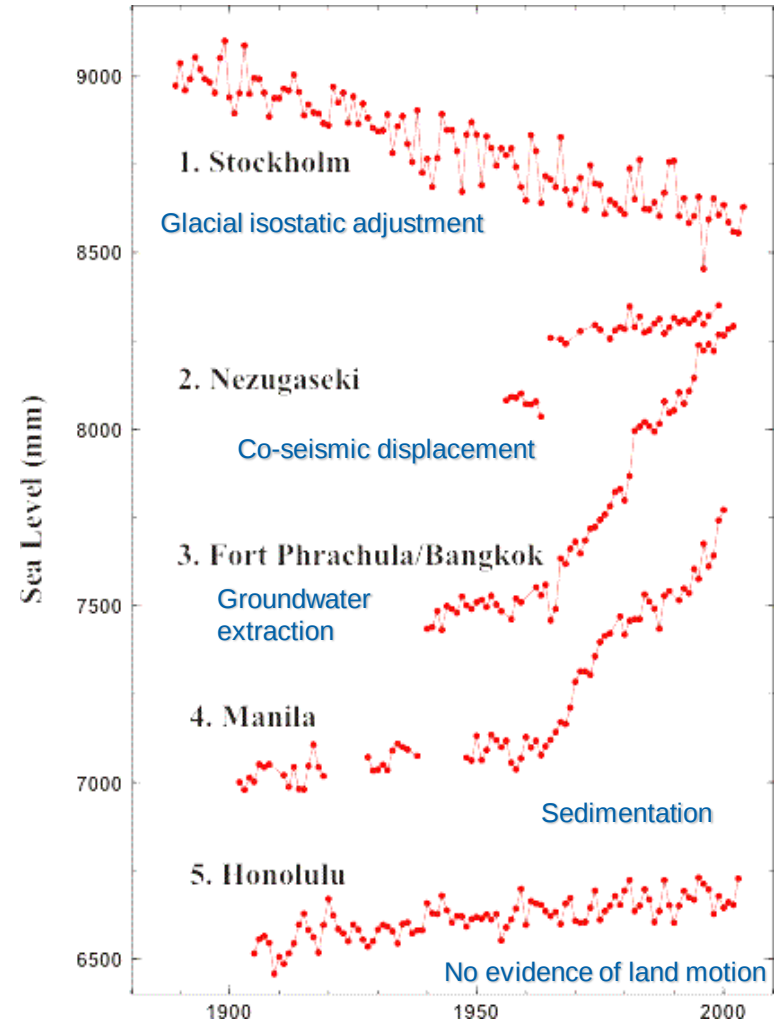
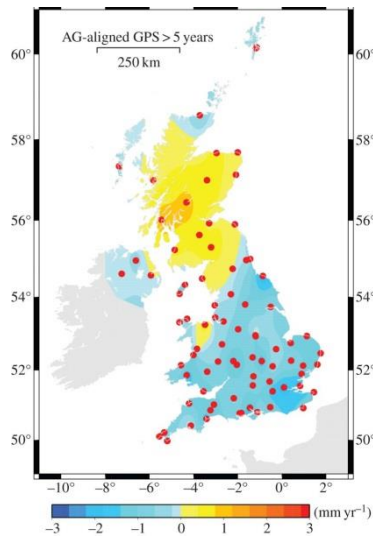
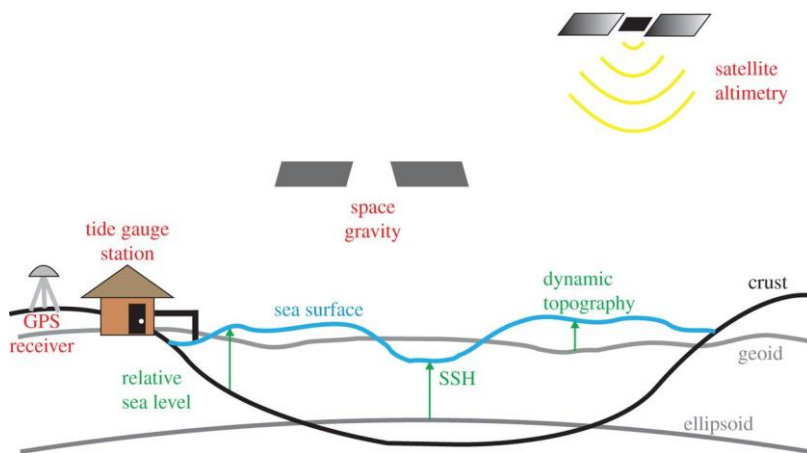
Contribución de geodesia espacial GNSS a las investigaciones geológico-marinas costeras



Diapirismo de lodo

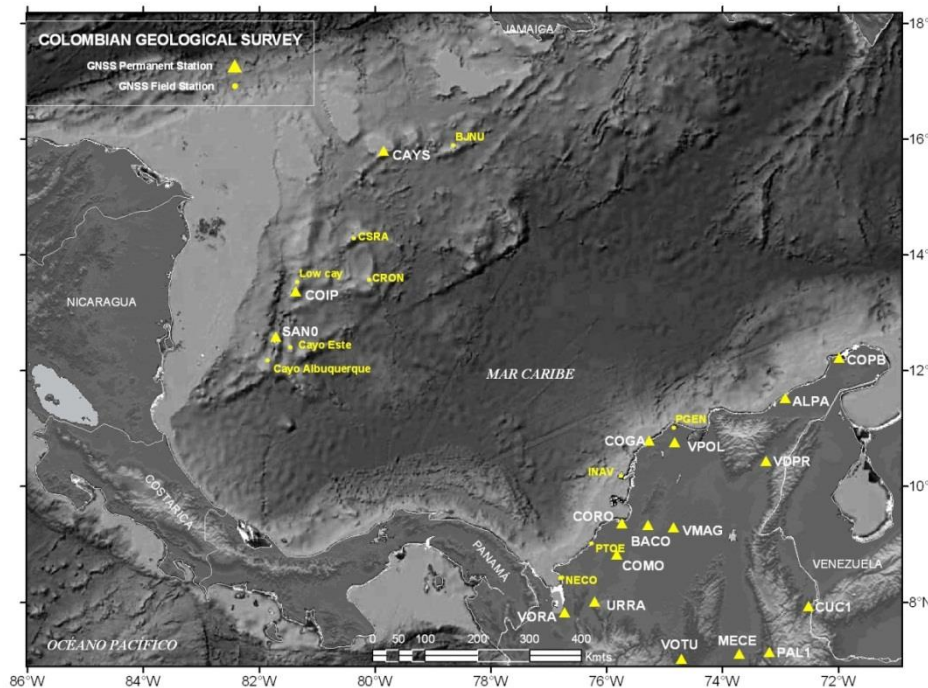
Contribución de geodesia espacial a la observación del nivel del mar

Contribución de geodesia espacial a la observación del nivel del mar



DIMAR

- Co-colocación instrumental: GNSS – mareógrafos.
Conexión geodésica
➡ Variaciones del nivel del mar.
- Apoyo proyecto Información en zonas insulares
Cancillería
- Estaciones de referencia para levantamientos en
Capitanías de puerto





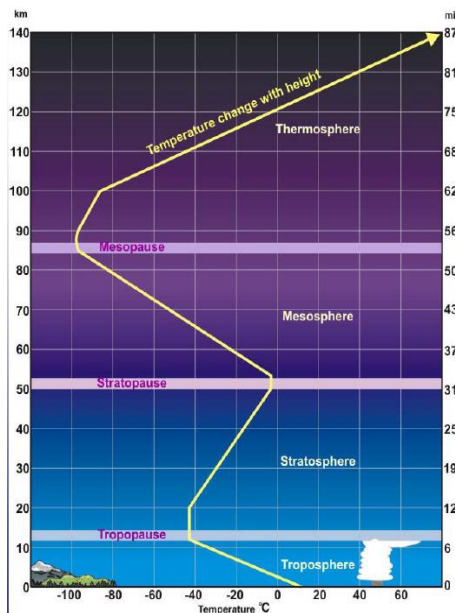
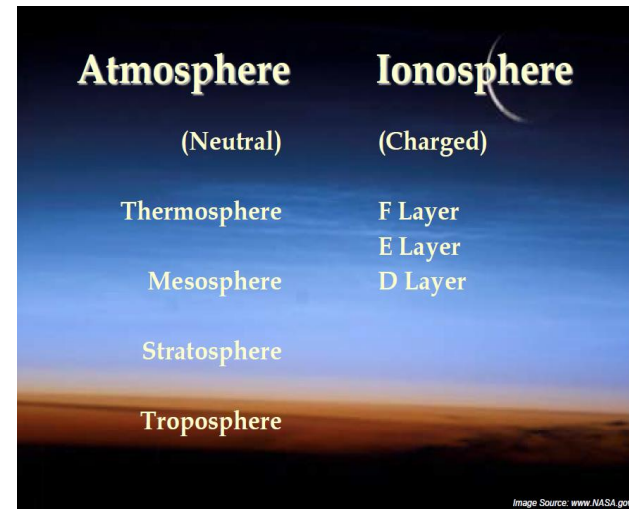
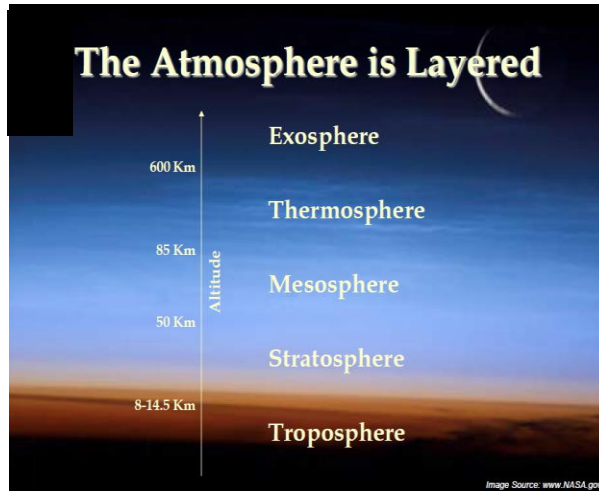
*Estaciones
Permanentes
GNSS
y
mareógrafos
DIMAR*

CONVENCIONES

- Mareógrafos
- ▲ GeoRED
- ▲ GeoRED - UCAR
- ▲ GeoRED - COCONET

Contribución de geodesia espacial GNSS en los estudios atmosféricos

Contribución de geodesia espacial GNSS en los estudios atmosféricos



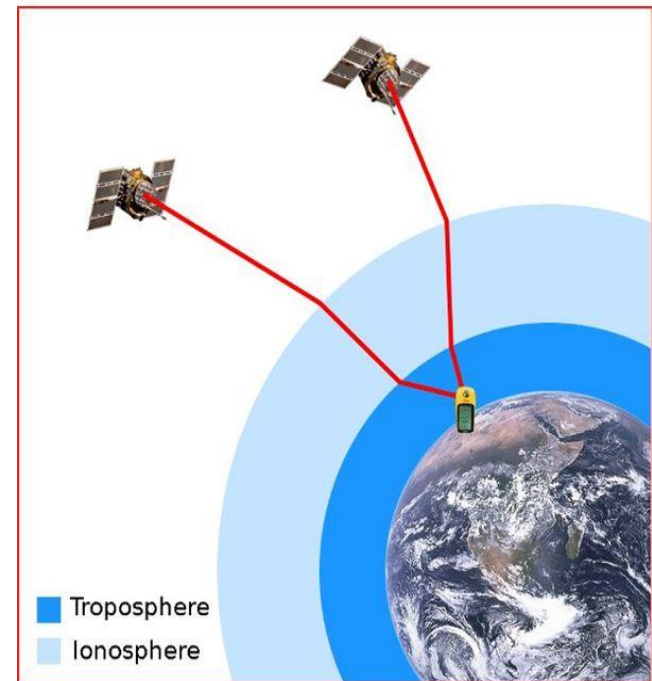
Las capas neutras son comúnmente definidas por **cambios en temperatura**

IONOSFERA: Región cargada eléctricamente (no es en realidad una capa en sí), dentro de la atmósfera superior

Consideraciones previas

1. Es pertinente decir que cuando GPS fue diseñado y desarrollado por los militares de USA, el uso de lo que hoy se conoce como GNSS para sensoramiento remoto de la atmósfera, fue **probablemente la última posibilidad en ser considerada.**
2. También es razonable asumir que las técnicas desarrolladas por los geodestas, primero, para estimar el retraso generado en las señales GPS por parámetros de orden atmosférico, y segundo, remover dichos retardos para mejorar la precisión de los levantamientos, **no fueron desarrollados para mejorar el pronóstico de clima.**

- $10,23 \times 154 = 1575,42 \text{ MHz}$ L1
- $120 \times 10,23 = 1227,60 \text{ MHz}$ L2.



Contribución de geodesia espacial GNSS en los estudios atmosféricos

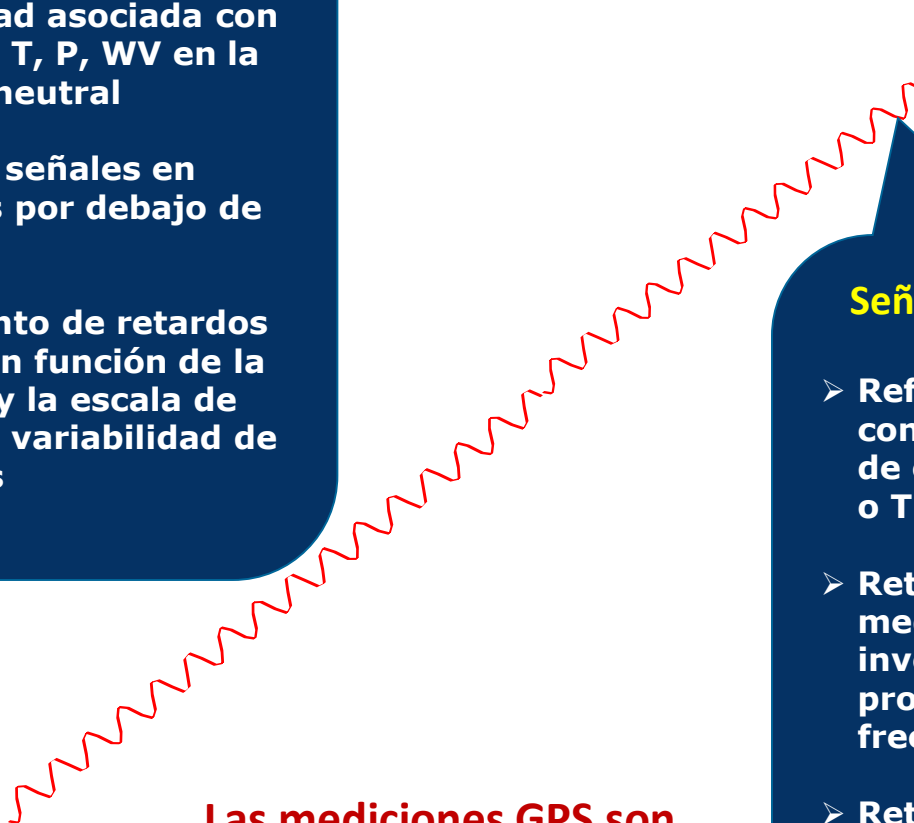
Señal GPS en la Troposfera

- Refractividad asociada con cambios en T , P , WV en la atmósfera neutral
- Retardo de señales en frecuencias por debajo de 30 GHz
- Modelamiento de retardos asumidos en función de la estructura y la escala de longitud de variabilidad de parámetros

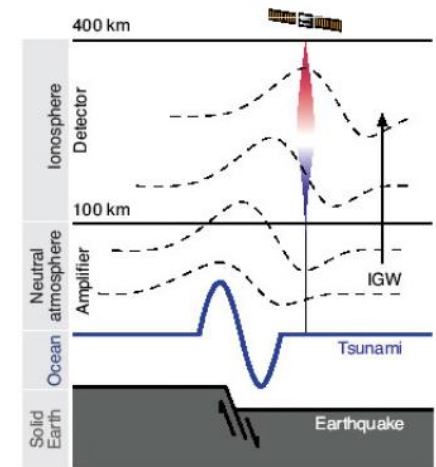
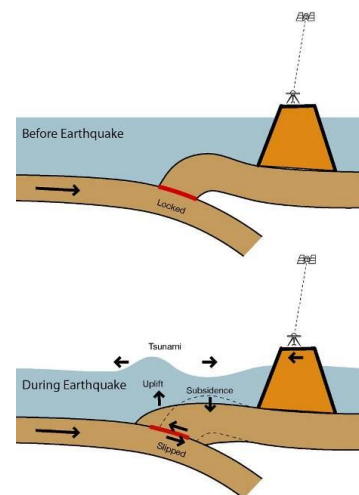
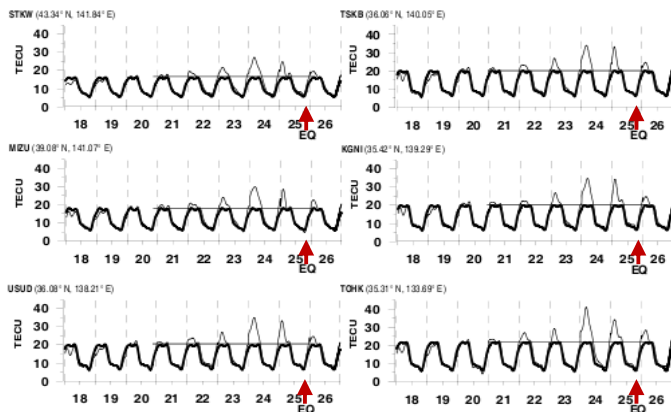
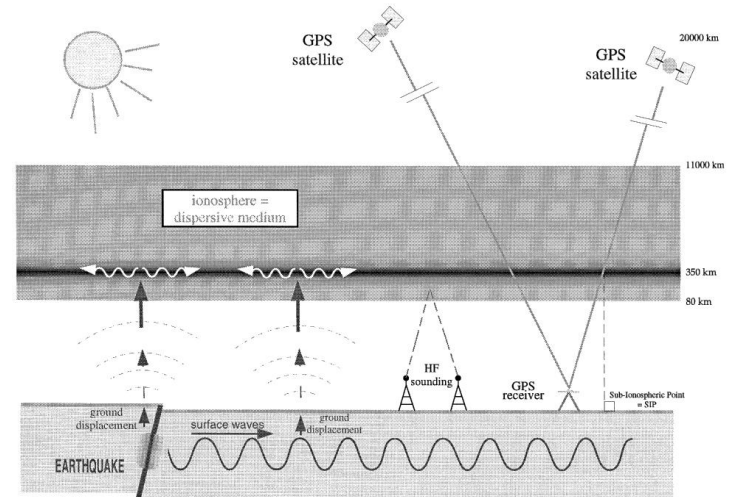
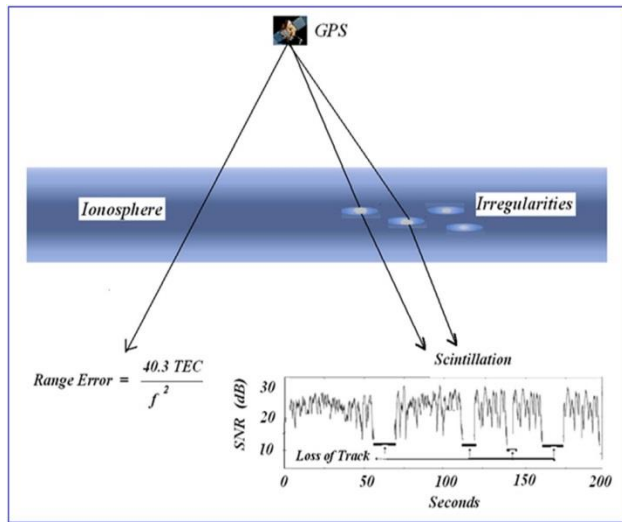
Señal GPS en la Ionosfera

- Refractividad asociada con cambios en densidad de electrones en plasma o TEC entre 50 y 400 km
- Retardo de señales en medio dispersivo son inversamente proporcionales con la frecuencia
- Retardos ionosféricos son estimados (o eliminados) usando receptores GPS doble frecuencia

Las mediciones GPS son sensibles a los cambios en la ionosfera y la troposfera



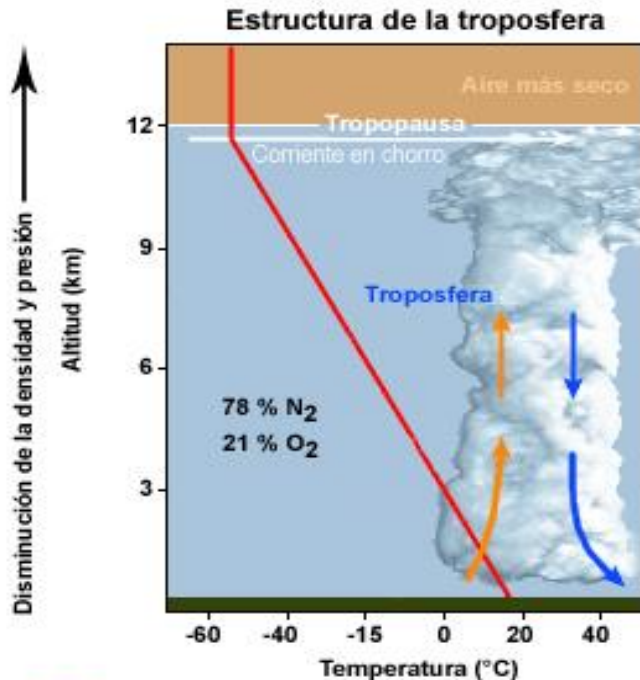
Contribución de geodesia espacial GNSS en los estudios atmosféricos



Hokkaido Earthquake of September 25, 2003 (M=8.3)

Zakharenkova et al., (2007)

Contribución de geodesia espacial GNSS en los estudios atmosféricos



- La temperatura tiende a disminuir con la altura.
- Capa donde se manifiestan los procesos meteorológicos.
- Se extiende desde la superficie hasta un nivel entre 8 y 16 km sobre el nivel del mar.
- La tropopausa marca la parte superior de la troposfera y la separa de la estratosfera.
- La altura de la tropopausa tiende a ser mayor sobre los trópicos y menor sobre las regiones polares.

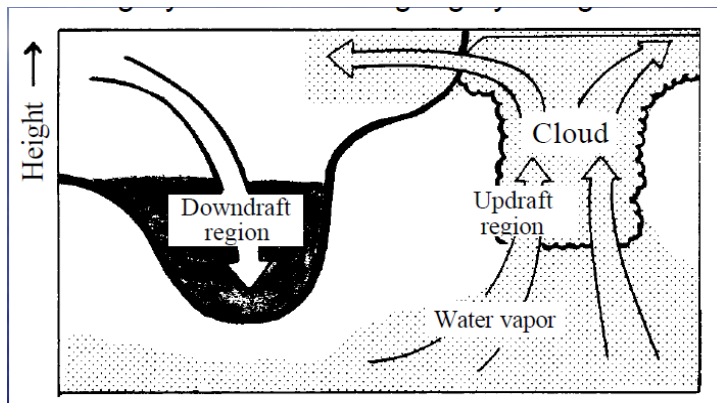
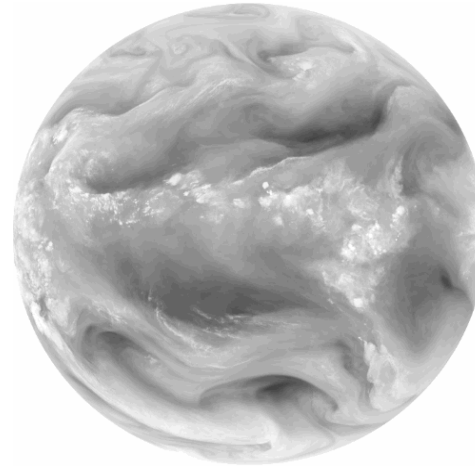
- La tropopausa marca la posición de los intensos vientos conocidos como corriente en chorro.
- La tropopausa representa además el límite superior de prácticamente todas las manifestaciones meteorológicas de la atmósfera.



Contribución de geodesia espacial GNSS en los estudios atmosféricos

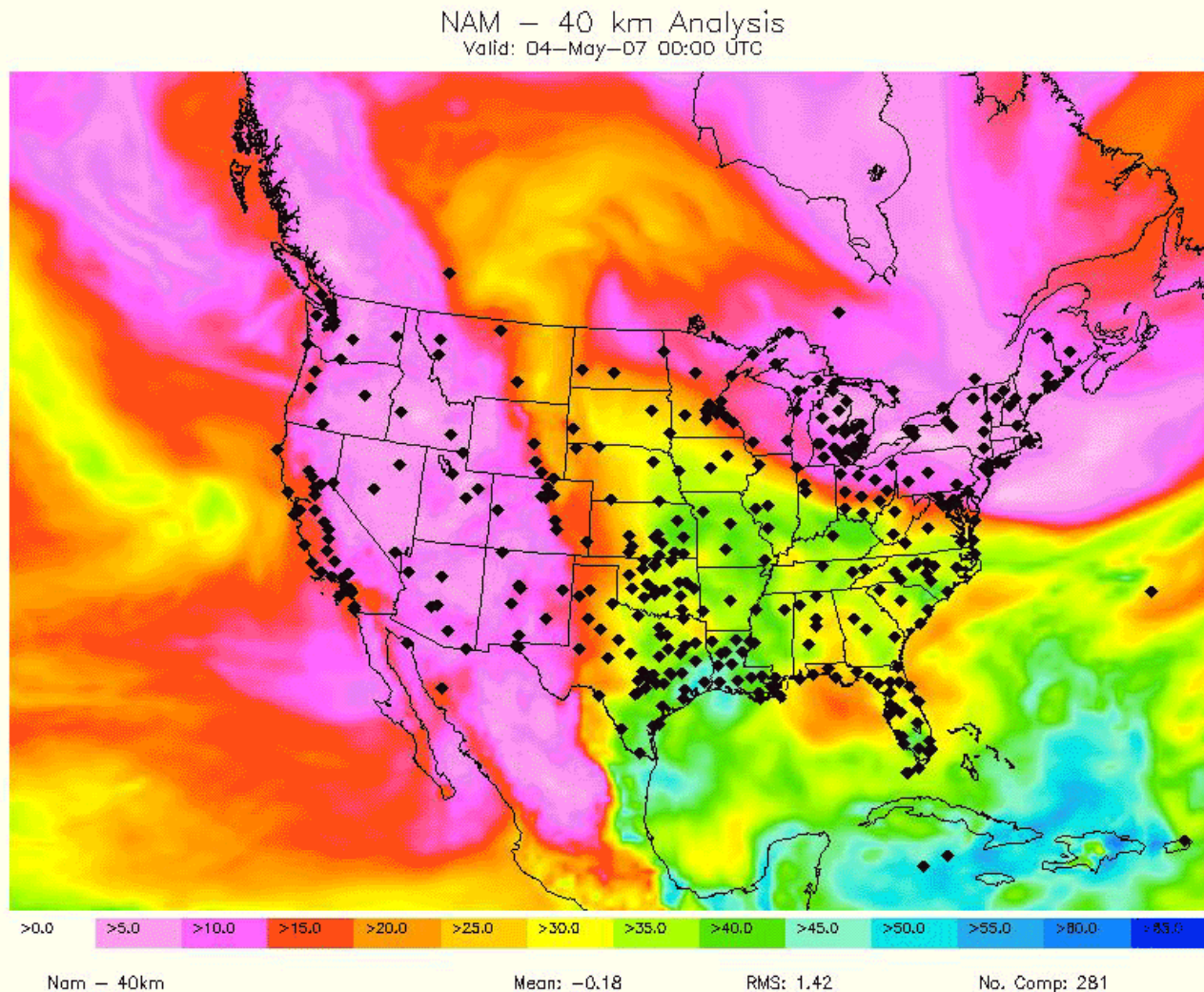
VAPOR DE AGUA

- Agua en su estado gaseoso
- componente de enorme importancia que contribuye a la formación de las nubes de agua y de hielo que generan los distintos tipos de precipitación.



- Almacena y libera grandes cantidades de energía térmica denominada calor latente que constituye la fuente de energía que estimula el desarrollo de tormentas y huracanes

Contribución de geodesia espacial GNSS en los estudios atmosféricos



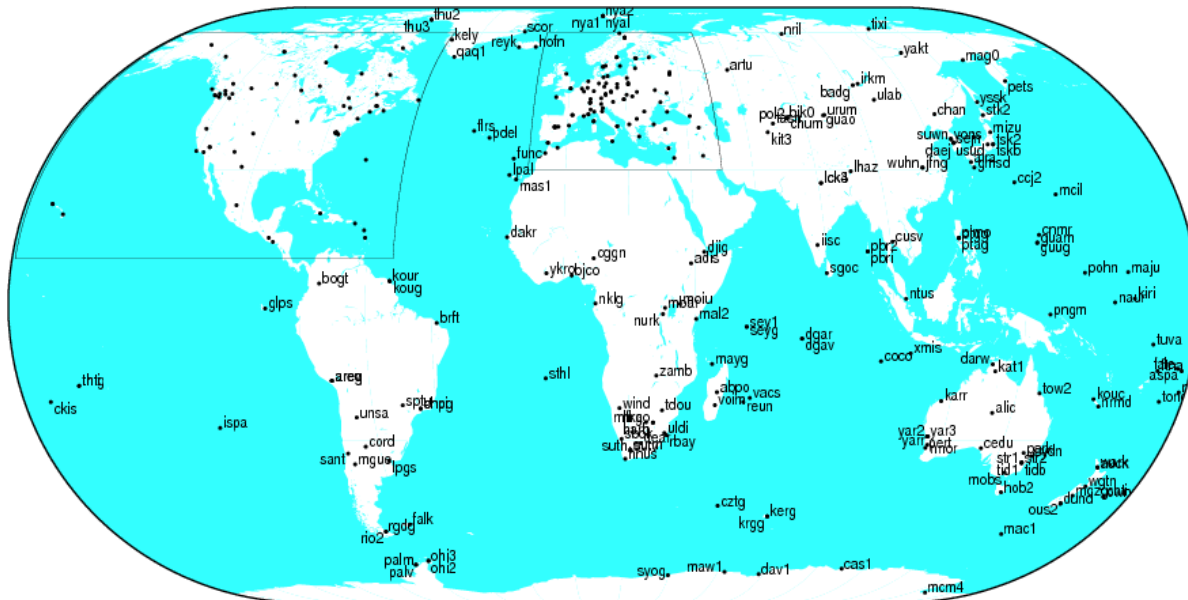
- 1) Flujos de humedad del Golfo de México al interior de USA
- 2) Esto genera fuertes tormentas a lo largo de la costa del Golfo y al interior
- 3) La colisión entre el frente frío y la humedad caliente del aire dispara los problemas en las Carolinas
(Sur y Norte)

Redes Internacionales



International GNSS Service

Formerly the International GPS Service



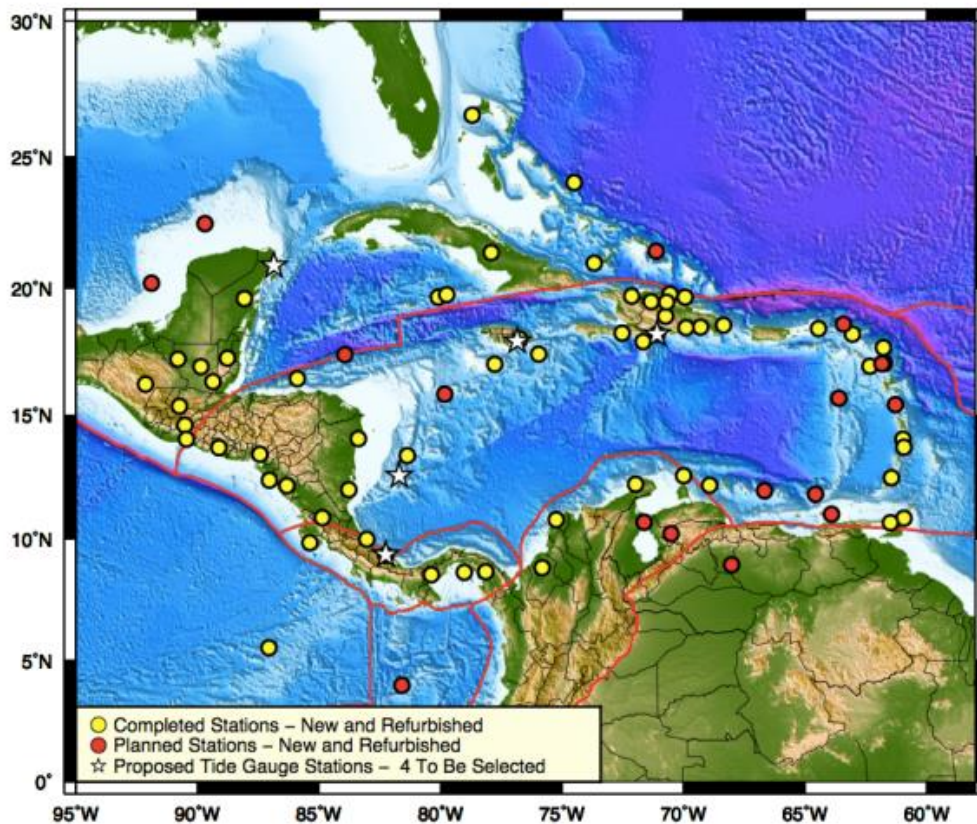
©IMF 2015 Sep 07 16:45:52





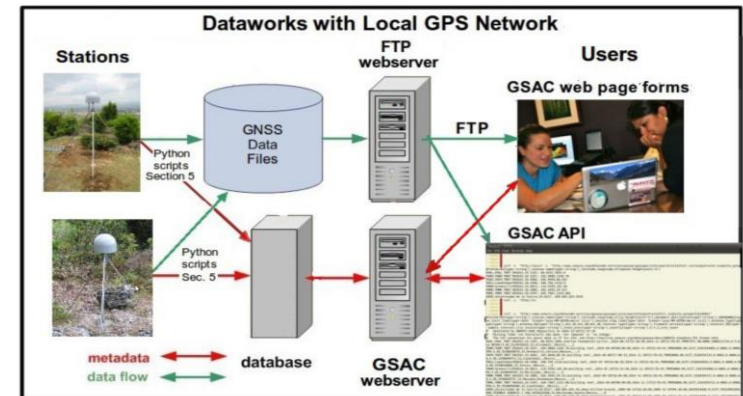
COCONet

Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network

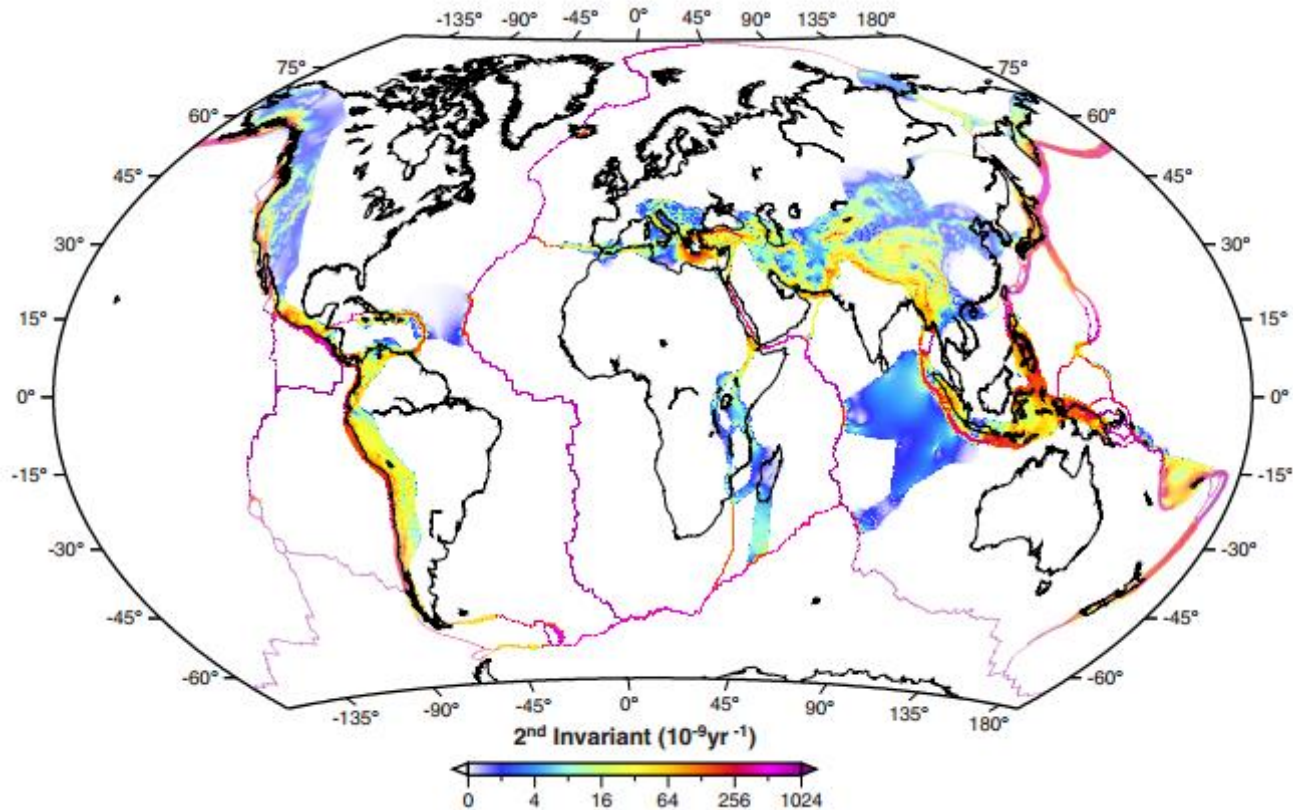


Amenazas geofísicas y
meteorológicas en la región Caribe

**Centro Regional de
Datos GNSS**

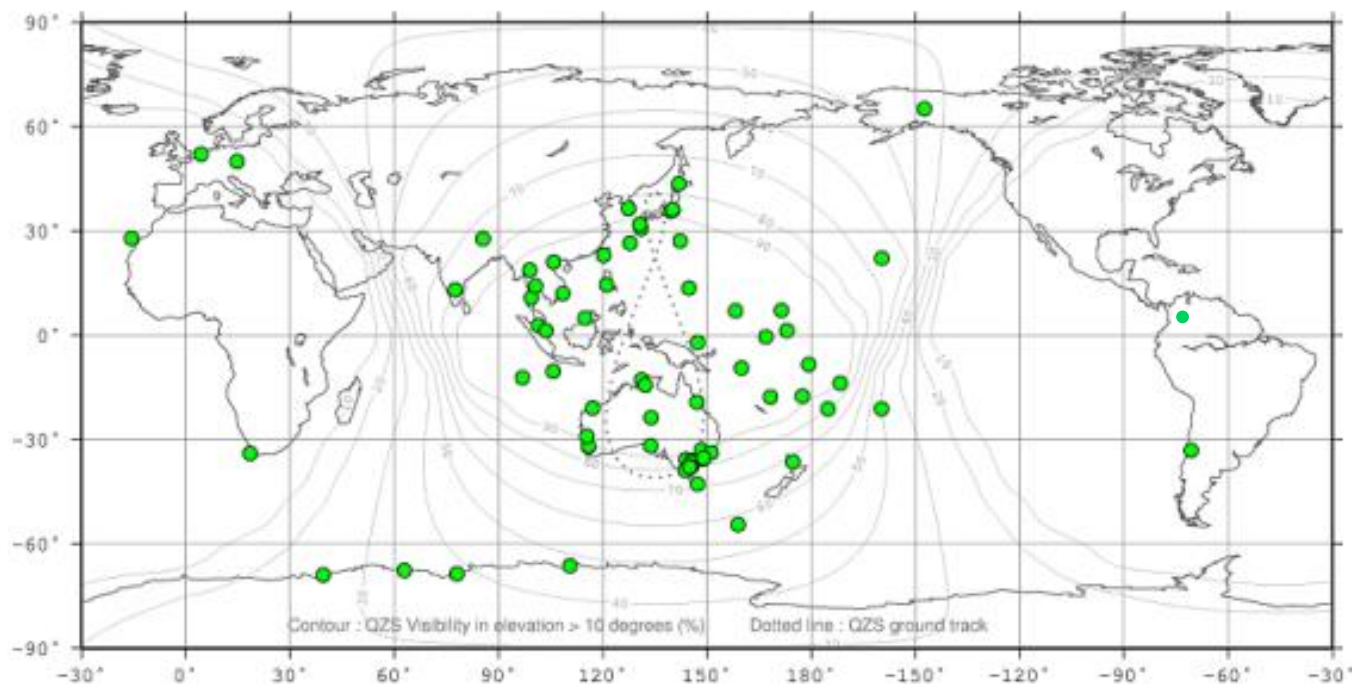


GEM Strain Rate Model



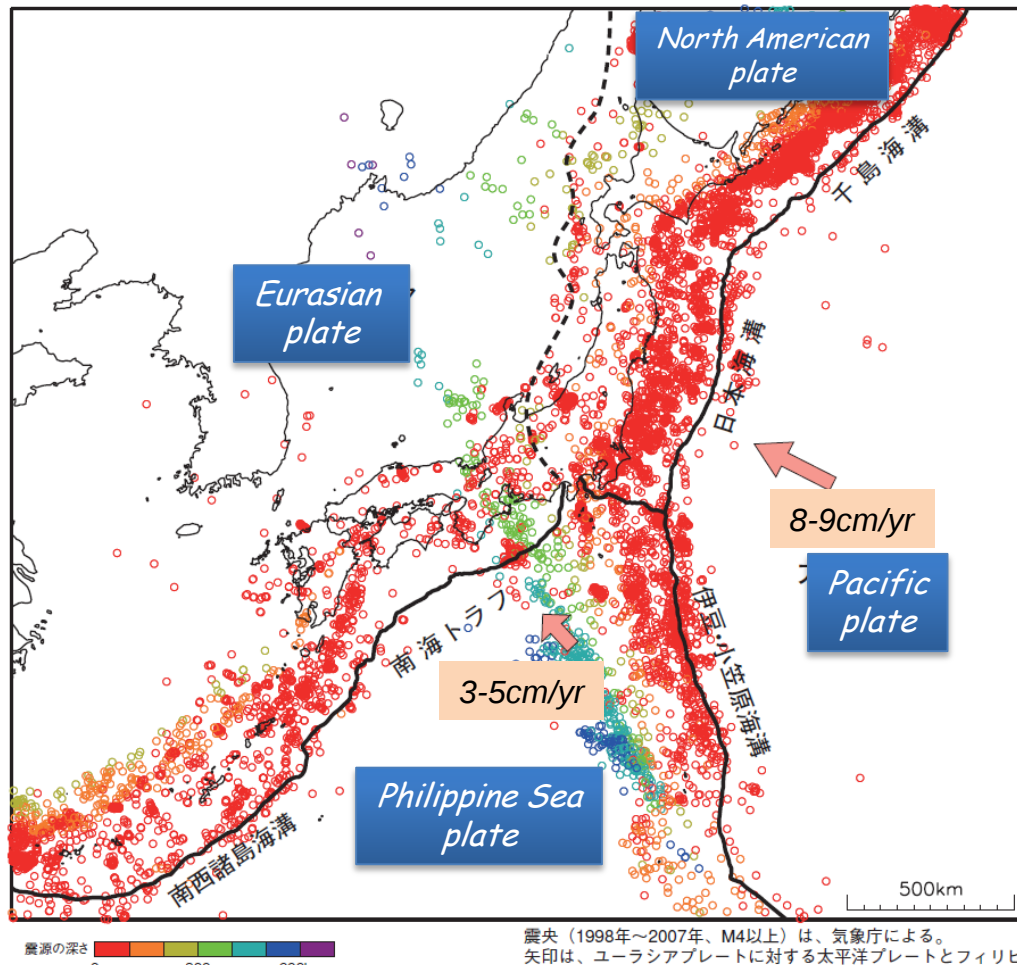
Kreemer, Blewitt and Klein, 2014

Multi-GNSS Monitoring Network (MGM-Net)

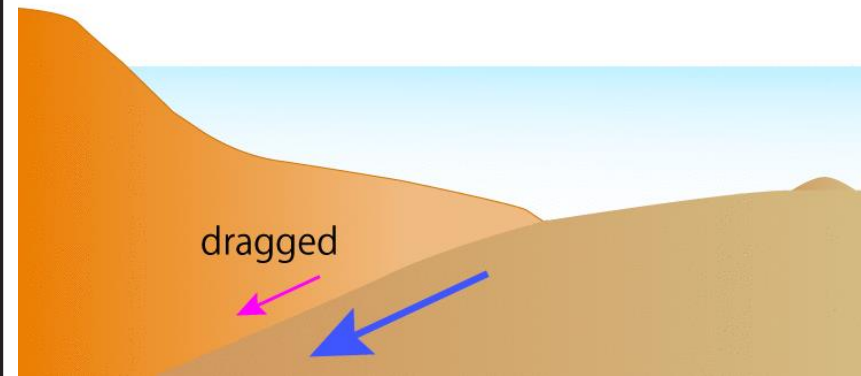


APLICACIONES GEODÉSICAS PRÓXIMAS

Geodesia del piso marino y mediciones acústicas



Mecanismo de sismos

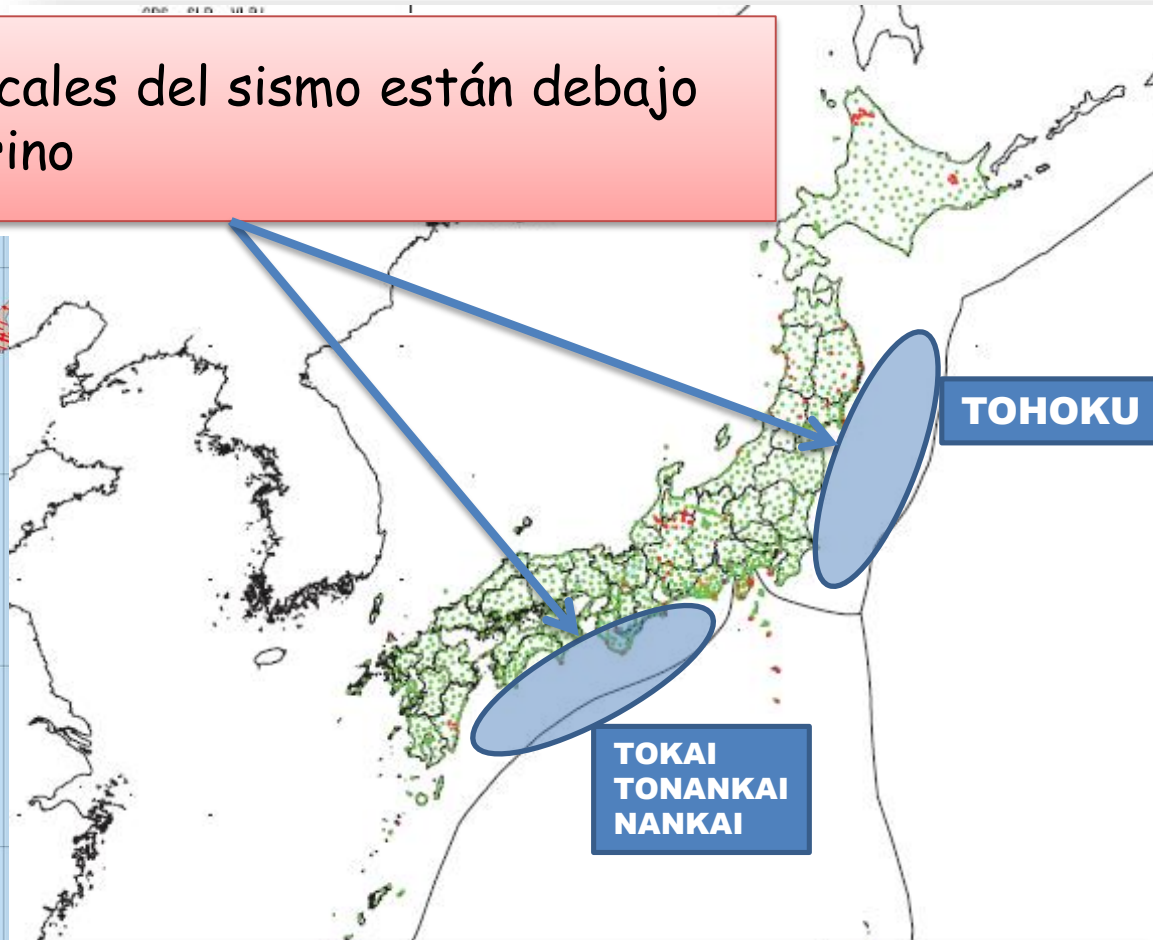
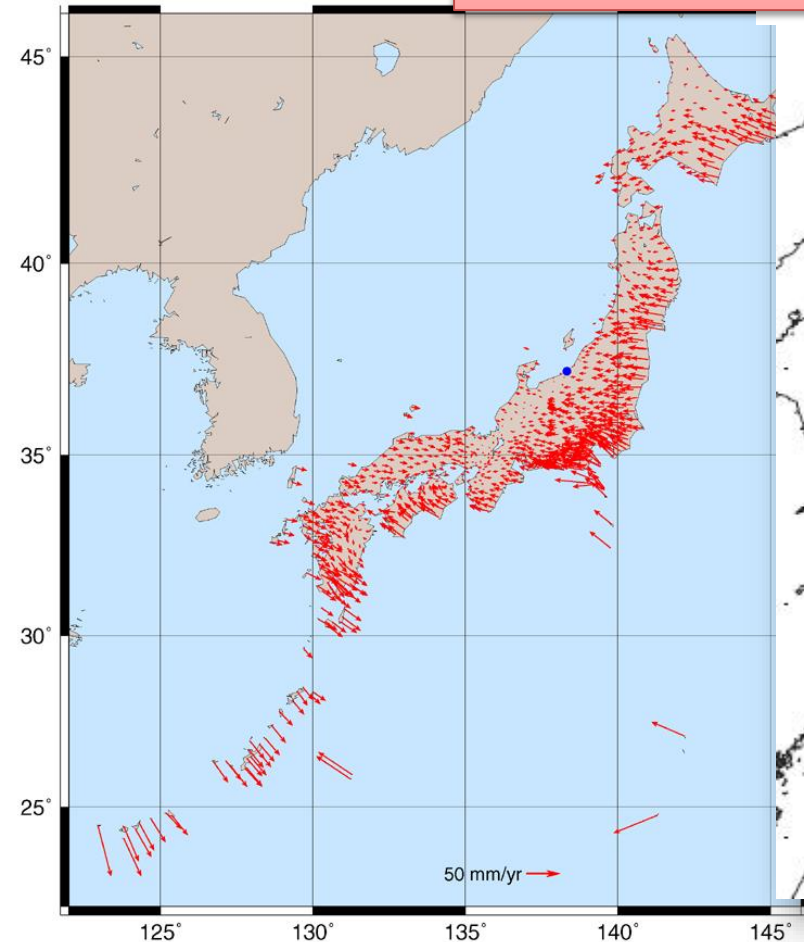


La deformación de corteza proporciona información de vital importancia para investigar el acoplamiento interplaca

Mecanismo de sismo en límite de placa

Geodesia del piso marino y mediciones acústicas

Regiones focales del sismo están debajo del piso marino



TOHOKU

**TOKAI
TONANKAI
NANKAI**

Falta de datos en el área oceánica limita la investigación de fenómenos geodinámicos

Geodesia del piso marino y mediciones acústicas

Cómo medir los movimientos en el piso marino?

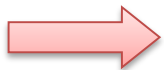
Terrestre

Las mediciones precisas usan ondas electromagnéticas (GPS, SLR, VLBI,)

Bajo el nivel del mar

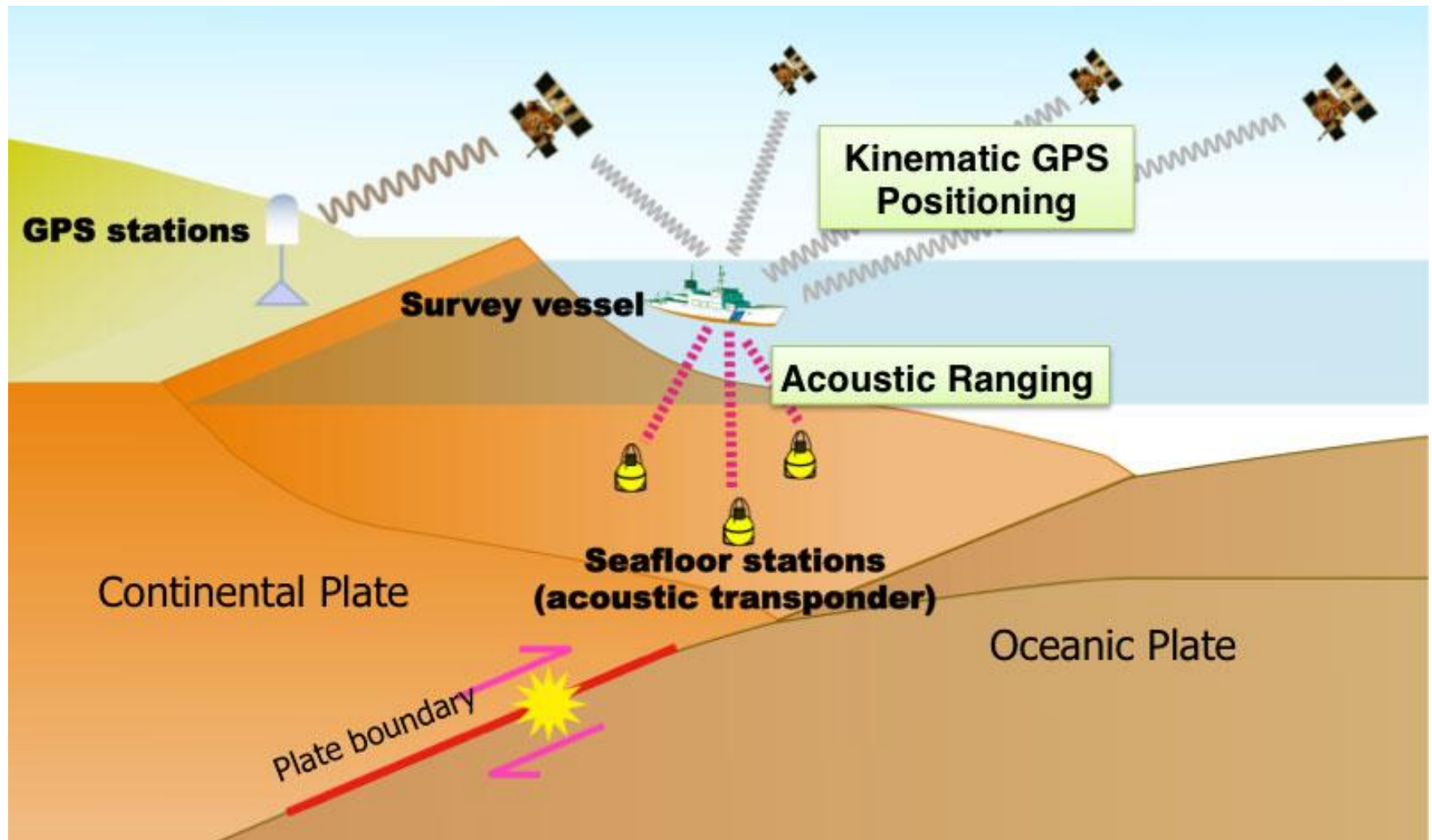
No se pueden usar ondas electromagnéticas debido a la absorción del agua marina.

Las mediciones usan ondas acústicas

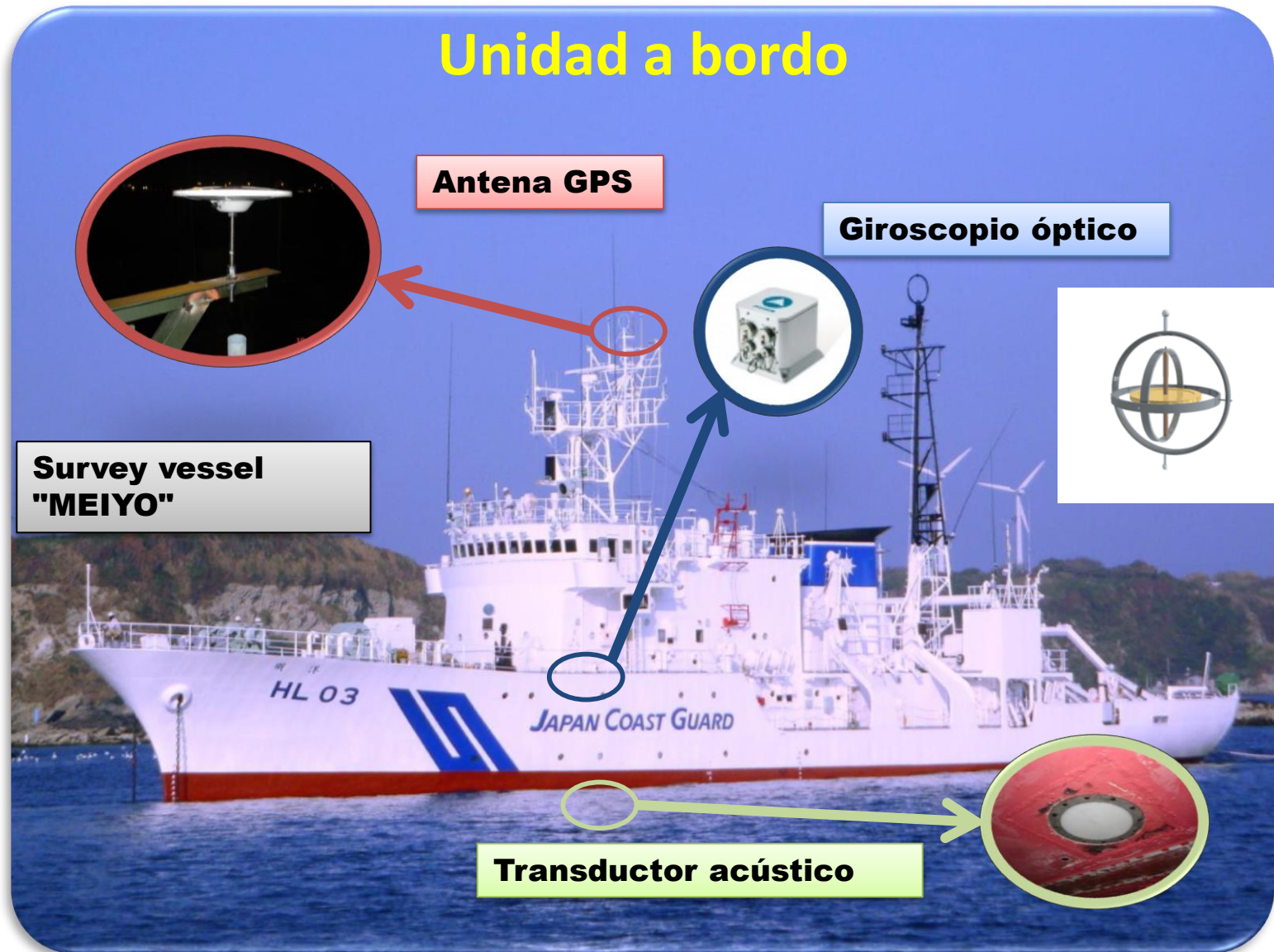


Técnica de combinación GPS/Acústica

Geodesia del piso marino y mediciones acústicas

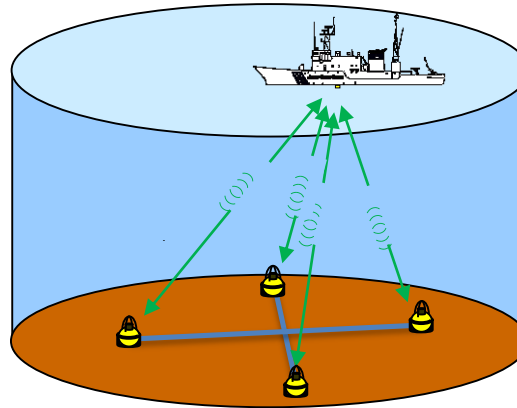
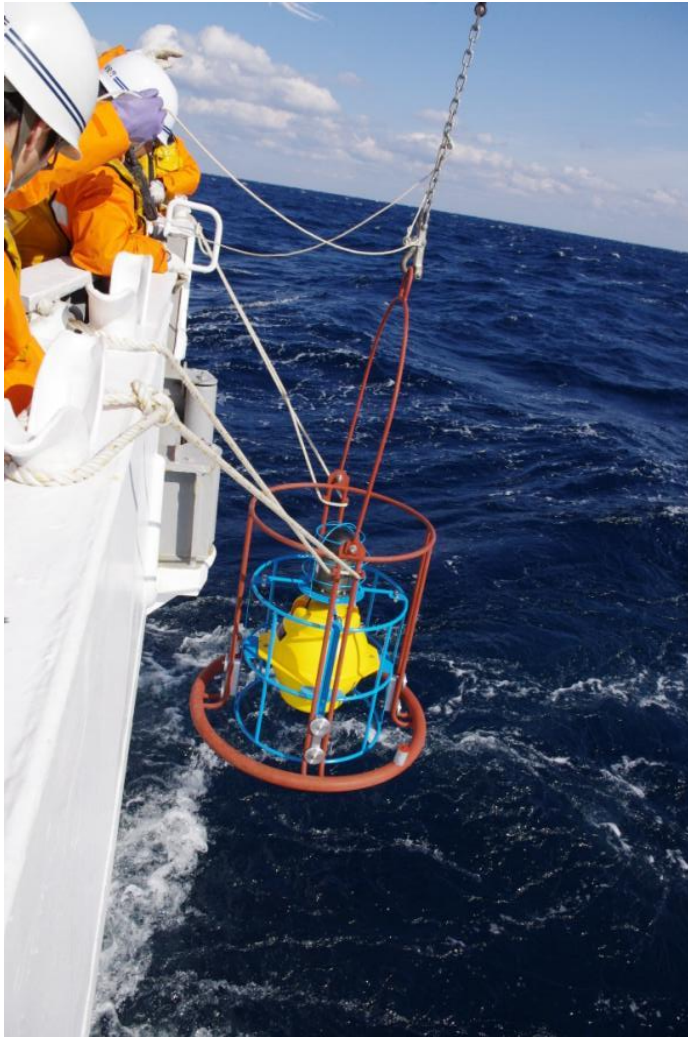


Geodesia del piso marino y mediciones acústicas

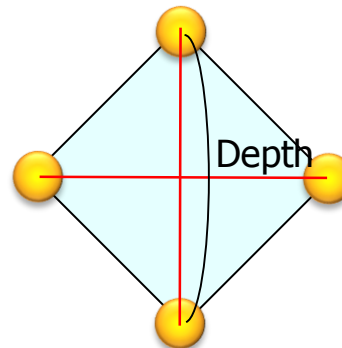


Geodesia del piso marino y mediciones acústicas

Unidad del piso marino



Un punto de referencia está compuesto por 4 transponder acústicos

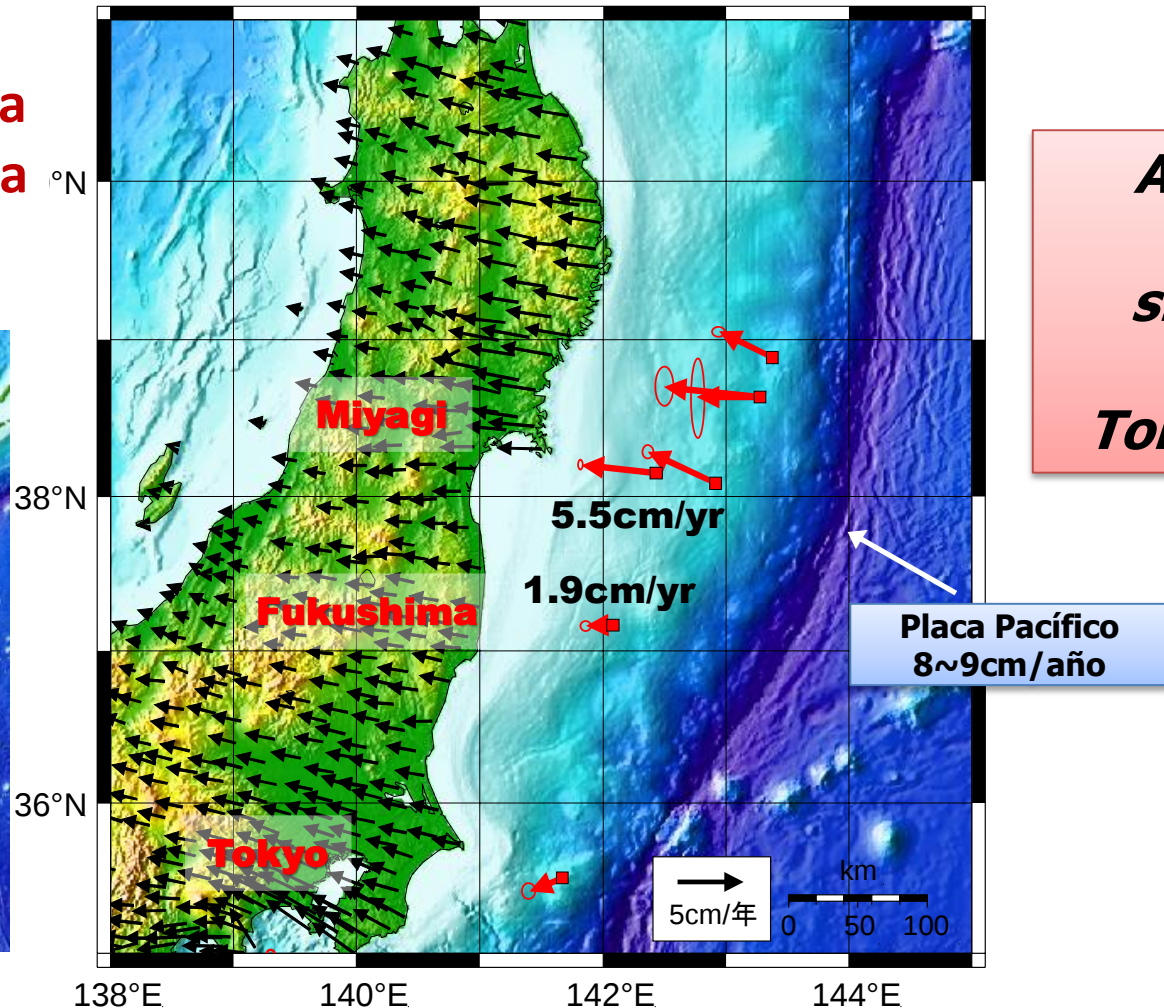
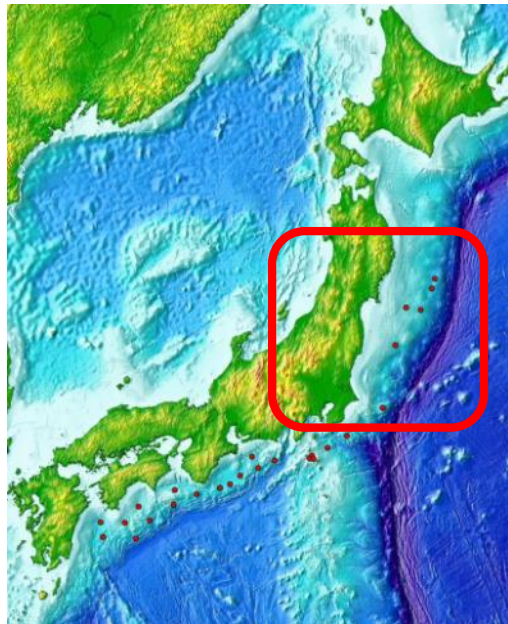


Los transponders son instalados en el piso marino por caída libre

Ishikawa et al, (2012)

Geodesia del piso marino y mediciones acústicas

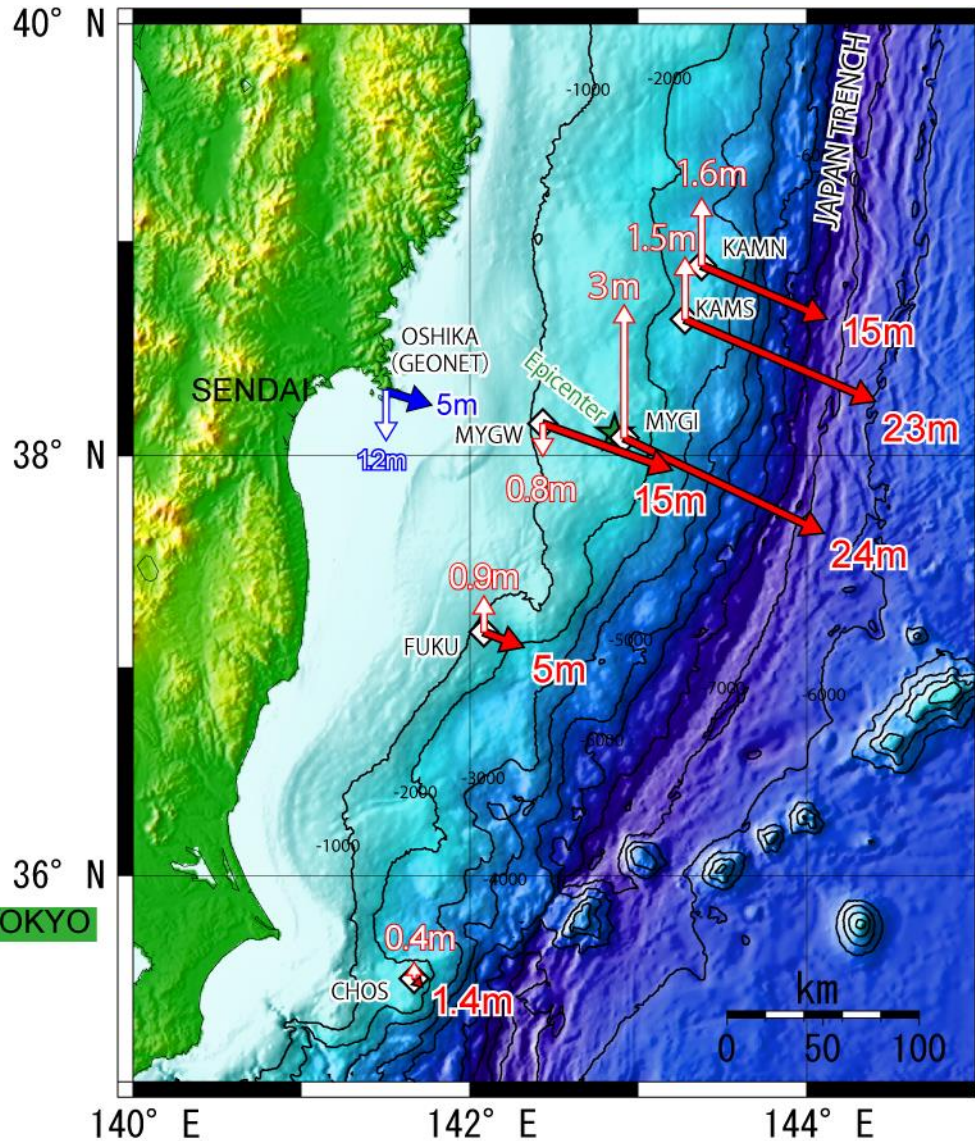
**Movimiento de
corteza causado por la
subducción de la placa
Pacífica**



- ✓ Las estaciones del piso marino se desplazaban hacia el oeste entre 2 y 6 cm/año
- ✓ Fuera de la region de Fukushima es más lento que la region de Miyagi

Geodesia del piso marino y mediciones acústicas

Movimientos cosísmicos asociados al sismo de Tohoku



Sato et al., Science 2011

Las estaciones del piso marino, cerca del epicentro, se movieron 4-5 veces más que las estaciones terrestres GPS

La transición levantamiento - subsidencia hacia el oeste podría ser la clave para la estimación del área de la region fuente

Ishikawa et al, (2012)

DESAFÍOS Y CONCLUSIONES

INTEGRACIÓN DE REDES

INSTRUMENTO

- GNSS muestreo alto
- Sismómetro
- Acelerómetro
- Deformímetro
- Inclínometro
- MET
- Ionosondas



APLICACIÓN

- Estudios sismológicos
- Tomografía sísmica
- Movimiento de placas
- Deformación corteza
- Alerta temprana Sismos-Volcanes
- Movimientos en masa
- Posicionamiento GNSS "tiempo real"
- Monitoreo infraestructura



USUARIOS

- Científicos
- Investigadores en geoamenazas
- Meteorólogos
- Investigadores de la ionosfera
- Hidrólogos
- Ingenieros

CONCLUSIONES

Los sistemas GNSS se caracterizan por la difusión de señales de radio desde satélites en dos o más frecuencias, cuyo uso directo de las mismas permite obtener información de posición, velocidad y tiempo.

Sin embargo, el uso indirecto de las mismas señales permite su aplicación en otros campos disciplinares, lo cual convierte a la geodesia espacial GNSS en una herramienta de sensoramiento remoto fundamental para el entendimiento de la dinámica terrestre.

Así por ejemplo, las señales reflejadas, refractadas y dispersas GNSS permiten obtener una “imagen” del comportamiento de dicha dinámica como una nueva herramienta de sensoramiento remoto de alta precisión, continua, independiente de condiciones atmosféricas y casi en tiempo real, que juega un papel importante de aplicación específica en campos del conocimiento asociados a la Tierra sólida, atmosférica y oceánica.

Estas nuevas aplicaciones, que en algunos casos deben ser refinadas y validadas, se constituyen en valioso apoyo complementario a otras técnicas existentes. En Colombia, bajo el marco del proyecto GNSS conocido como GeoRED del Servicio Geológico Colombiano, se ha iniciado de forma gradual en estas nuevas aplicaciones, con énfasis en el estudio de la ionosfera y la troposfera.

IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA GNSS EN EL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

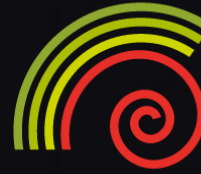
El Servicio Geológico Colombiano a través del proyecto GEORED está creando una **Infraestructura GNSS de alta calidad** que sirva como marco de referencia esencial para el estudio e investigación de la dinámica de la corteza terrestre y la atmósfera en la totalidad del territorio colombiano, que facilite al mismo tiempo, intercambio de datos y resultados de investigación con países vecinos.

El procesamiento científico de las observaciones GNSS permitirán la generación de series de tiempo de posiciones geodésicas de alta precisión, así como el cálculo de campos de velocidad superficial que registren el comportamiento de la dinámica de la corteza terrestre, los cuales tienen directa implicación en geoamenazas.

El propósito es alcanzar una adecuada densidad de estaciones de la red nacional GNSS en un esfuerzo para orientar estudios e investigaciones en temas específicos en geociencias tales como cinemática de placas, dinámica de la corteza terrestre, estimación de velocidades relativas a lo largo de fallas activas, interacción en límite de placas y deformación, incluyendo el entendimiento de los procesos del ciclo sísmico.



SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



Dirección de
Geoamenazas

Proyecto GeoRED

*Red geodésica para investigación geocientífica,
Infraestructura, levantamientos,
amenazas naturales*

<http://geored.sgc.gov.co>
geored@sgc.gov.co



Gracias por su atención