

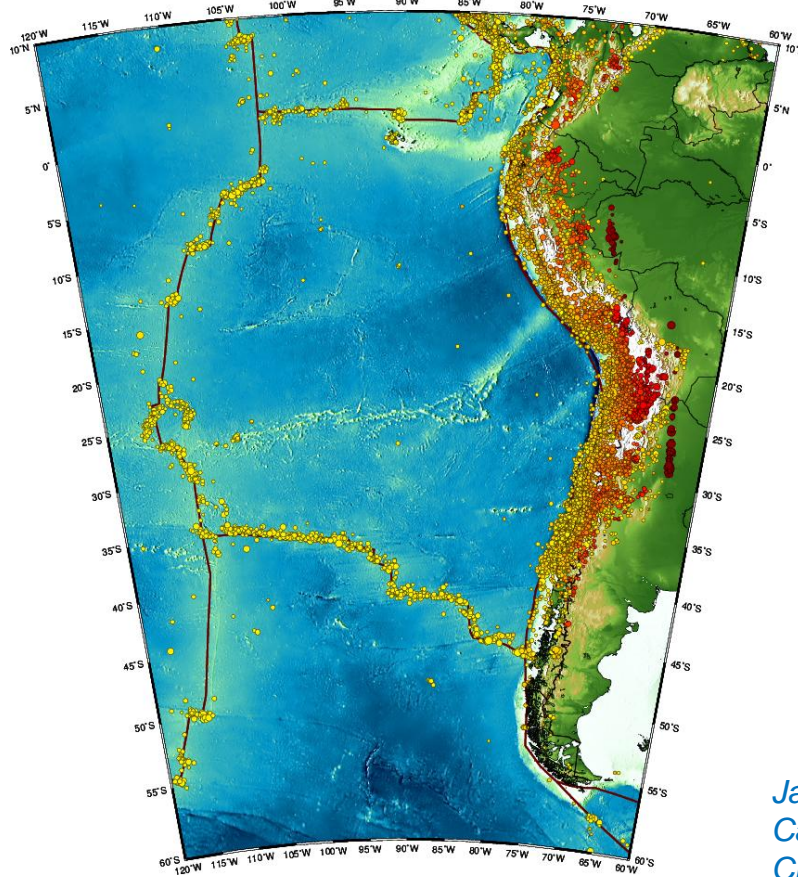
WELCOME

Workshop
***National Geophysical Networks in Latin America
Best Practices, Challenges and Opportunities for
Colaboration***

*Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile, Santiago
25 Mayo 2015*

*Sergio Barrientos
Director
Centro Sismológico Nacional
Universidad de Chile*

Seismicity of Chile

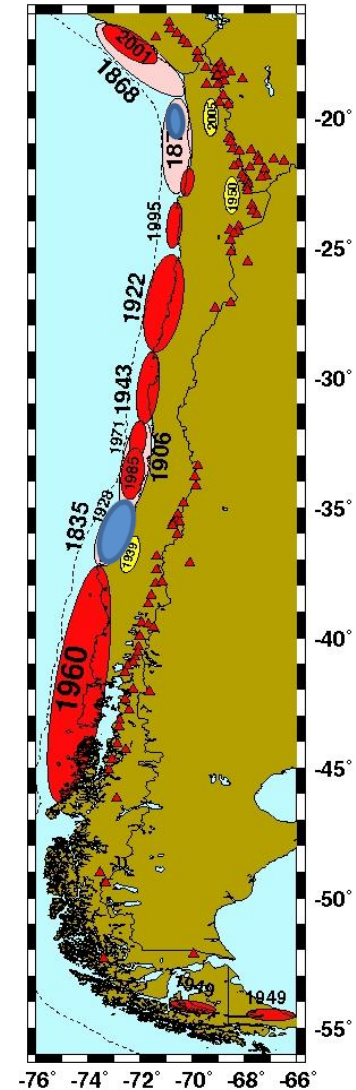
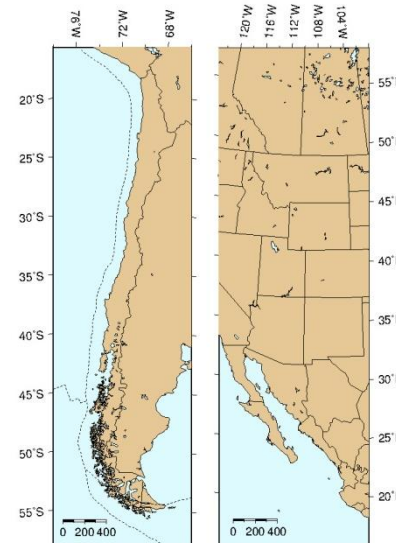


- High rates of seismic prouctivity
 - Number of events per unit time
 - Giant earthquakes
- Approx. one magnitude 8 earthquake every ten years
- Different types of faults and seismogenic regions
- Significant number of events followed by tsunamis
- Shallow seismicity
- Active tectonics close to urban centers and infrastructure

	Area (km ²)
Japan	377,944
California	423,970
Chile	756,096

In Chile, since 1900, in terms of Disasters of Natural Origin:

- 99% fataliities due to earthquakes and tsunamis
- 98% economic loss due to earthquakes and tsunamis



Large Tsunamis in Chile

About 4 m or more:

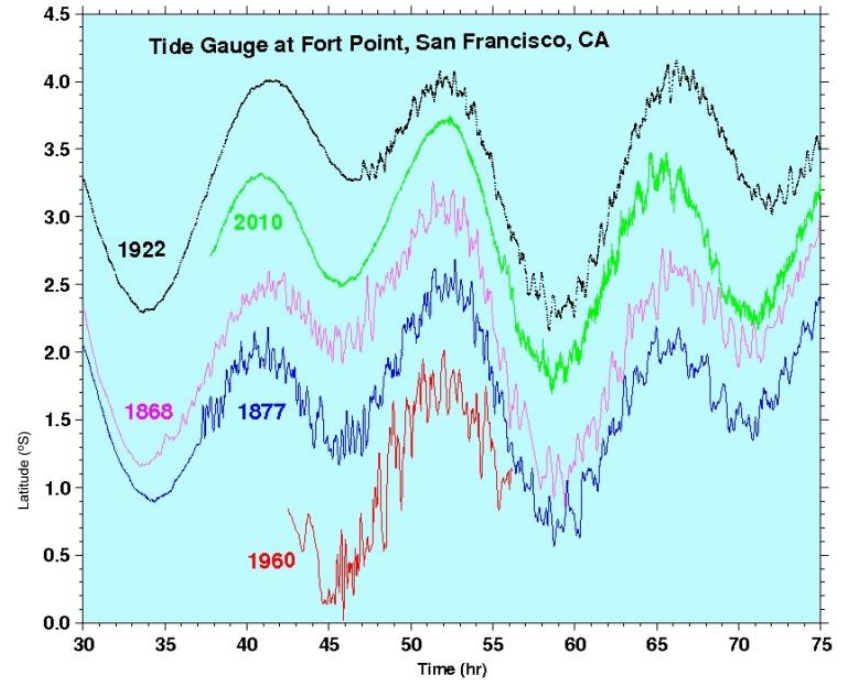
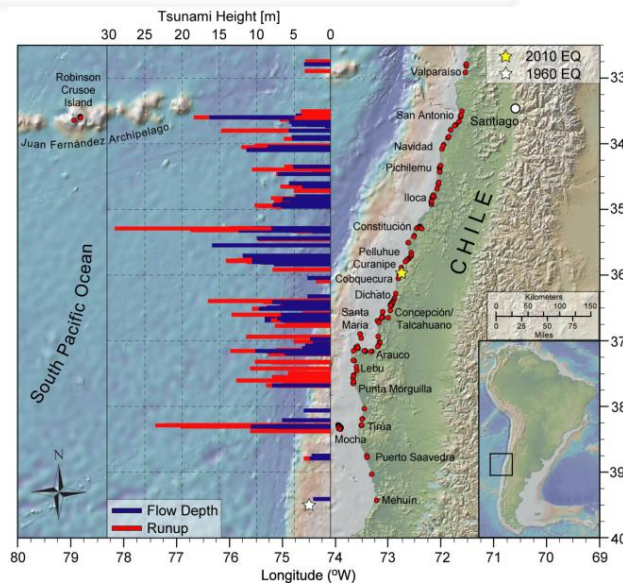
1570, 1575, 1604, 1657, 1730, 1751, 1819, 1835,
1849, 1859, 1868, 1877, 1918, 1922, 1960, 2010

Intervals: 5,29,53,73,21,68,16,2,12,10,9,9,41,4,38, 50;

Average = 27.5 years



Cañones y caleta de pescadores... DESPUES



About 10 m or more:

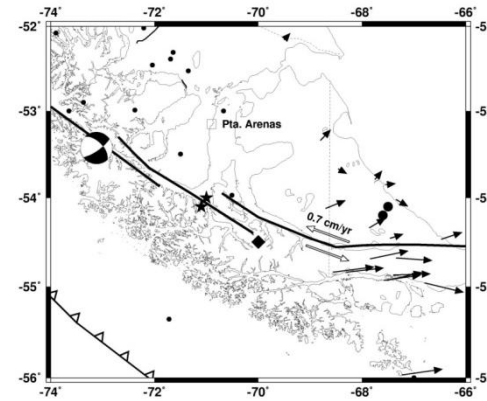
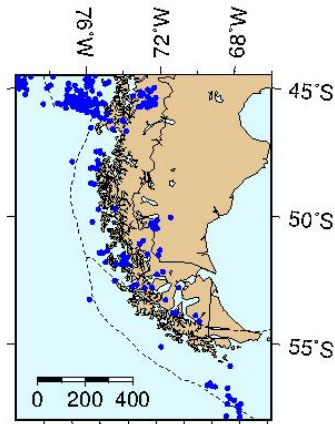
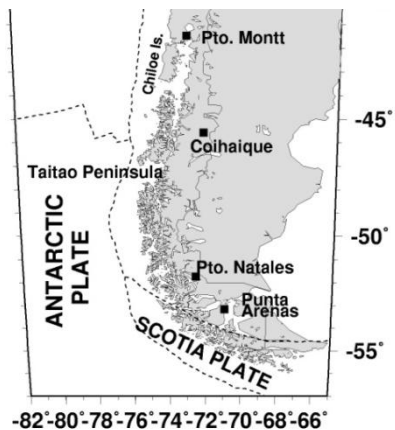
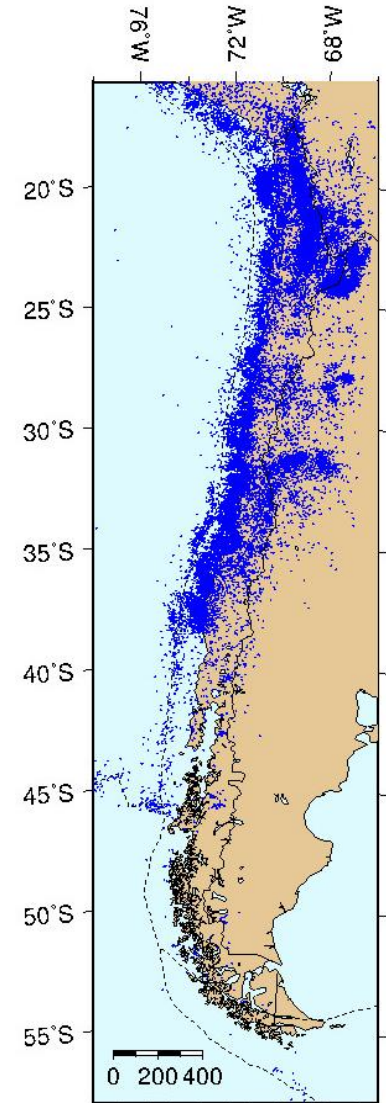
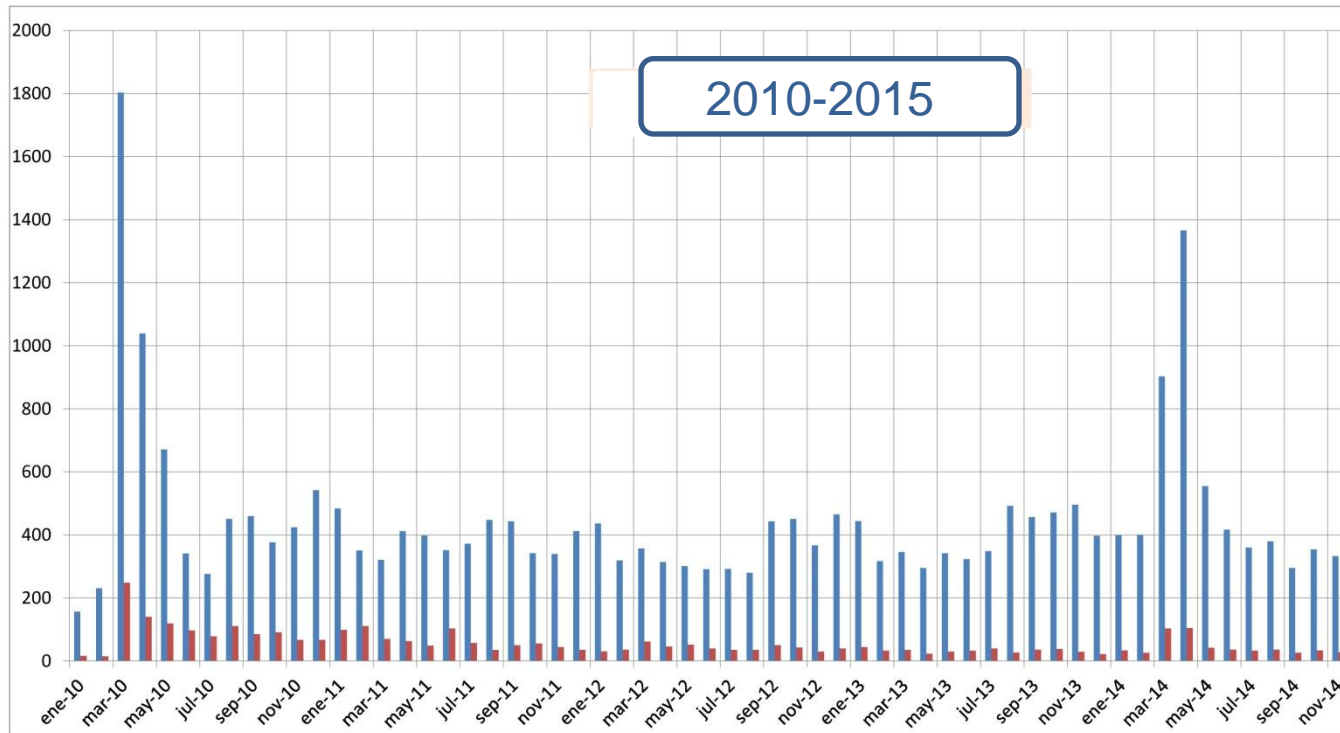
1604, 1730, 1835, 1868,
1877, 1922, 1960, 2010

Intervals: 126, 105, 33, 9 45, 38,50;

Average = 58 years

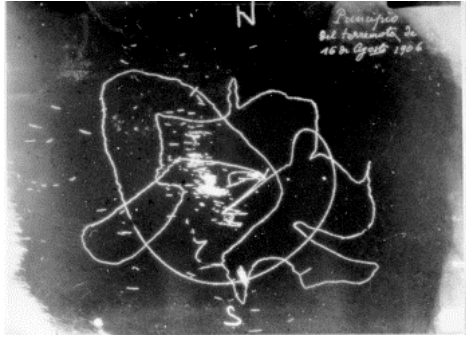


Seismicity of Chile



Seismological Observation in Chile

16 August 1906 Earthquake $M 8\frac{1}{4}$ in central Chile

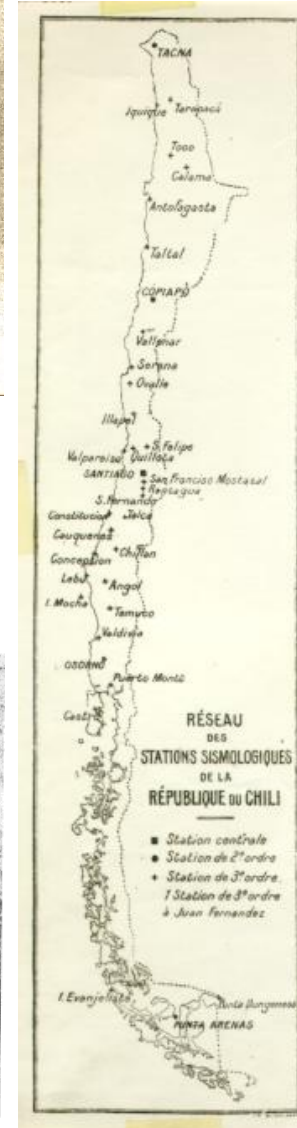
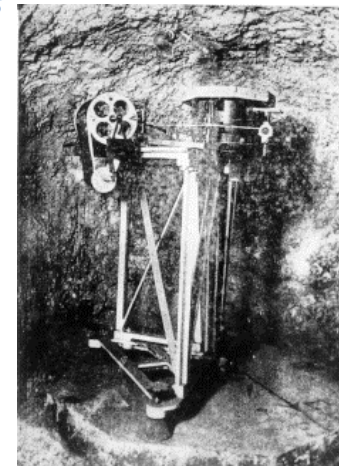


In 1907 the Government decided to install a seismological observation system after A proposition by V. Letelier in 1906.

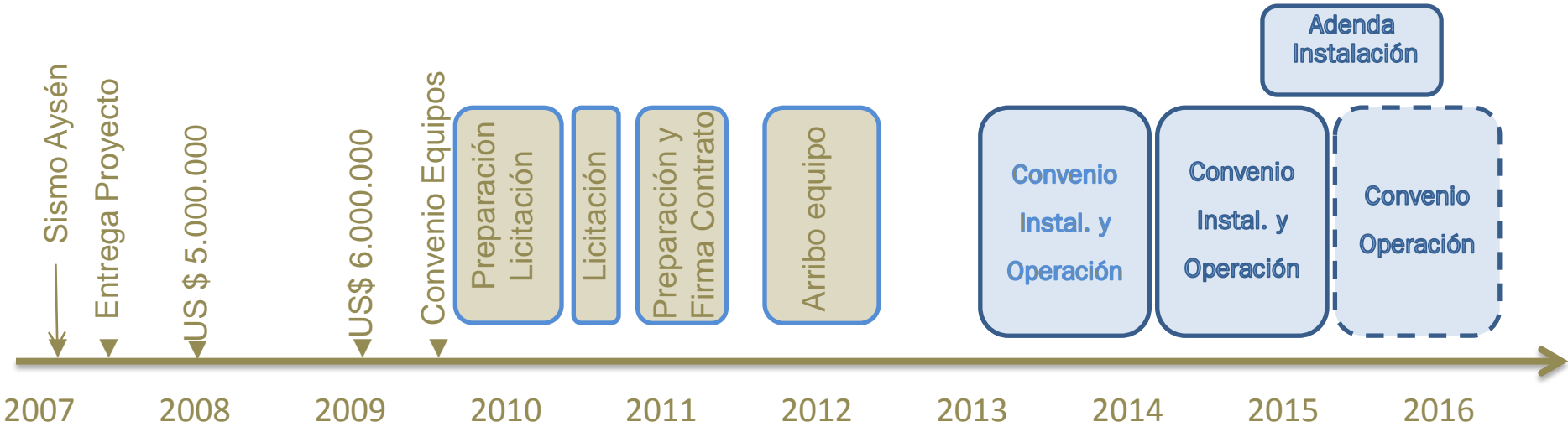
F. Montessus de Ballore,
Director of the Seismological Service,
appointed in Sept., 1907



- 1950's Development of own instrumentation
 - 1980's SP telemetered instrumentation around Santiago
 - 2000's SeisLog system (Norway)
 - 2011-2012 Ten Geophysical Observatories (IRIS)
 - 2013 Installation of new observation system
- Academic → Routine Operations



Development

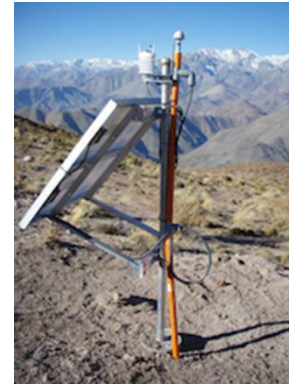


Year	Inst. O&M	Communications	Total
	million US\$	million \$	million \$
2013	3.2	0.8	4.0
2014	4.0	3.2	7.2
Adenda 2014	1.1		1.1
2015 Budget	3.4		3.4

Observational Network: New Instruments

65 full stations with real-time connectivity

- Broad-band sensors
- accelerometers
- GPS



297 strong-motion with internet connectivity



65 GPS devices with real-time connectivity
40 of them with RTX option



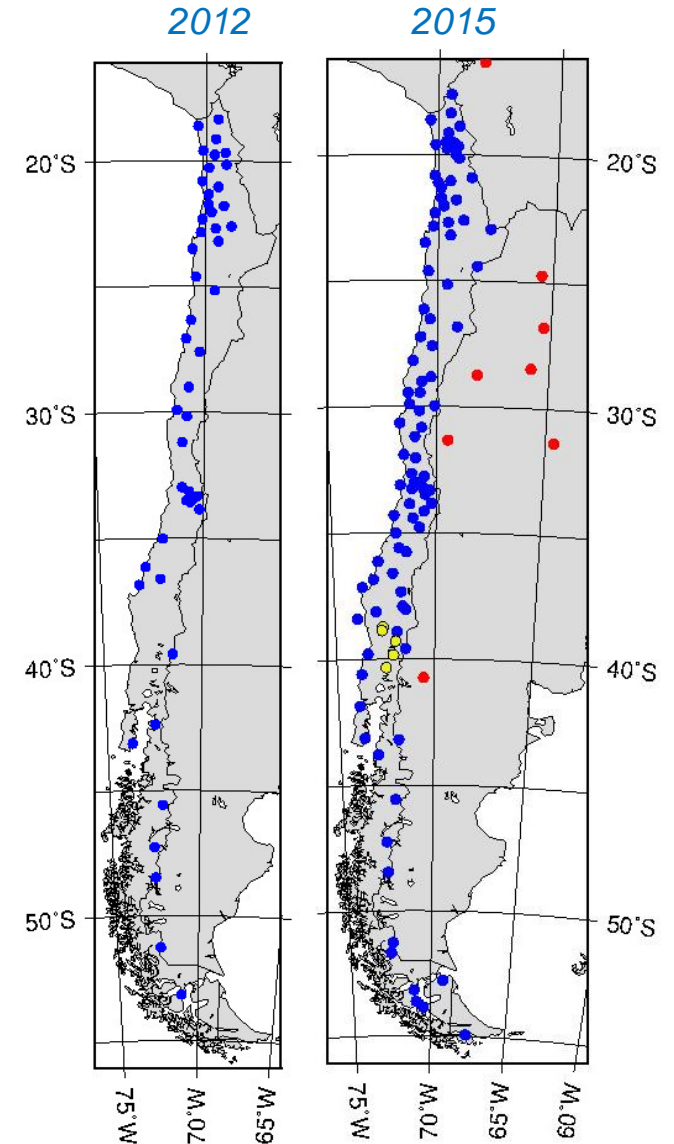
40 portable stations for special studies



Seismological Network of Chile

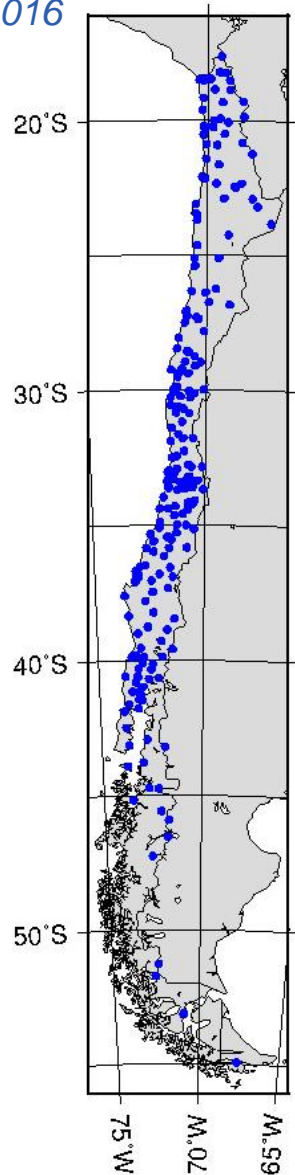
Displacement, GPS	Velocity BB	and Acceleration Accelerometres
130	40 + 65	297

- 55 BB and SP existing stations including
18 IPOC (BB, SGM, GPS, MT)
10 GRO (BB, SGM, Infrasound, meteo, installing GPS)
- Installation completed by end 2015 (all 6-components) + GPS



Strong Motion and GNSS

2016



297 strong motion instruments

Sites decided by Expert Committee

Installation by Ministry of Housing and Urban Planning

Connectivity by ONEMI

O & M by CSN

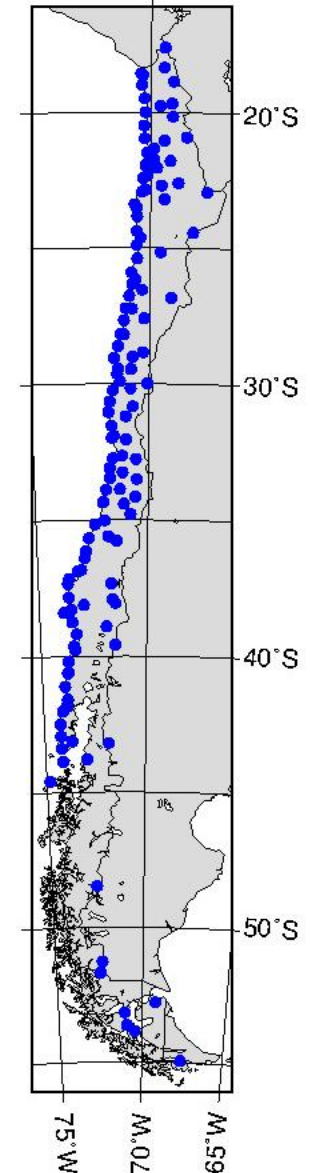
-209 instruments installed

-122 instrument internally connected, in future to CSN
(Onemi, Carabineros, DGAC, modem tel.)



130 GNSS devices
1 s/s RTX sat
1 s/s RTX internet
24 hours

2016



Automatic Processing



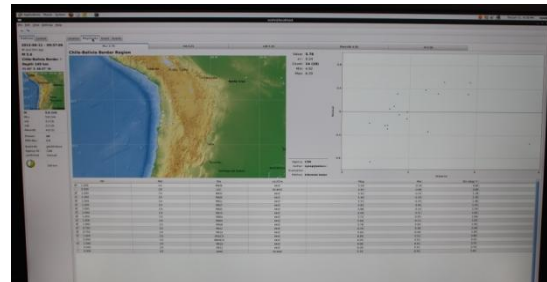
CSN Operations



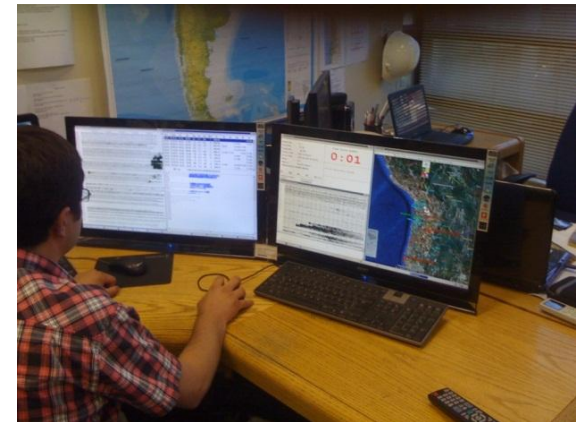
Virtual machine
Thanks to:

Geoff Davis, Juan Reyes, Jennifer Eakins
EarthWorm / EarlyBird

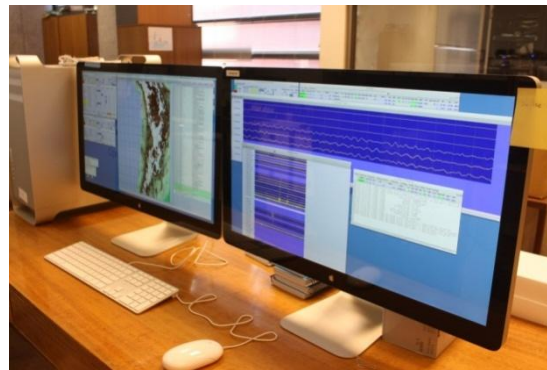
Data Receiving End



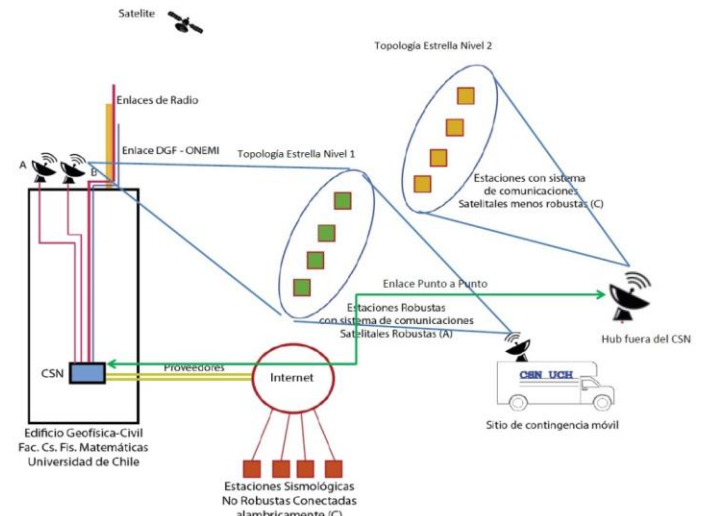
SeisComP



Similar systems installed
at ONEMI and SHOA

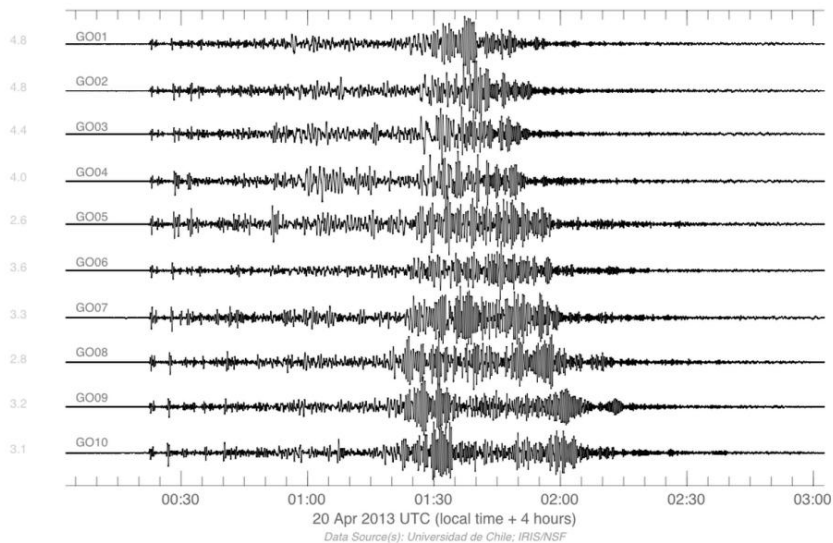
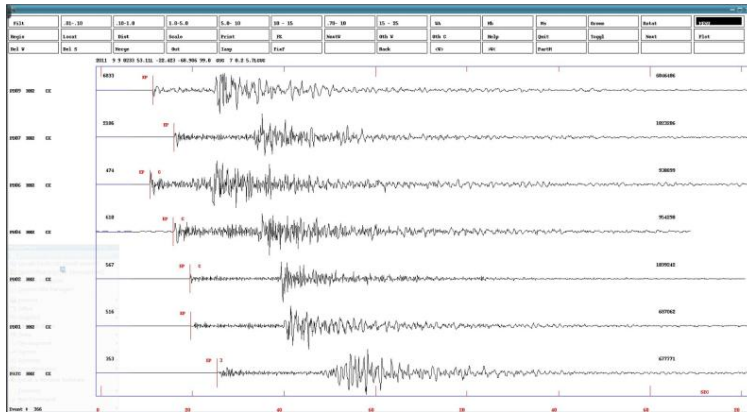


Antelope
Virtual machine

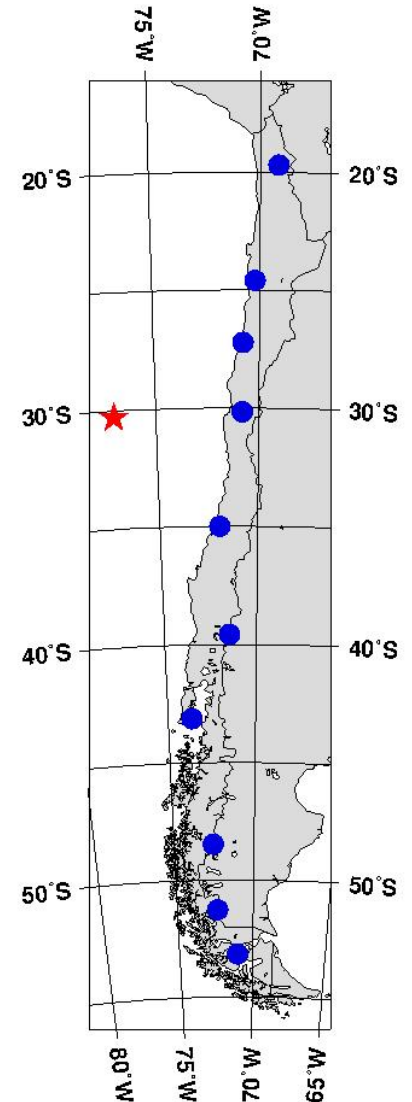
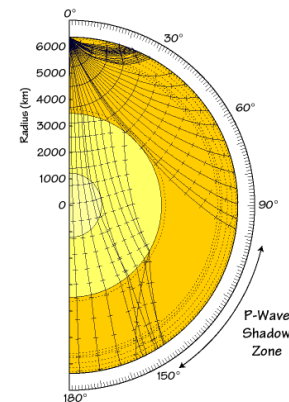
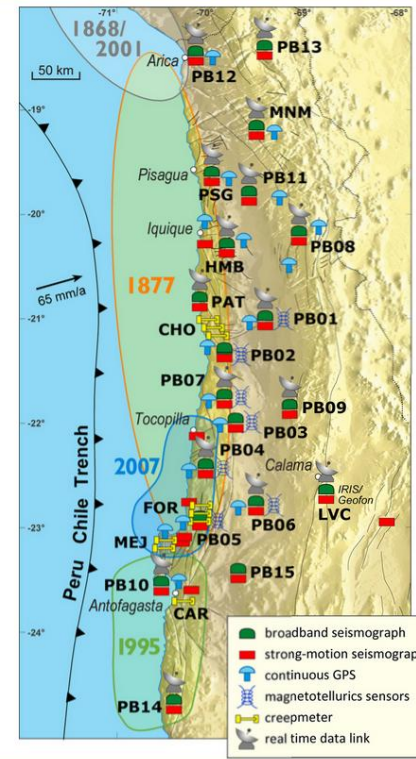


GRO and IPOC Stations

Local earthquake

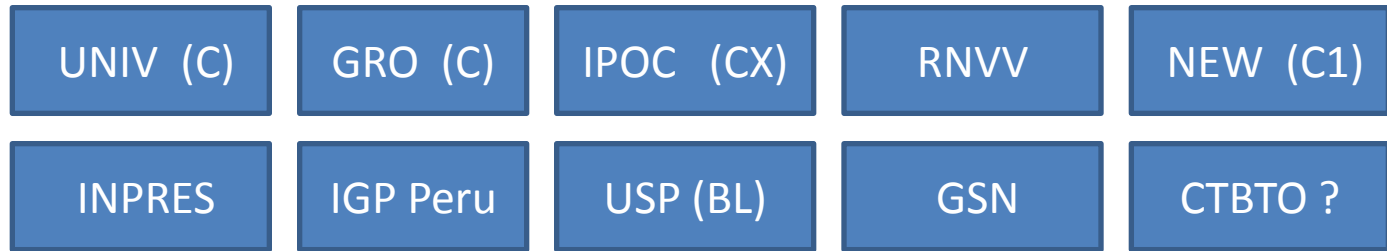


Sichuan M6.6, April 20 2013 at the antipodes

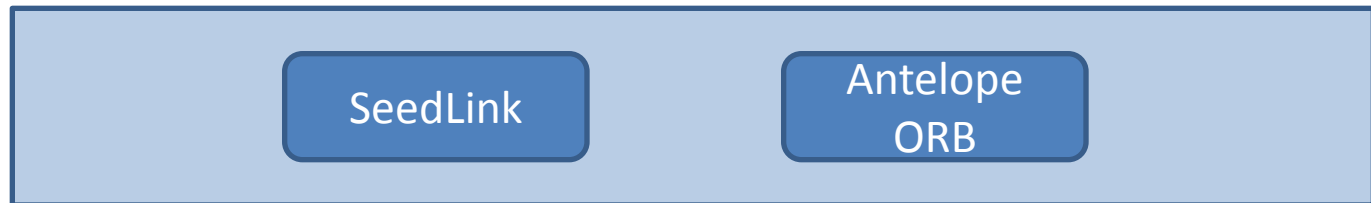


Acquisition and Processing Systems

Remote Stations



Acquisition



Automatic Processing



Manual Processing



23 Agosto 2014 M=6.4



[Infórmate](#)
[Aprende](#)
[Educa](#)

Informe de sismo sensible

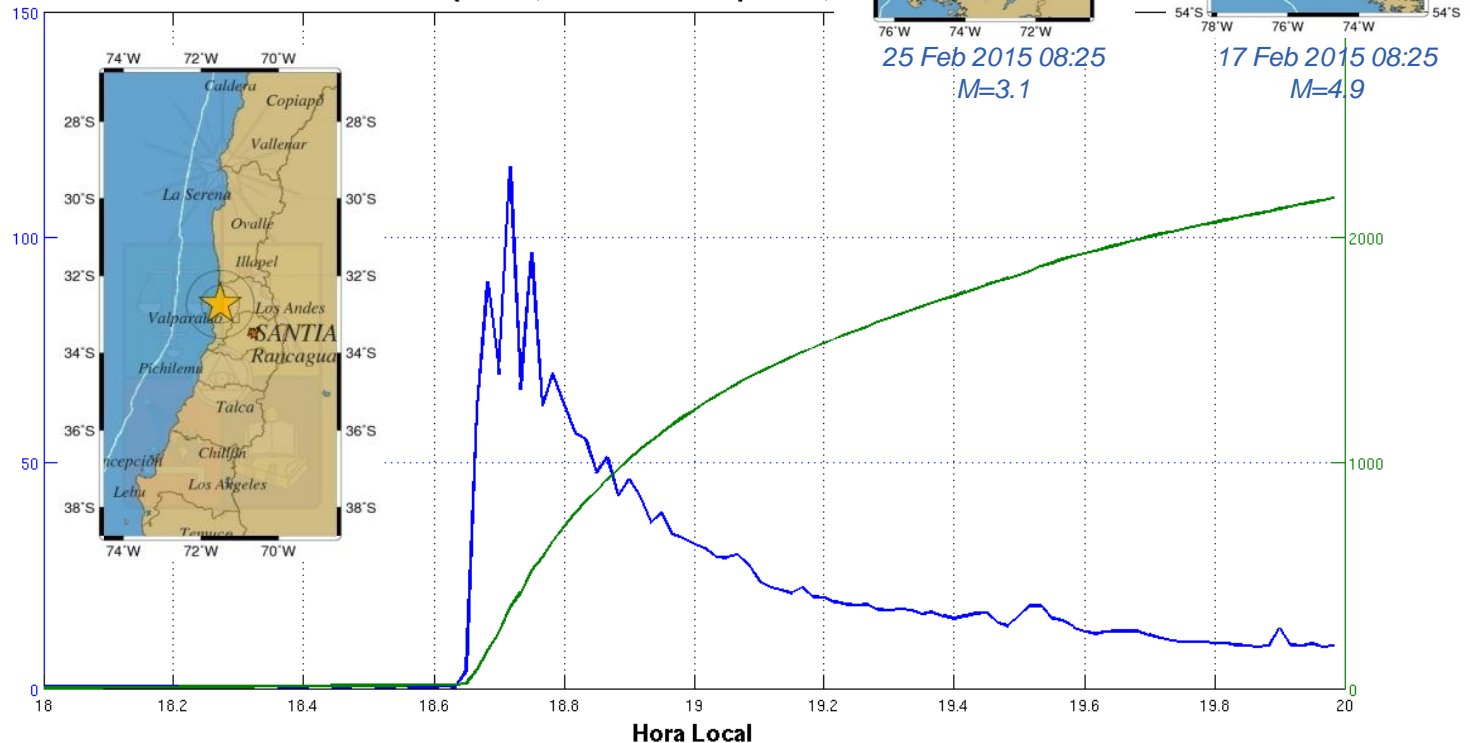
Hipocentro

Hora Local	18:32:23 23/08/2014
Hora UTC	22:32:23 23/08/2014
Latitud	-32.737
Longitud	-71.498
Profundidad	40.1 Km
Magnitud	6.4 Mw GUC
Referencia	36 km al N de Valparaíso

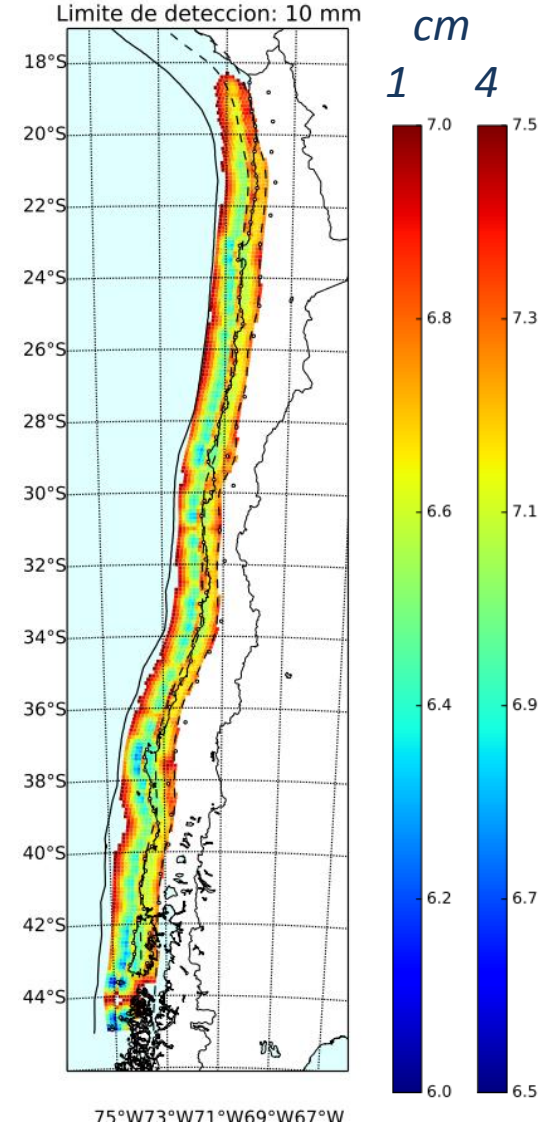
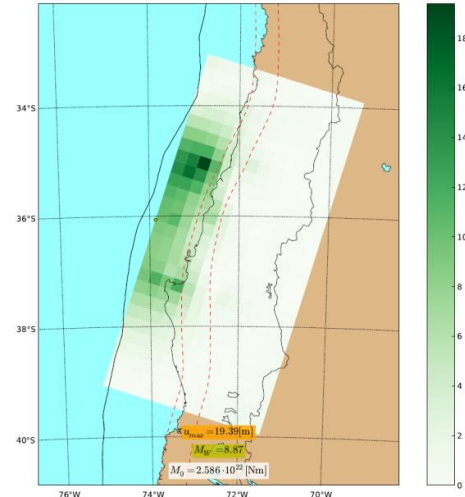
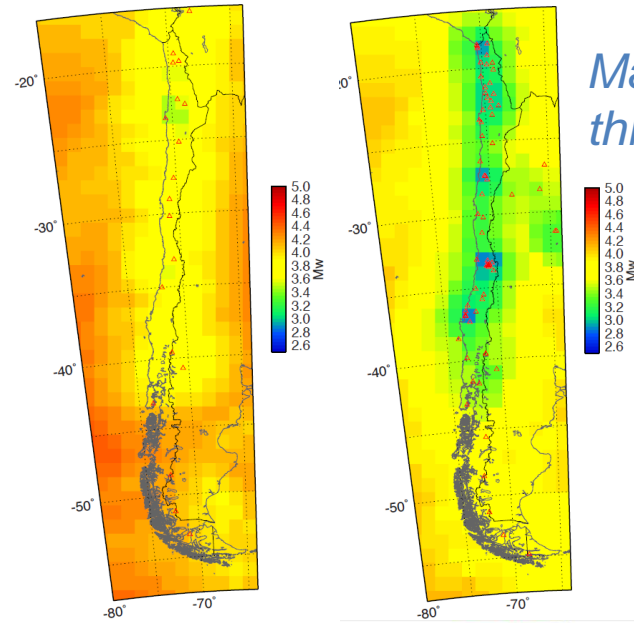


Miles de Visitas (6.4 Mw, 36km al N de Valparaíso,

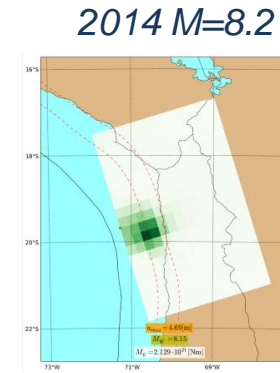
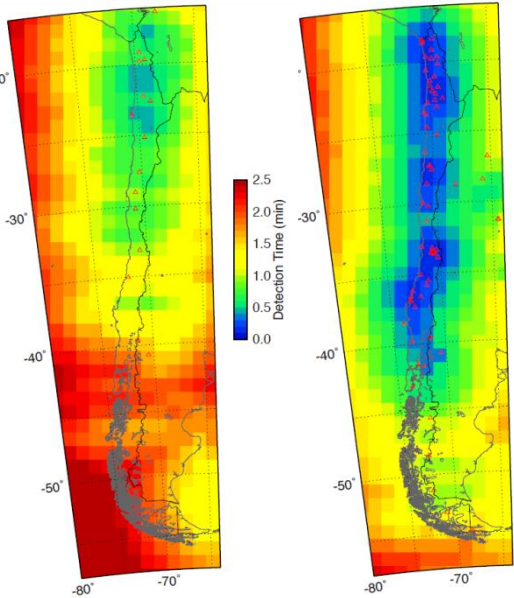
Linares	V	Viña del Mar	VI
Pelarco	V	Zapallar	VI
Romeral	V	Buín	VI
Sagrada Familia	V	Calera de Tango	VI
Cabildo	VI	Colina	VI
Calera	VI	El Monte	VI
Casablanca	VI	Isla de Maipo	VI
Concón	VI	Lampa	VI
Hijuelas	VI	Padre Hurtado	VI
Juan Fernández	VI	Peñafiel	VI
La Cruz	VI	Puente Alto	VI
La Ligua	VI	San Bernardo	VI
Limache	VI	Santiago	VI
Nogales	VI	Talagante	VI
Olmué	VI	Tiltil	VI
Papudo	VI	Mostazal	VI
Petorca	VI	Navidad	VI
Quillota	VI	Pichilemu	VI
Quilpué	VI	Placilla	VI
Quintero	VI	Rancagua	VI
Valparaíso	VI	San Fernando	VI
		Talca	VII



Network Sensitivity



**Hayes (2014)
USGS**



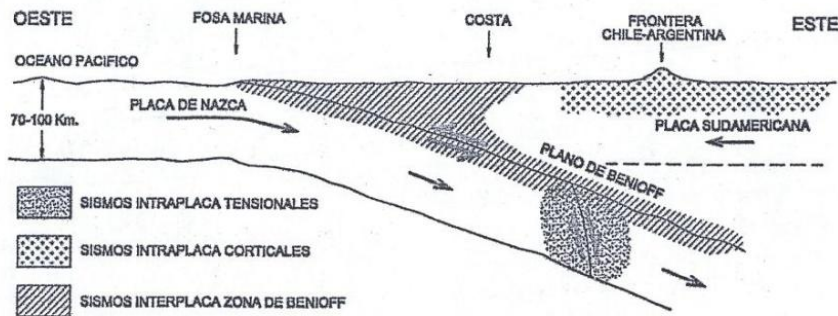
First RTX large earthquake recorded

Main driving reason: Tsunami Warning

- Characterization of fault displacement
- Expected seafloor deformation
- Tsunami extent and heights

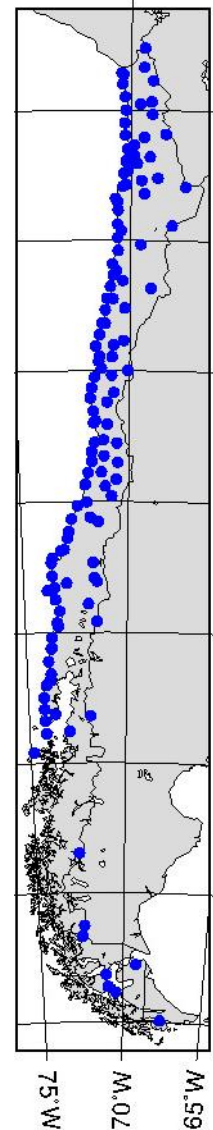
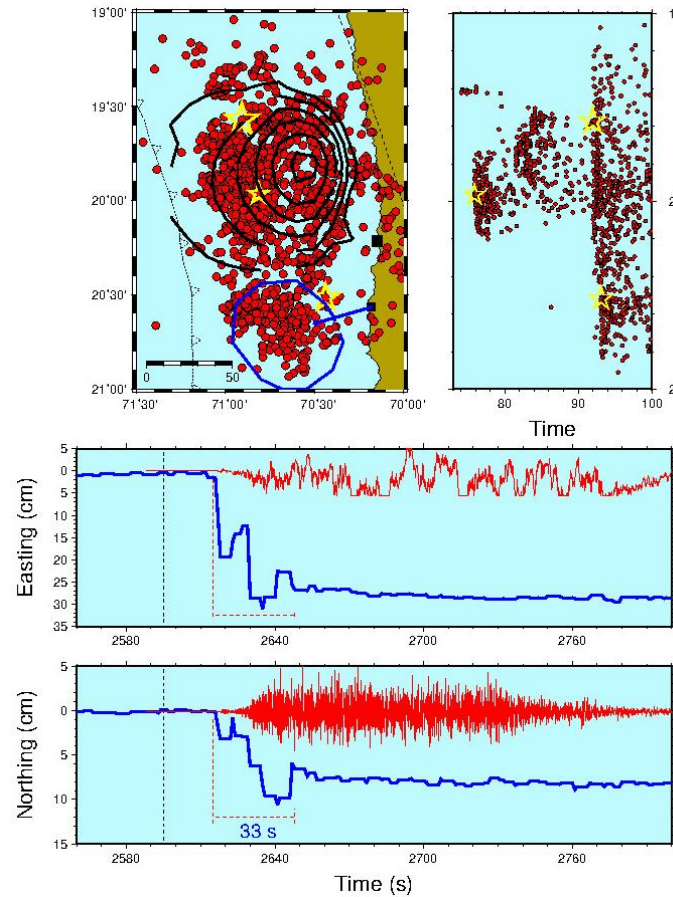
Strategy:

- Automatic detector and estimator development
- Earthquake location
- Mainly two regions of large earthquakes
- Predetermined fault geometry along subduction
- Predetermined fault geometry within Nazca plate



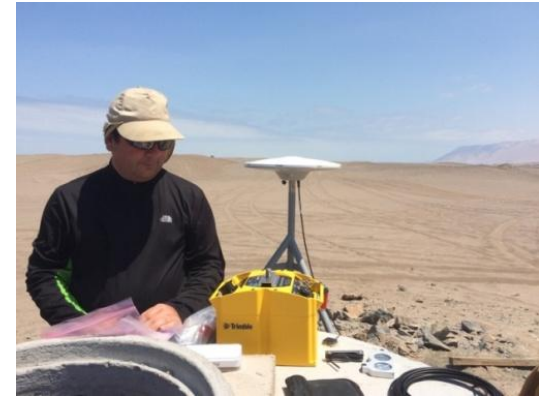
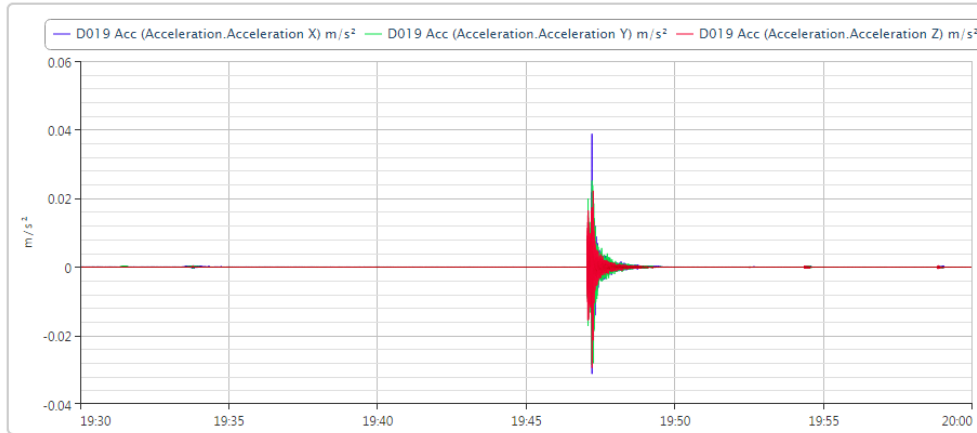
3 April, 2014, M=7.7

2016

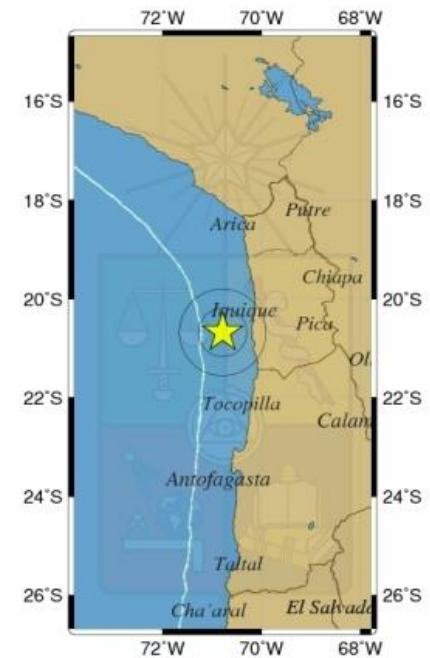
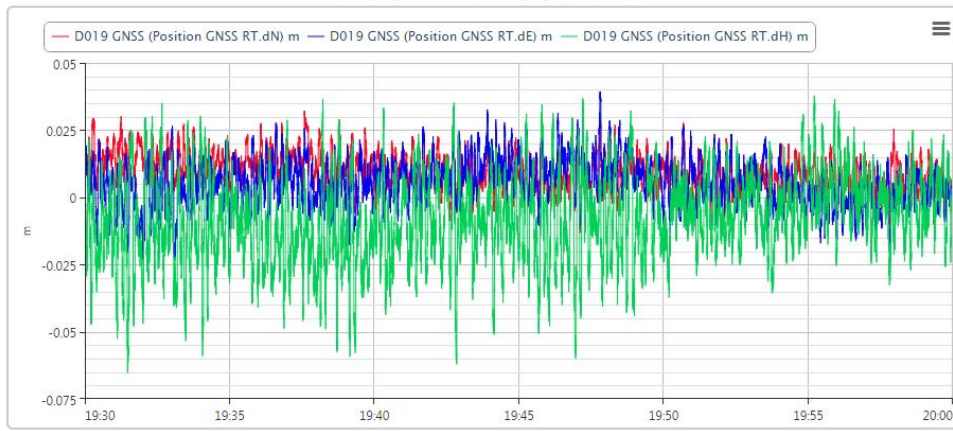


Seismo-Geodetic

Acel_Iquique_MI4.8
From 3/24/2015 19:30:00 to 3/24/2015 20:00:00



Desp_Iquique_MI4.8
From 3/24/2015 19:30:00 to 3/24/2015 20:00:00



Research Support



Instalan sismógrafo en archipiélago de Juan Fernández

Ciencia. Aparato permitirá hacer más precisas mediciones de terremotos.

El Centro Sismológico Nacional (CSN) de la Universidad de Chile instaló una estación sismológica en el archipiélago Juan Fernández, específicamente en la isla Robinson Crusoe, cuya ubicación favorece el monitoreo sísmico no solo a nivel nacional, sino que internacional. Esta estación, cuyo nombre es "YAOA Juan Fernández", está conformada por un acelerómetro y un sismógrafo de banda ancha, y es la primera instalada "estratégicamente" sobre la Plaza de Naica, en las cercanías del continente, permitiendo una mirada hacia el oeste a este. Mario Pardo, subdirector del CSN, señala que "estos datos, en conjunto con los registrados por las estaciones ya instaladas en el continente, permitirán mejorar las localizaciones de hipocentros y magnitudes de los sismos en Chile". Esta es la primera instalación sismológica permanente en el archipiélago.

Quince aparatos serán instalados hasta cinco mil metros de profundidad: Expedición hunde sismógrafos para resolver enigmas sobre los terremotos en el norte

Los instrumentos registrarán los movimientos tectónicos durante un año. Luego, investigadores de las universidades de Chile y Kiel (Alemania) analizarán los datos.

IVÁN MARTÍNEZ y AGOSTINO BARRIENTOS

Datos de una precisión nunca antes lograda sobre los terremotos que se originan bajo el mar en el extremo norte de Chile, como el 8.2 Richter que hace ocho meses golpeó a las regiones de Antofagasta y Tarapacá, aportarán los 15 sismógrafos submarinos, que una expedición chileno-alemana comenzará a instalar la próxima semana en el fondo oceánico. Sergio Barrientos, jefe del Centro Sismológico Nacional (CSN), lo resume así: hasta ahora, estos terremotos, capaces de generar devastadores maremotos, son estudiados desde lejos, con sismógrafos instalados en tierra, lo que computa con ver un sismógrafo a través de un vidrio opaco o ahumado. Una vez instalados en el lecho marino, a profundidades de entre cuatro mil y cinco mil metros, los 15 sismógrafos actuarán como un puño que "limpiará" ese vidrio y permitirá apreciar los sismos con una claridad sin precedentes.

Sembrar en el mar
Literariamente, la expedición organizada por investigadores de las universidades de Chile y Kiel (Alemania) hará una "siembra" en el mar. A bordo del patrullero oceánico "Comandante Toro", facilitado por la Armada, los sismólogos hundirán los 15 instrumentos en distintos puntos de la costa frente a Iquique (ver infografía). La maniobra se hará sin cables ni grúas, sino con pesos de profundidad que arrastrarán los equipos hasta el fondo. El objetivo es que se asienten sobre la placa Sudamericana, justo al lado de la zona de contacto con la placa de Naica. Una vez en el lecho, los sismógrafos trabajarán durante un año con total autonomía, sin conexión con la superficie, gracias a sus baterías de litio. Entre otros datos, registrarán los epicentros exactos y las magnitudes de los sismos, así como la forma en que las ondas de energía se propagan hacia el continente. Este último, añade el académico de la U. de Chile, permitirá caracterizar "mucho mejor" las zonas donde ocurren los temblores, en especial la estructura de velocidad con que se propagan las ondas sísmicas. La información, sin embargo, no estará disponible en línea. Por el contrario, habrá que esperar un año para recuperar la información a procesarla. Esa tarea estará a cargo del buque científico alemán "Sonne", que recogerá los sismógrafos una a una, enviándolos ondas acústicas que liberarán los pesos de profundidad y dejarán actuar a los flotadores que los impulsarán de regreso a la superficie.



El patrullero "Toro" de la Armada instalará los sismógrafos a distancias de entre 30 y 100 km de la costa.



El buque científico alemán "Sonne" rescatará los equipos, en noviembre de 2015.

“Hasta el momento nosotros velamos por un vidrio que estaba empañado, medio ahumado. Esta herramienta nos permitirá limpiar el vidrio con un trapo y ver mejor hacia el otro lado”.

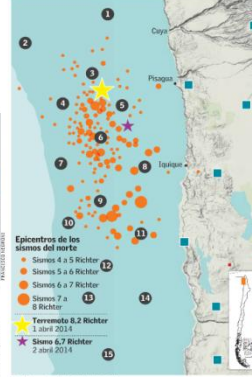
SERGIO BARRIENTOS
Jefe del Centro Sismológico Nacional

La información, sin embargo, no estará disponible en línea. Por el contrario, habrá que esperar un año para recuperar la información a procesarla. Esa tarea estará a cargo del buque científico alemán "Sonne", que recogerá los sismógrafos una a una, enviándolos ondas acústicas que liberarán los pesos de profundidad y dejarán actuar a los flotadores que los impulsarán de regreso a la superficie.

Buscando claridad bajo el agua

Los 15 sismógrafos submarinos que se instalarán desde la próxima semana frente a Iquique aportarán datos inéditos sobre el comportamiento de las placas tectónicas bajo el mar.

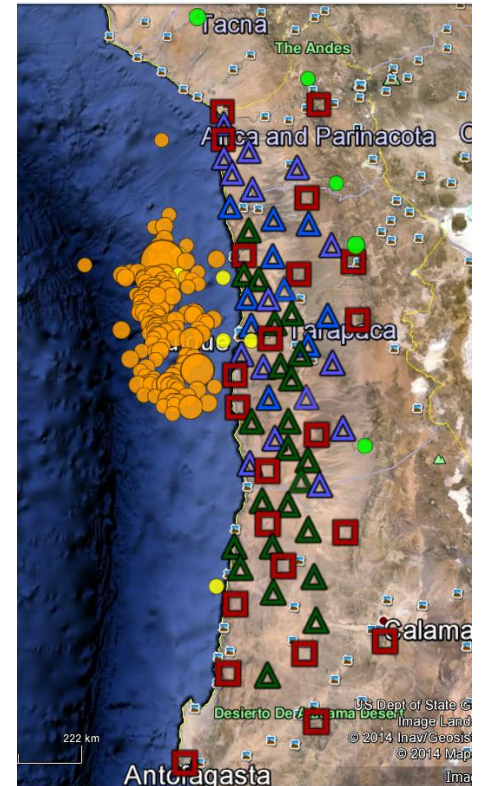
Sismógrafos ● Submarinos (nuevos) ■ Terrestres (existentes)



Fuente: Departamento de Geofísica U. de Chile

Barrientos admite que hoy los aparatos sismológicos "adivinan" la forma en que ocurren los sismos bajo el mar. "Y si bien esa fórmula "no funciona bastante bien", los sismógrafos submarinos son una oportunidad para confirmar cómo se comportó la Tierra en sus primeros 40 a 100 kilómetros bajo el fondo marino. Esa información es crucial, considerando que, según el

- Hayes, G.H., M. W. Herman, W. D. Barnhart, K. P. Furlong, S. Riquelme, H. M. Benz, E. Bergman, S. Barrientos, P. S. Earle and S. Samsonov, Continuing Megathrust Earthquake Potential in northern Chile after the 2014 Iquique Earthquake Sequence, *Nature* 512, 295-298, (2014).
- Schurr, B., G. Asch, S. Hainzl, J. Bedford, A. Hoehner, M. Palo, R. Wang, M. Moreno, M. Bartsch, Y. Zhang, O. Oncken, F. Tilmann, T. Dahm, P. Victor, S. Barrientos, J-P Vilotte. Gradual unlocking of a plate boundary controlled the April 2014 Northern Chile megathrust earthquake, *Nature* 512, 299-302, (2014).
- Ruiz, S., Metois, M., Fuenzalida, A., Ruiz, J., Leyton, F., Grandin, R., Vigny, C., Madariaga, R., Campos, J. Intense foreshocks and a slow slip event preceded the 2014 Iquique M8.1 earthquake, *Science* 345, 1165-1169 (2014).



Future Tasks

CSN exchanges data with:

IRIS, USGS, PTWC, IGP (Perú),
INPRES (Argentina), Universidad de Sao Paulo,
Universidad de Brasilia

In conversacions with:

Colombian Geological Survey,
Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia
Instituto de Geofísica - Escuela Politécnica
Nacional, Ecuador

C1 Net Address	Total: 101.765 GB	Gigabytes	Percent
seis.sc.edu	26.0927 GB	25.6 %	
152.74.5.224	17.7106 GB	17.4 %	
speedy.com.ar	17.0364 GB	16.7 %	
cm.vtr.net	7.0944 GB	7.0 %	
186.73.45.	6.5386 GB	6.4 %	
226/24.bsnl.in	5.5567 GB	5.5 %	
152.74.55.64	5.5187 GB	5.4 %	
intersat.net.ar	4.2099 GB	4.1 %	
baf.movistar.cl	2.7744 GB	2.7 %	
intercity.net.ar	1.2121 GB	1.2 %	
static.tie.cl	0.9067 GB	0.9 %	
ideay.net.ni	0.7823 GB	0.8 %	
ptwc.noaa.gov	0.7785 GB	0.8 %	
fixed-189-174-56.iusacell.net	0.6859 GB	0.7 %	
prod-empresarial.com.mx	0.5275 GB	0.5 %	
205.156.56.42	0.4753 GB	0.5 %	

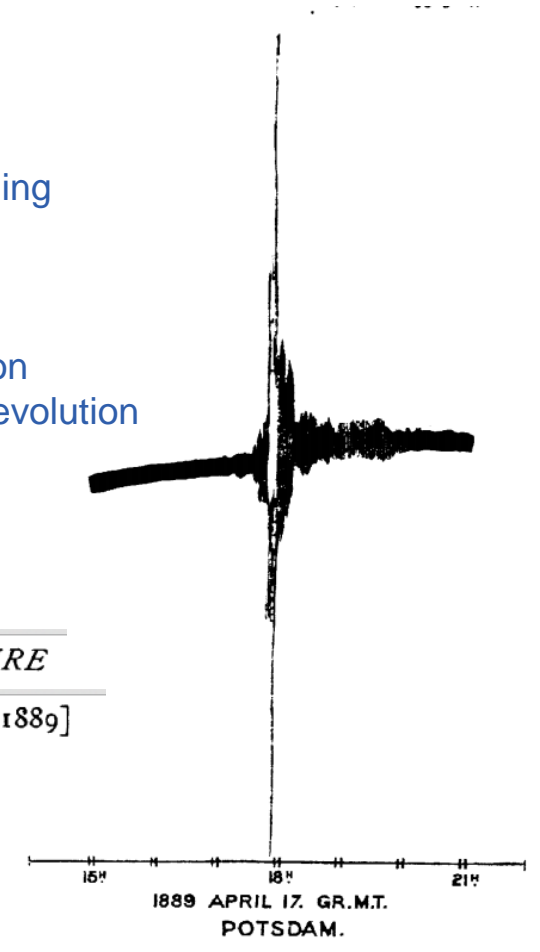
Future:

Shakemaps
Tsunami Warning

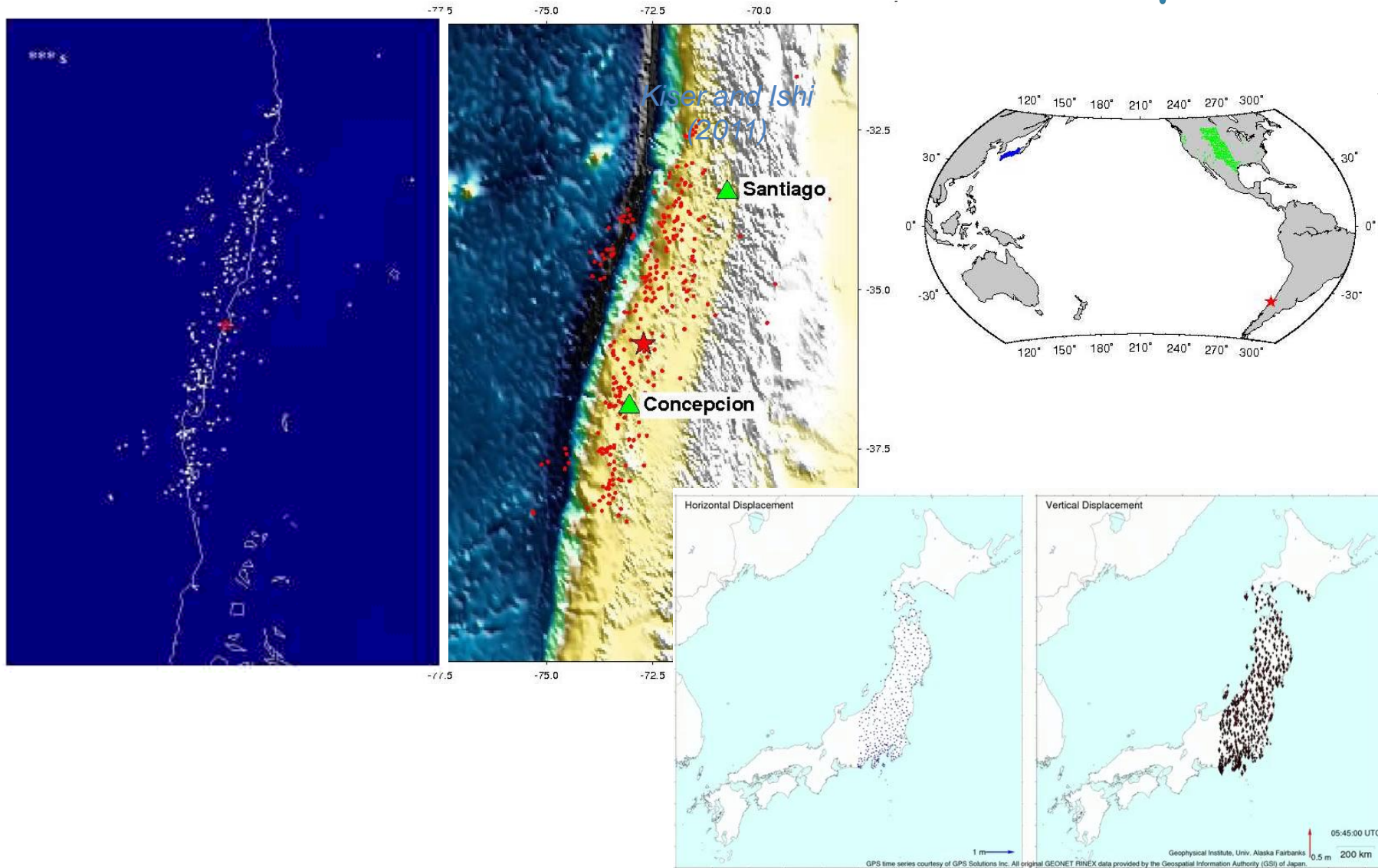
EEW
Shallow faults
characterization
Smartphone revolution

NATURE

July 25, 1889]



Large Earthquakes



Thanks

