



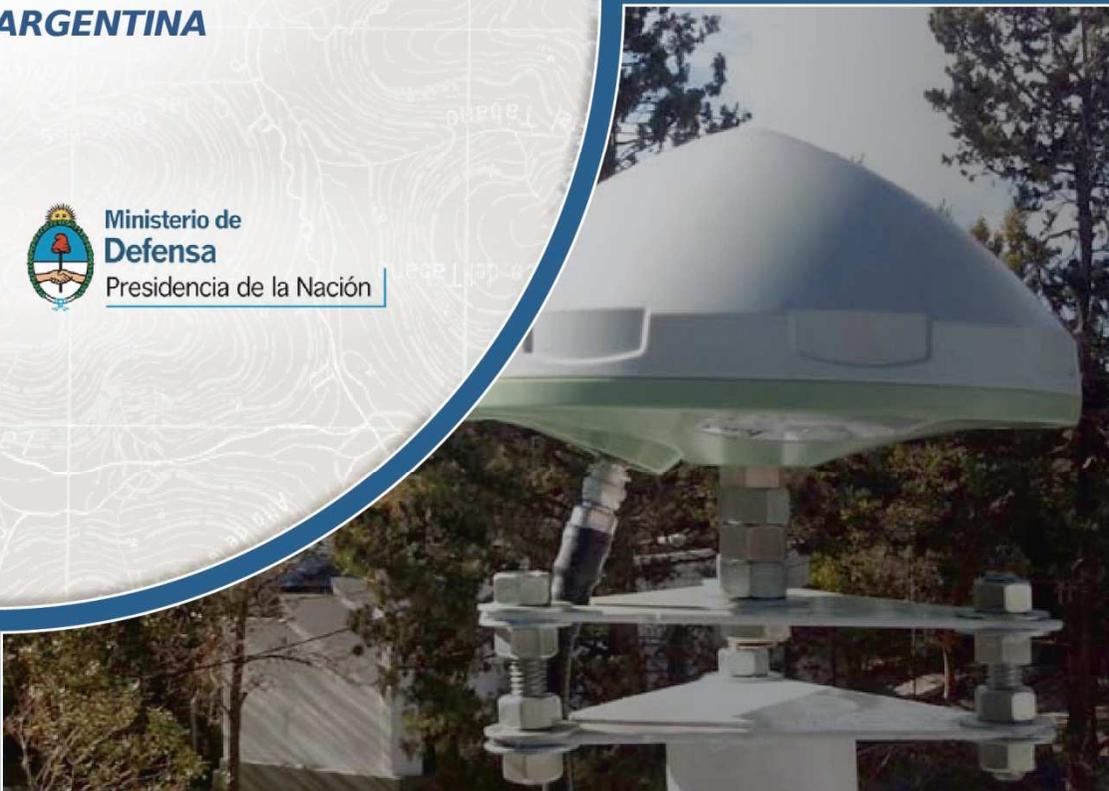
IGN

Instituto Geográfico Nacional
REPÚBLICA ARGENTINA



CTP SECRETARÍA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN

 **Ministerio de Defensa**
Presidencia de la Nación



Centro de procesamiento científico de datos GPS y su aplicación en la generación de modelos de velocidades geodésicos

2º ENIA 2016

Santa Fe, Argentina

Demián Gómez^{1,2}, Hernán Guagni^{2,3}, Diego Piñón², Sergio Cimbaro²

1. Center for Earthquake Research and Information, The University of Memphis, EEUU
2. Instituto Geográfico Nacional, Argentina
3. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina

2 y 3 de junio de 2016

Temario:

- ▶ **INTRODUCCIÓN**
- ▶ **CPC-Ar**
- ▶ **MODELOS DE VELOCIDADES GEODÉSICOS**
- ▶ **VEL-Ar**
- ▶ **CONCLUSIONES**

Centro de Procesamiento Científico de datos GPS (CPC-Ar)

2º ENIA 2016

Santa Fe, República Argentina

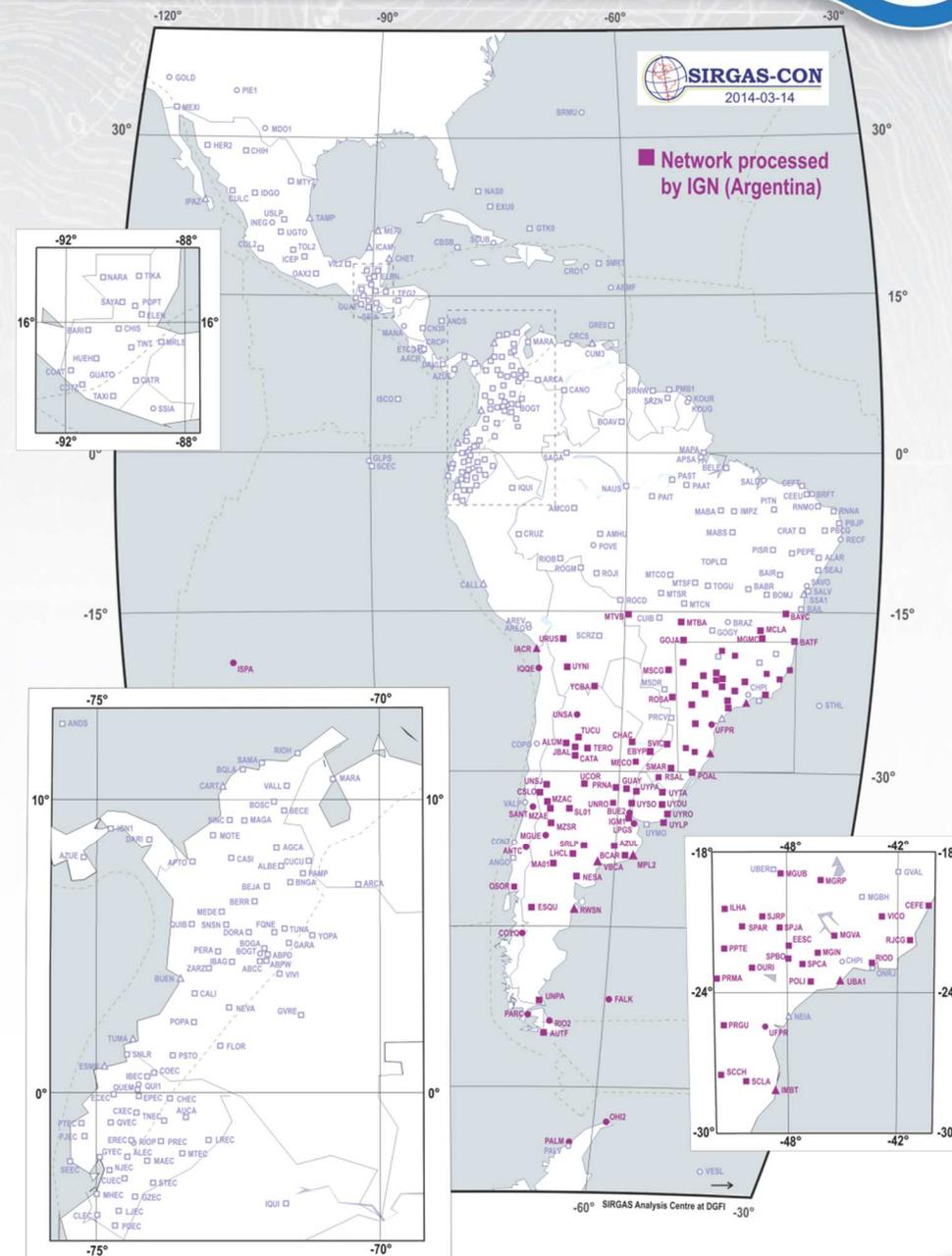
2 y 3 de junio de 2016

Centro de Procesamiento Científico (CPC-Ar)

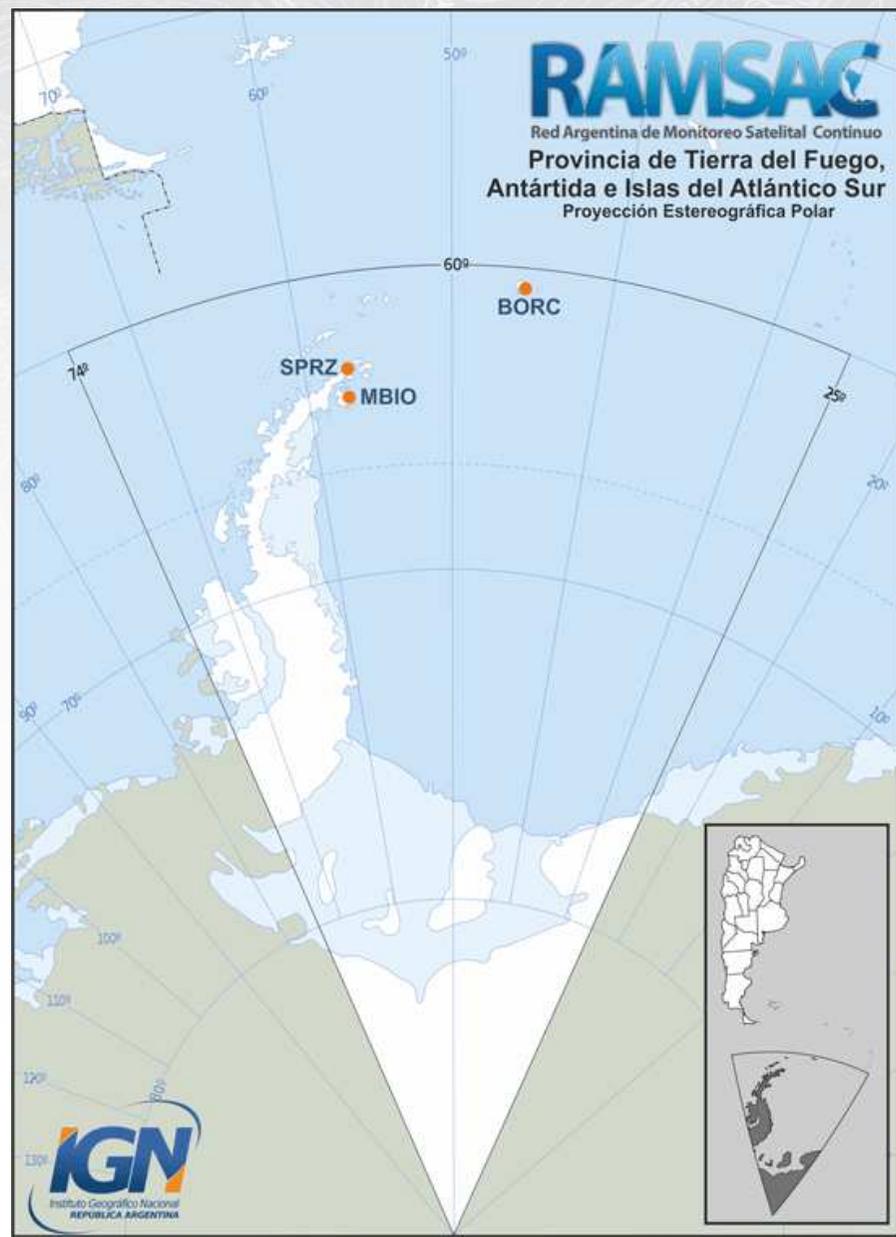
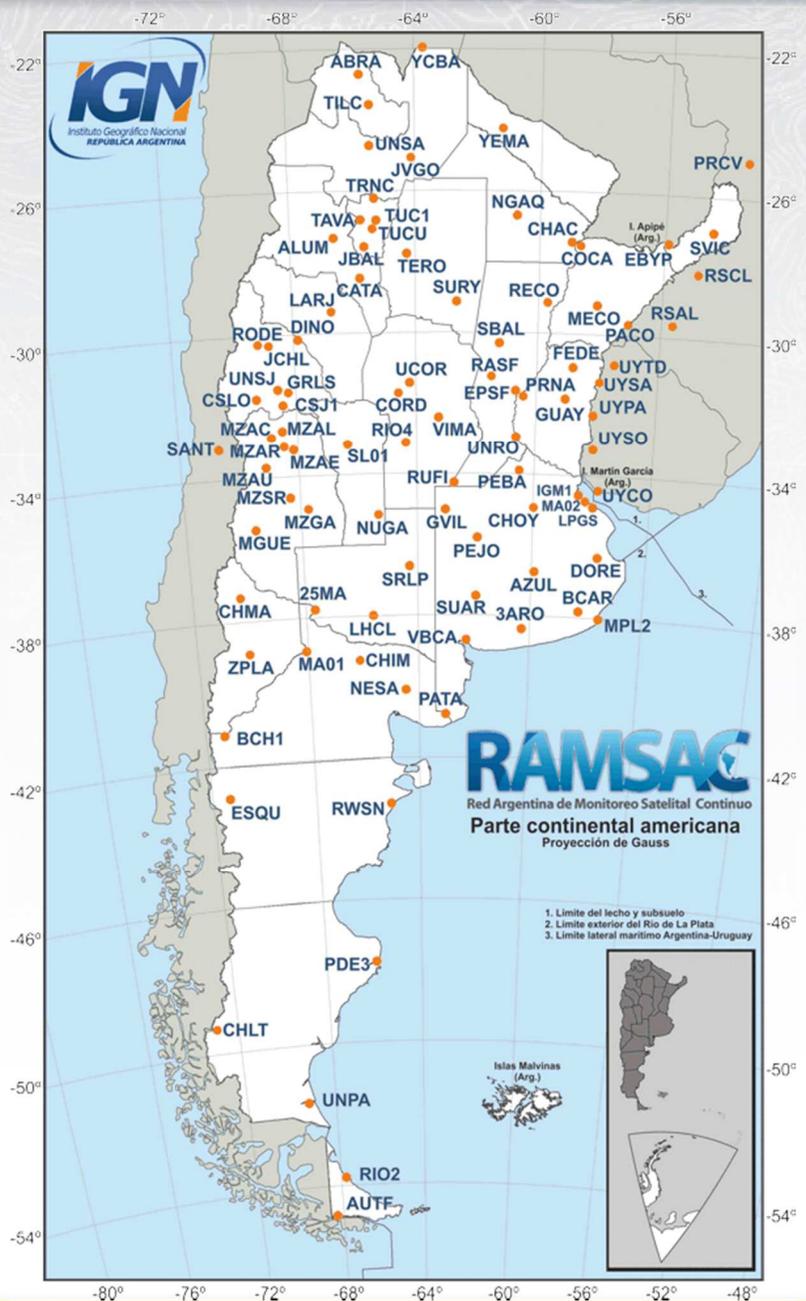
CPC-Ar

Centro de Procesamiento Científico de datos GPS de Argentina

- ▶ Funciona desde 2005
- ▶ El 29 de noviembre de 2010 SIRGAS oficializa al centro de procesamiento (GNA)
- ▶ Procesamiento de la red SIRGAS-CON-D-SUR y RAMSAC con el software científico **GAMIT/GLOBK**



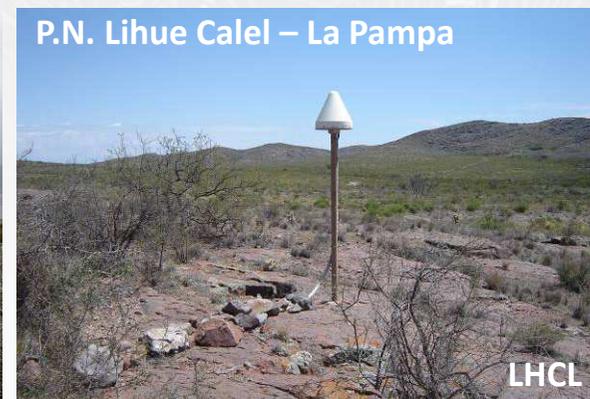
Centro de Procesamiento Científico (cont.)



Centro de Procesamiento Científico (cont.)



Se obtienen coordenadas de las estaciones SIRGAS y RAMSAC con precisiones milimétricas



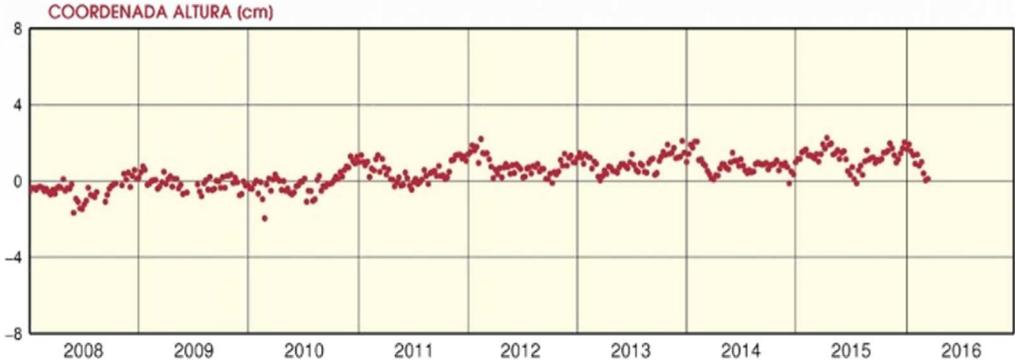
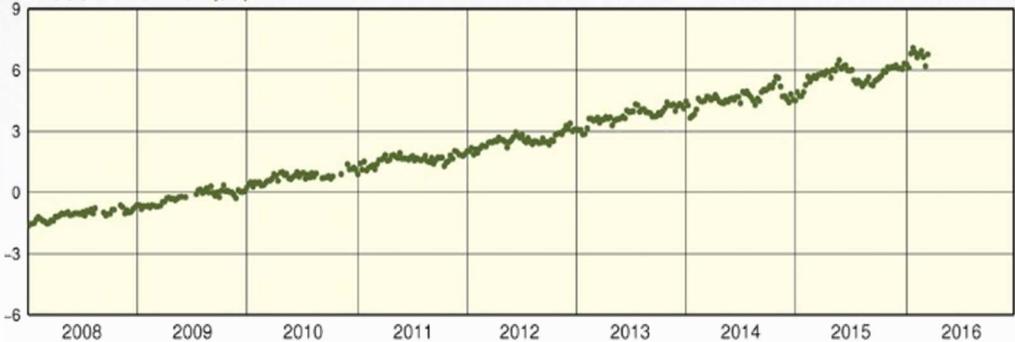
Series de tiempo GNSS



Estación AUTF

Ushuaia, Tierra del Fuego

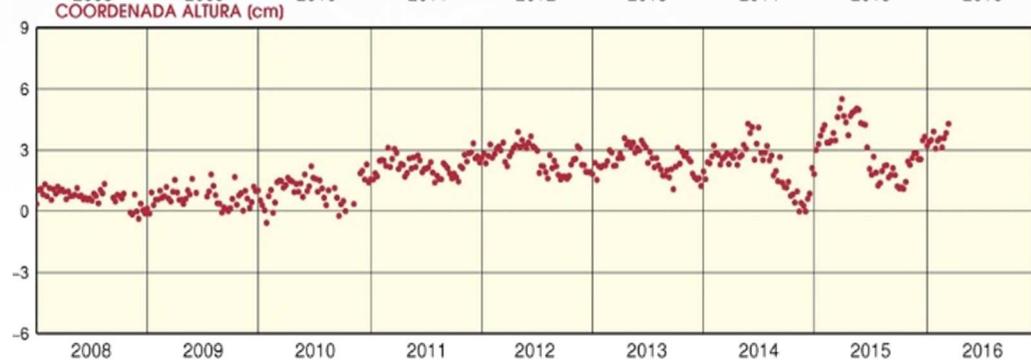
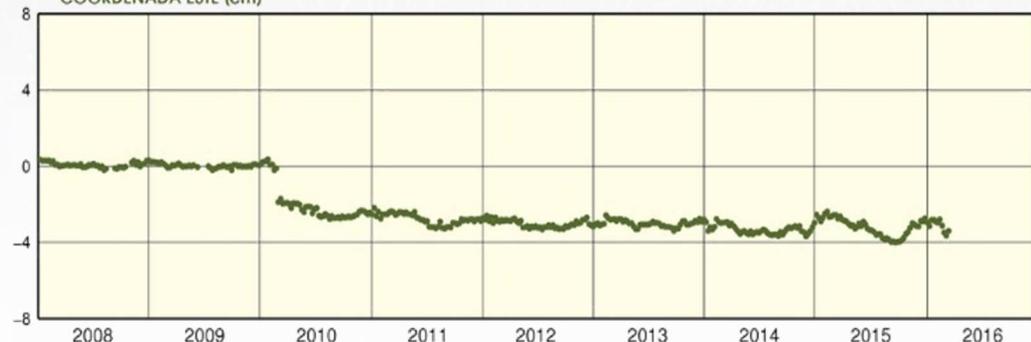
Centro de procesamiento de datos GNSS del IGN Argentina



Estación IGM1

Ciudad de Buenos Aires, Buenos Aires

Centro de procesamiento de datos GNSS del IGN Argentina

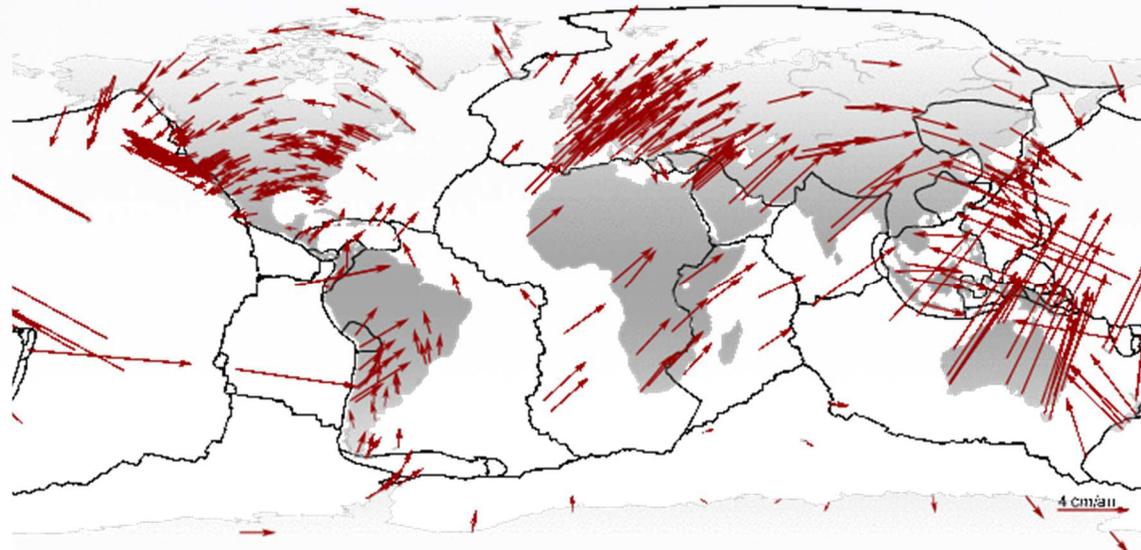


Aplicaciones centrales:

- ▶ Cálculo, actualización y mantenimiento de los **marcos de referencia** globales
- ▶ Monitoreo de las deformaciones de la corteza terrestre
- ▶ Variación del nivel medio del mar (NMM)
- ▶ Estudios atmosféricos
 - Tropósfera (en combinación con estaciones meteorológicas)
 - Ionósfera (Mejoramiento del posicionamiento GNSS con receptores de una frecuencia)

Marcos de referencia y tectónica de placas

- ▶ **GNSS**: permite la obtención de coordenadas con precisiones milimétricas
- ▶ Estas coordenadas se expresan en un **marco de referencia** de alta estabilidad
- ▶ El marco global es sensible a las **velocidades** e interacciones entre las placas tectónicas (hay que tenerlo en cuenta)

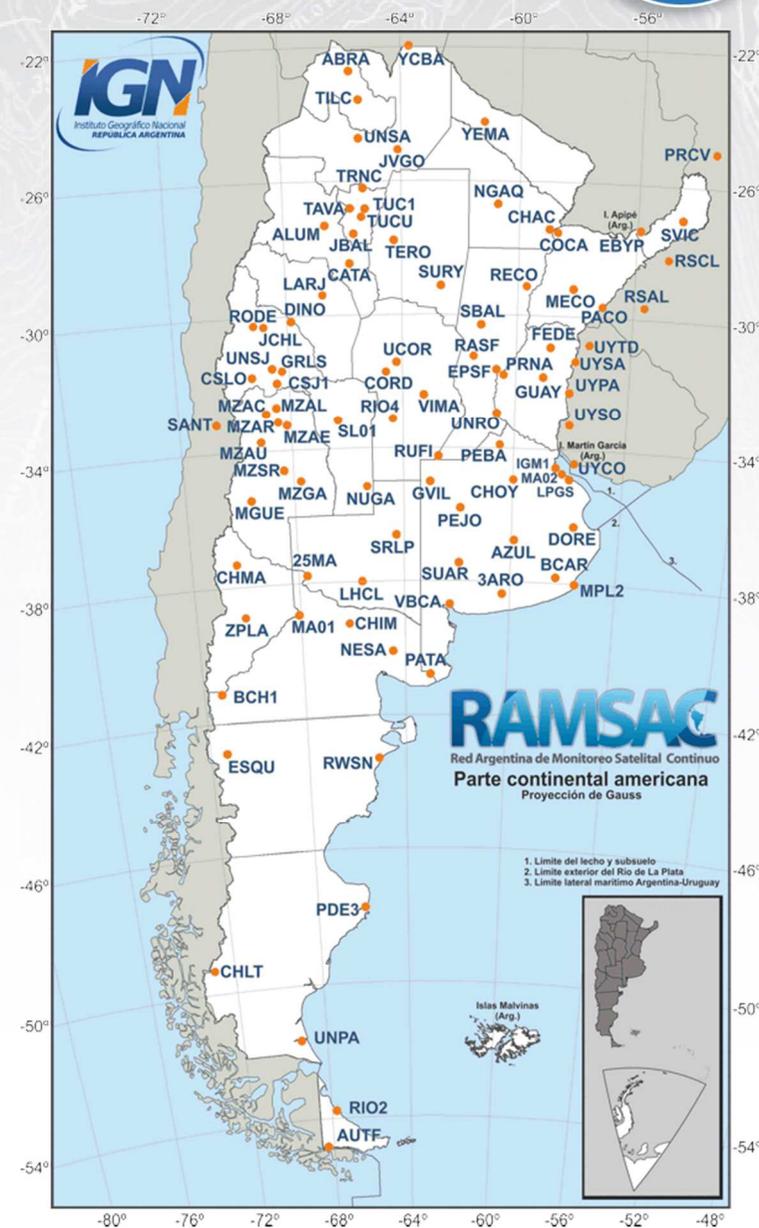


Marco de referencia en Argentina

- ▶ **POSGAR 07**: es el marco de referencia geodésico oficial de la República Argentina, basado en ITRF2005 (época 2006.632).
- ▶ Mantenido y densificado por **RAMSAC** (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo).

POSGAR 07
Posiciones Geodésicas Argentinas

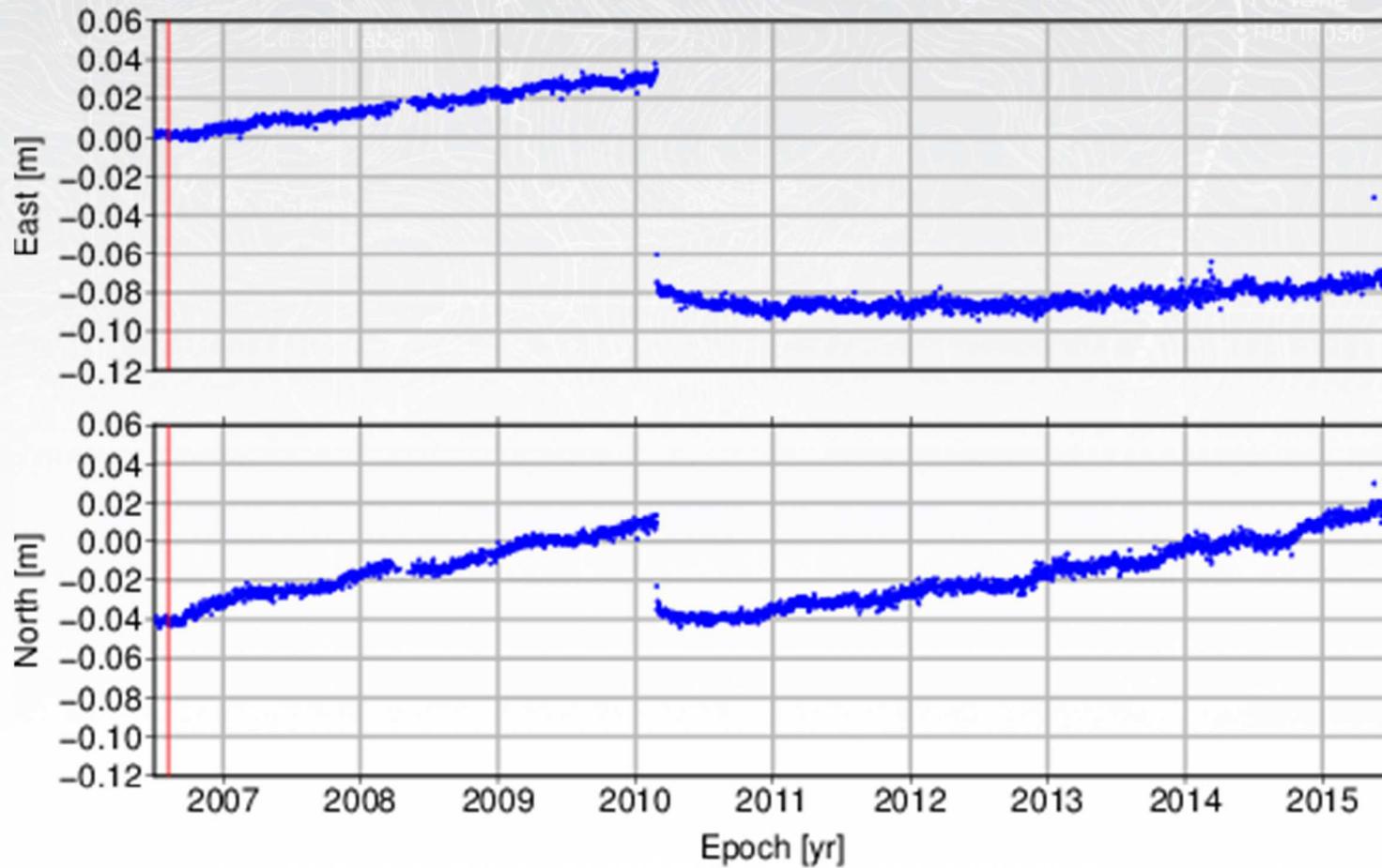
RAMSAC
Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo



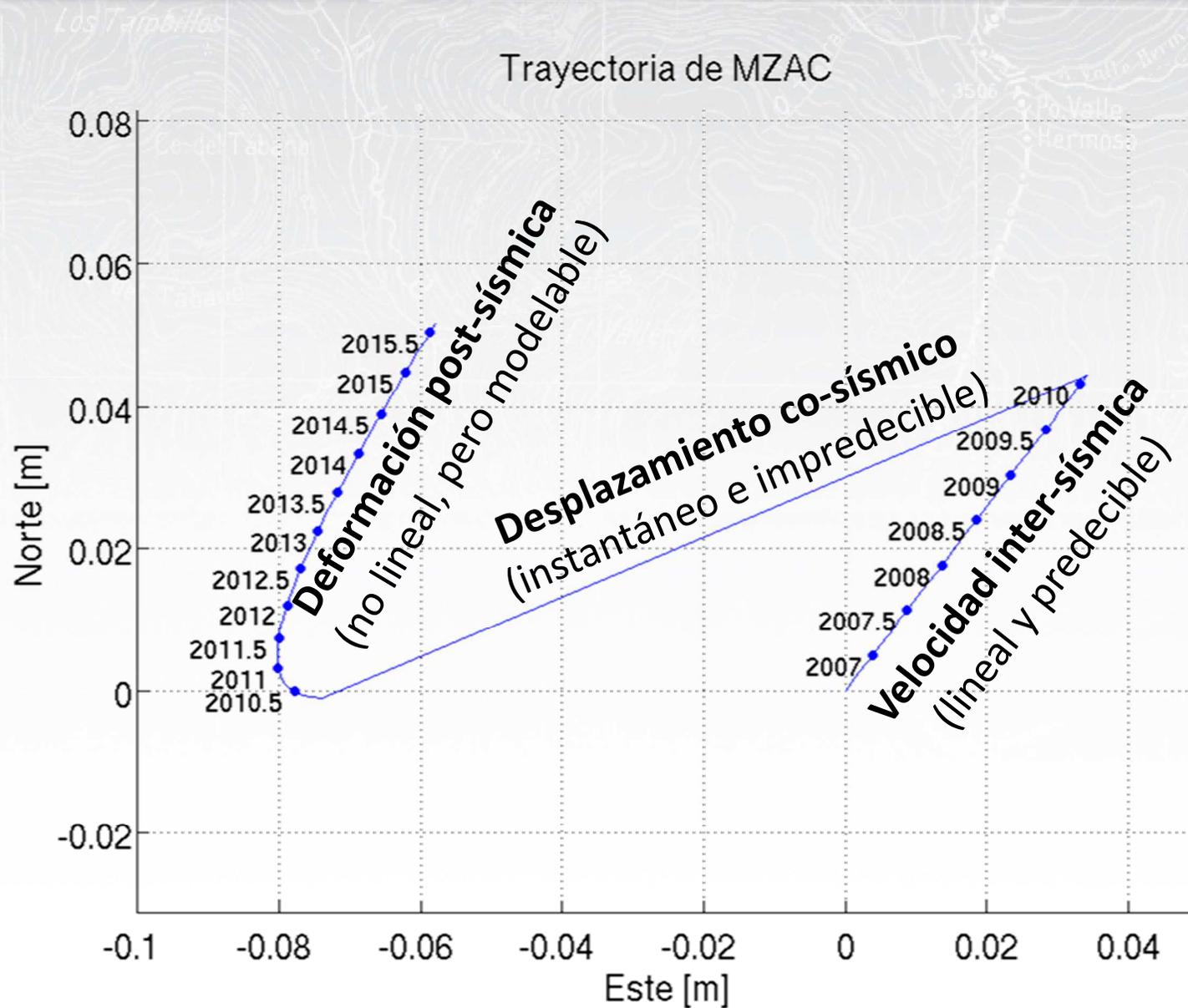
Series de tiempo GNSS



MZAC (Mendoza, Argentina)

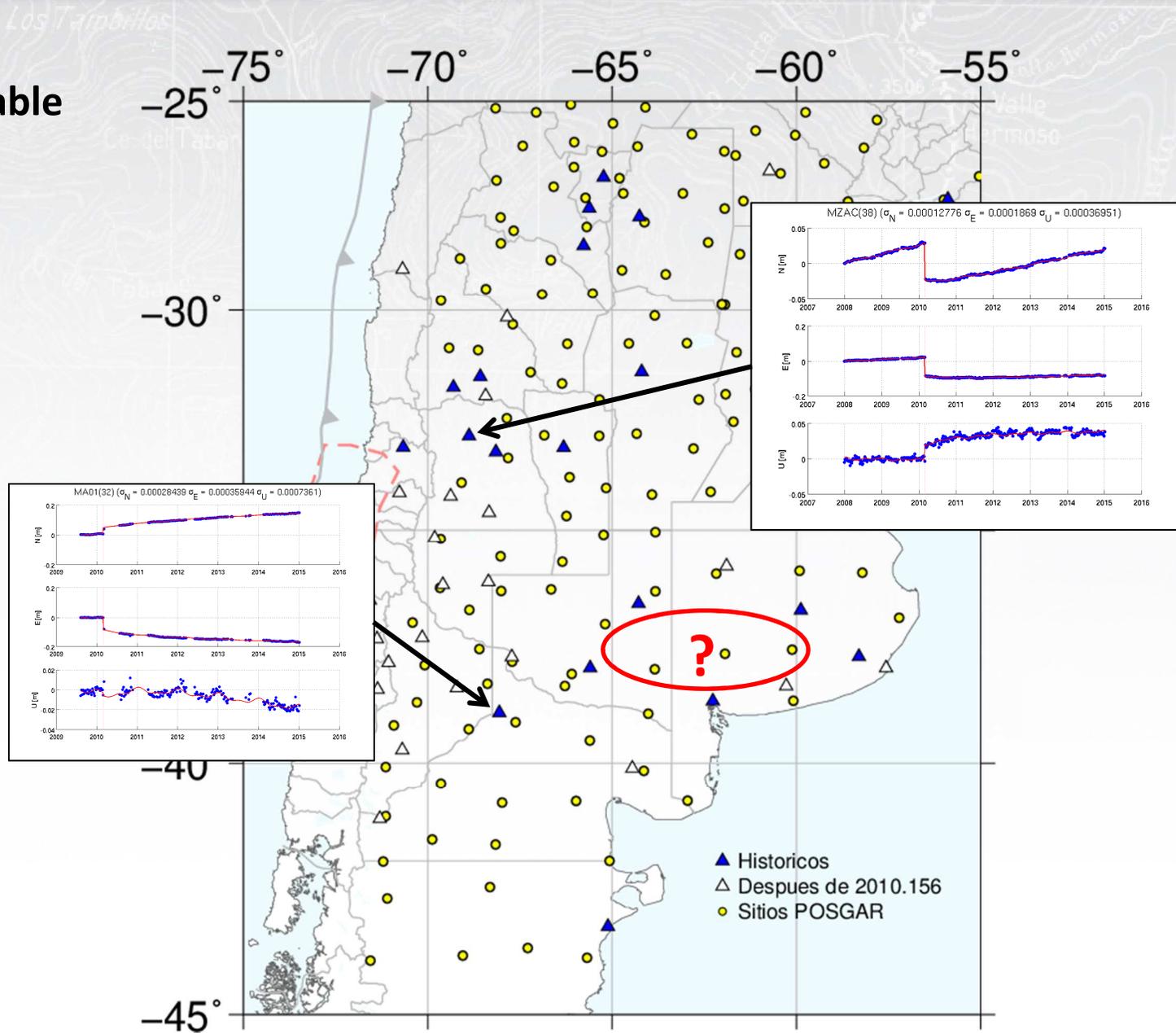


Trayectorias GNSS (planimetría)



Estado pre- y post-sismo de las coordenadas

Sólo cuantificable en sitios con monitoreo permanente

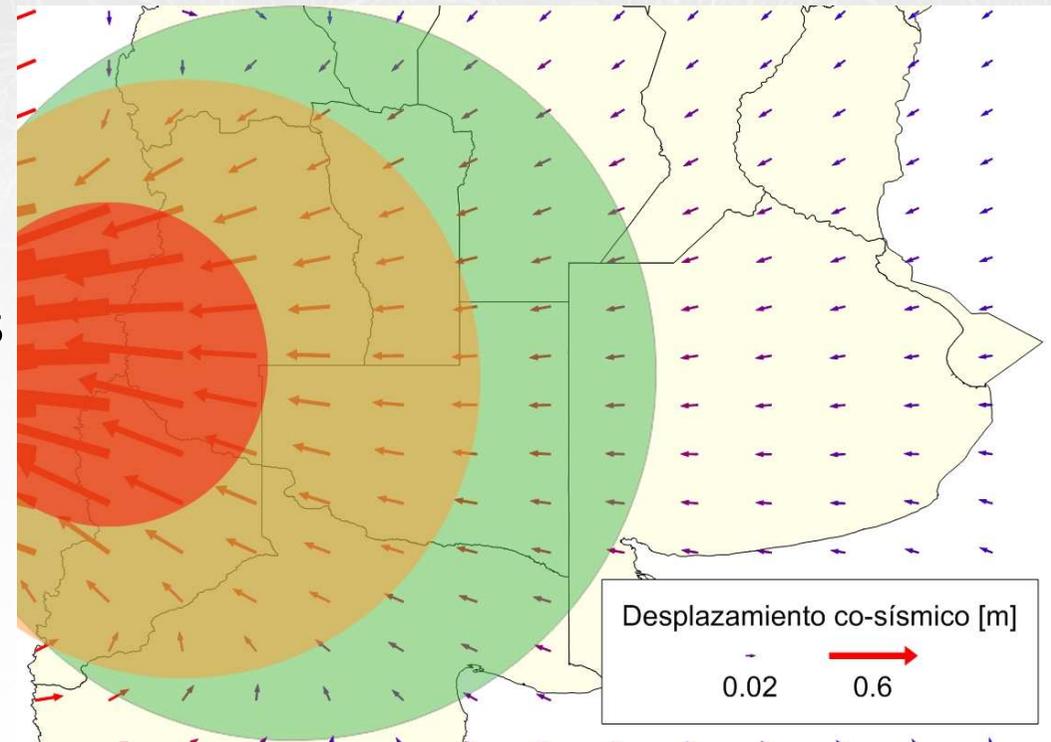


Necesidad:

- ▶ Definir un **modelo de predicción de trayectorias continuo en espacio y tiempo** que permita conocer el comportamiento de los puntos pasivos.
- ▶ Para ello debemos **transferir** una metodología utilizada en geofísica para la descomposición y análisis de **series de tiempo GNSS**.
- ▶ La definición de este modelo permitirá conservar los marcos de referencia geodésicos **luego de grandes sismos utilizando coordenadas post-sísmicas**.

¿Por qué es importante?

- ▶ El sismo de Maule (2010) e Illapel (2015), Chile, produjo desplazamientos y cambios en el comportamiento de las estaciones GNSS cercanas al epicentro que deben ser cuantificados para ciertas aplicaciones de ingeniería.



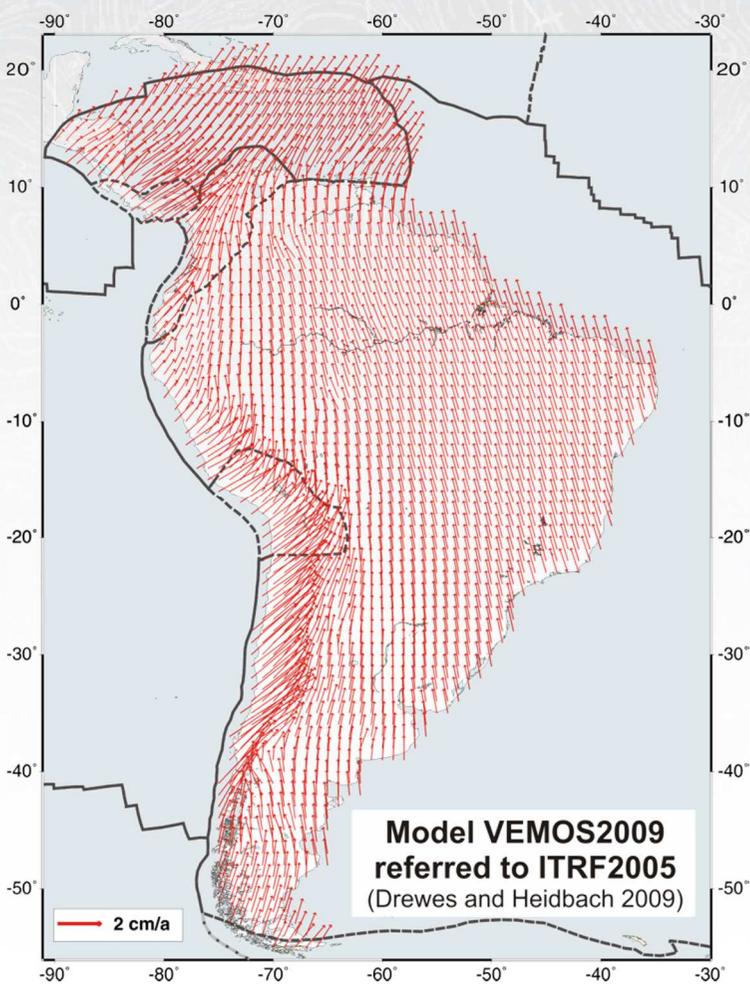
Modelos de velocidades geodésicos

2º ENIA 2016

Santa Fe, República Argentina

2 y 3 de junio de 2016

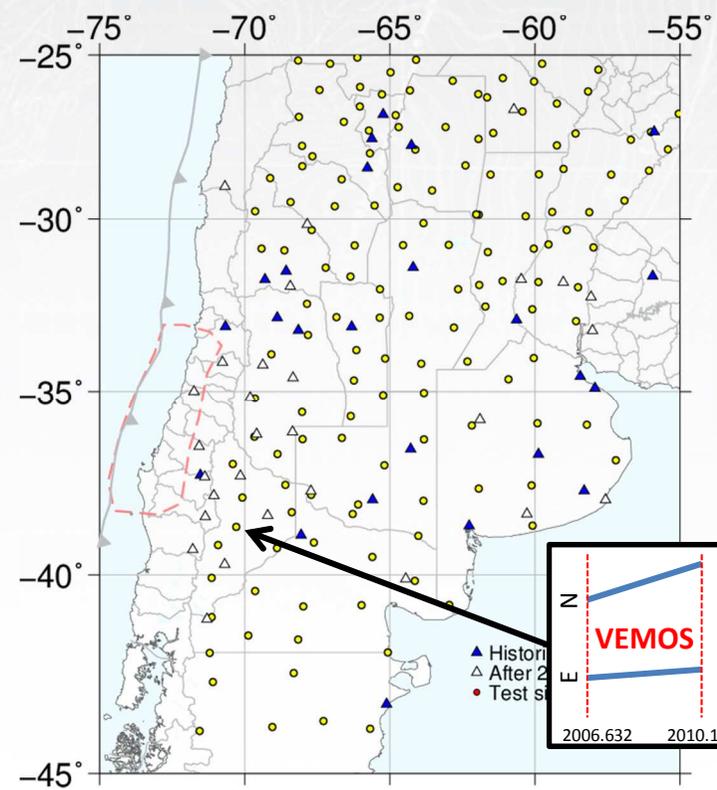
Modelos de velocidad constante (VEMOS 2009)



Colocación por mínimos cuadrados

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{x}_R + \mathbf{p}(t - t_R) + \sum_{j=1}^{n_j} \mathbf{b}_j H(t - t_j)$$

Bevis y Brown (2014)

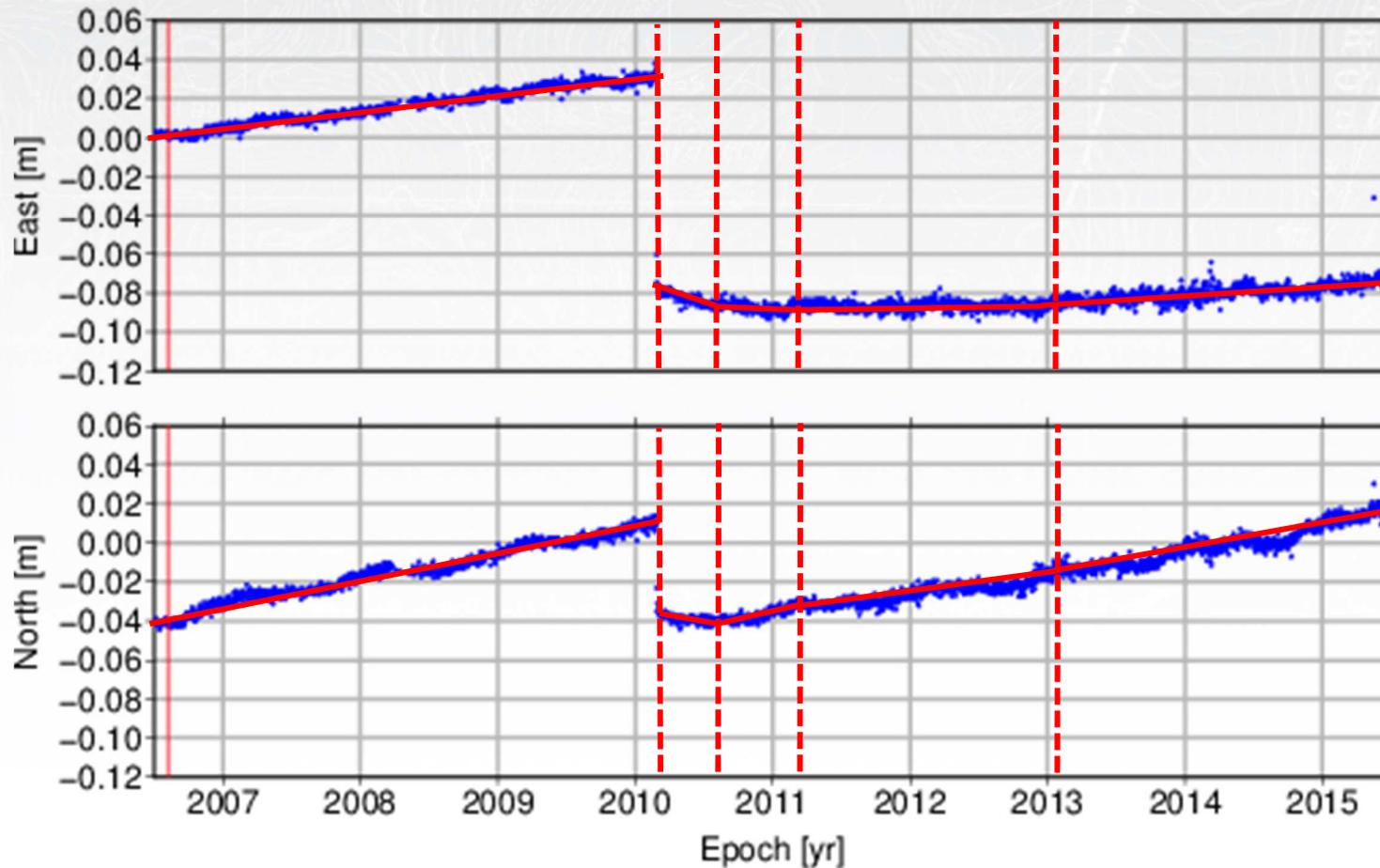


¿Es posible generar un modelo de predicción de trayectorias con esta metodología?

Modelos de velocidad constante (cont.)



Predicción de trayectorias utilizando modelos de velocidad constante:
partición de las series de tiempo



Drewes y Sánchez (2015)

MET:

Metodología más general que permite modelar todas las componentes observadas en las series de tiempo.

▶ VENTAJAS:

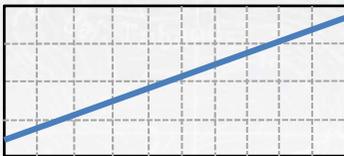
Produce modelos de trayectoria que pueden predecir la posición de una estación por “más tiempo”.

Comparte la misma base que el modelo de velocidad constante => pueden utilizarse para actualizar otros modelos (por ejemplo los de velocidad constante).

▶ DESVENTAJA: Algunas de las componentes modeladas no son ortogonales entre sí, por lo que una componente puede ser “contaminada” por otra.

Componentes modeladas por MET

$$\sum_{i=1}^{n_p+1} \mathbf{p}_i (t - t_R)^{i-1}$$



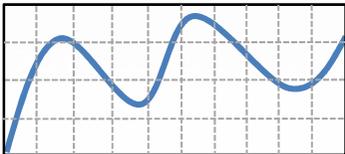
Lineal: desplazamiento tectónico

$$\sum_{j=1}^{n_j} \mathbf{b}_j H(t - t_j)$$



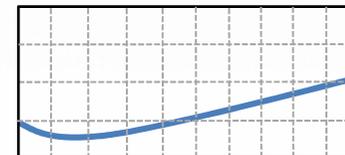
Salto: sismos, cambios de equipos

$$\sum_{k=1}^{n_F} \mathbf{s}_k \sin(\omega_k t) + \mathbf{c}_k \cos(\omega_k t)$$



Periódica: anuales, semianuales

$$\sum_{i=1}^{n_T} \mathbf{a}_i \log[1 + (t - t_{EQ})/T_i]$$



Logarítmicas: relajación visco-elástica

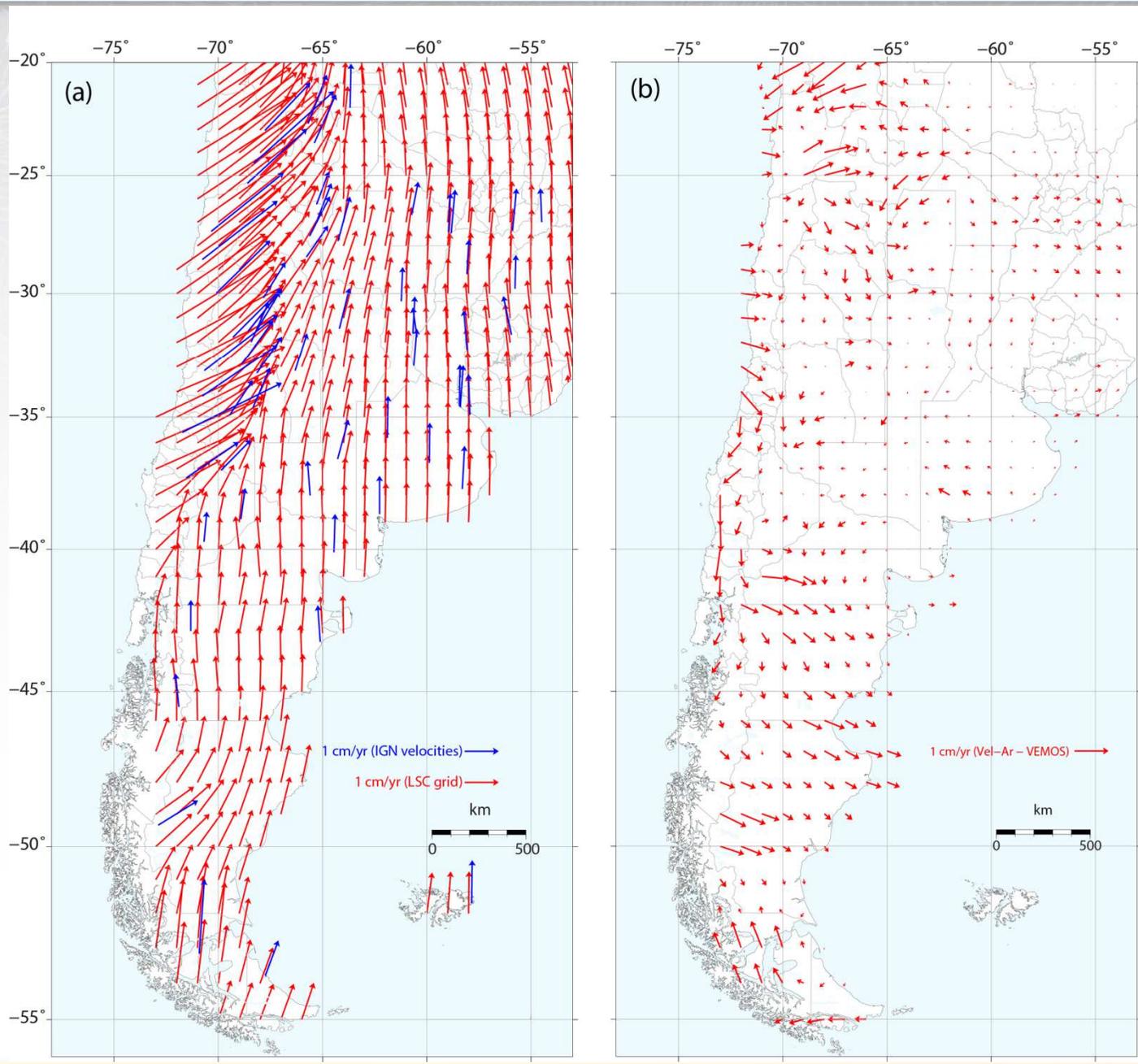
Aplicación práctica del MET

Modelo Continuo de Predicción de Trayectorias (MPT)

- ▶ Fijamos un parámetro único para la constante de relajación ($T_i=0.5$ años) y descartamos las componentes periódicas, s_k y c_k , saltos por cambio de equipos y sismos, b_j .
- ▶ Colocación por mínimos cuadrados de los parámetros de los MET (p_i y a_i).

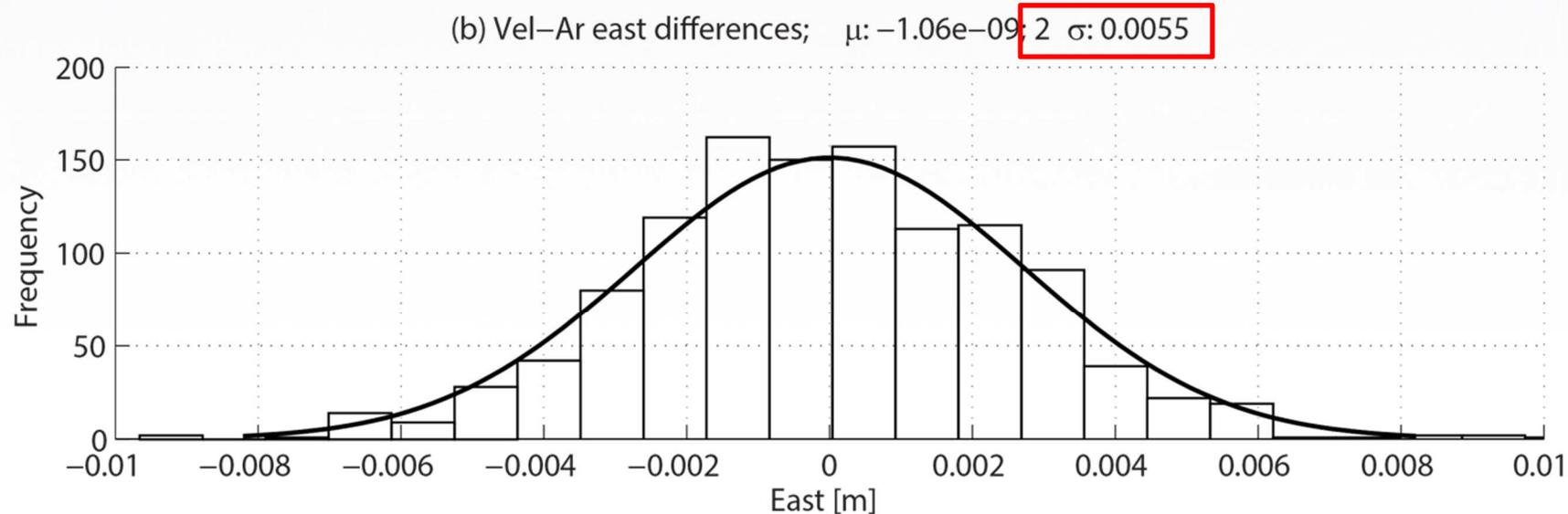
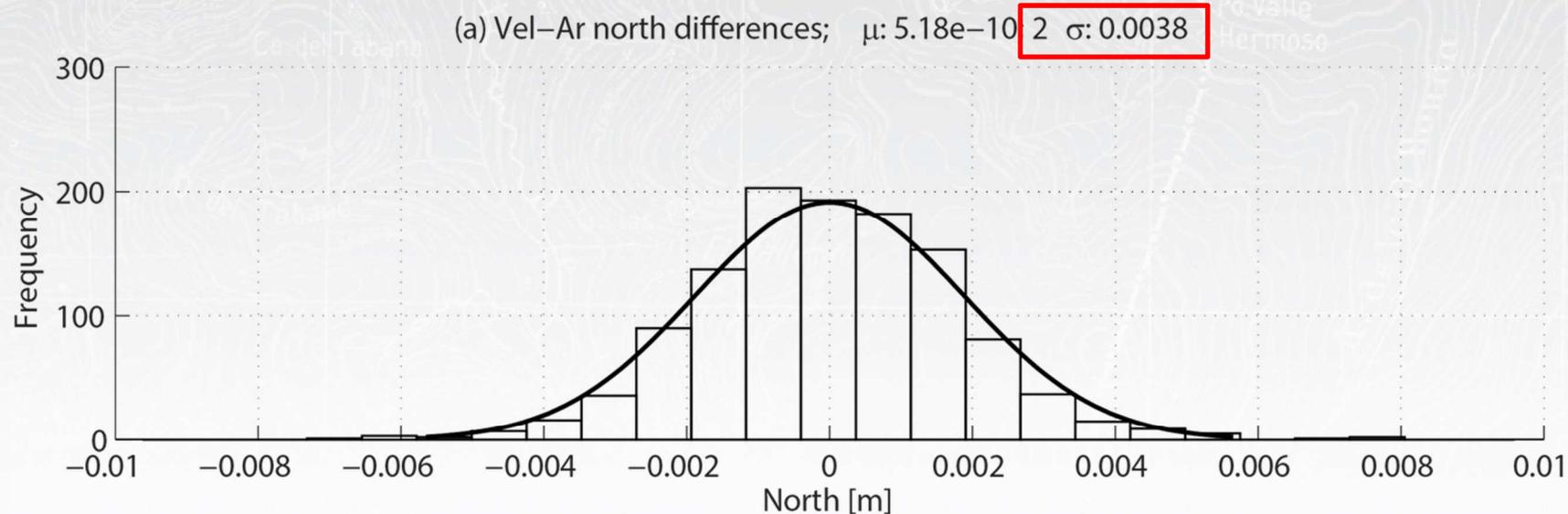
$$\mathbf{x}(t) = \sum_{i=1}^{n_p+1} \mathbf{p}_i (t - t_R)^{i-1} + \sum_{j=1}^{n_j} \mathbf{b}_j H(t - t_j) + \sum_{k=1}^{n_F} \mathbf{s}_k \sin(\omega_k t) + \mathbf{c}_k \cos(\omega_k t) + \sum_{i=1}^{n_T} \mathbf{a}_i \log[1 + (t - t_{EQ})/T_i]$$

Componente lineal: VEL-Ar-Lin



Componente logarítmica: VEL-Ar-Log

Residuos modelo-observaciones de prueba



Componente co-sísmica de VEL-Ar

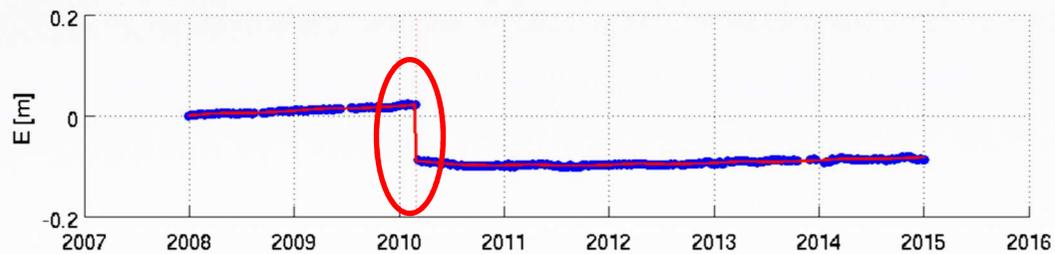
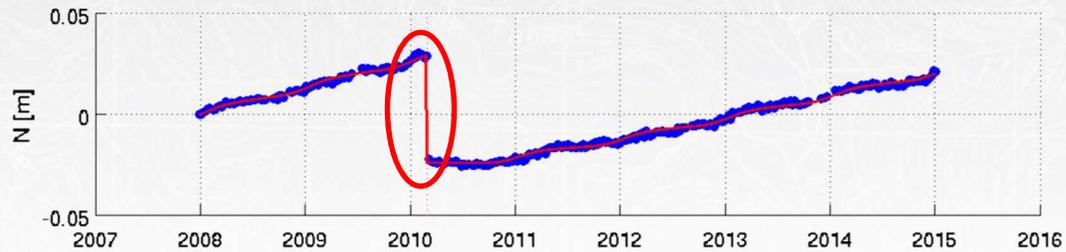
Los Tarabillos

Ce-del-Tabano

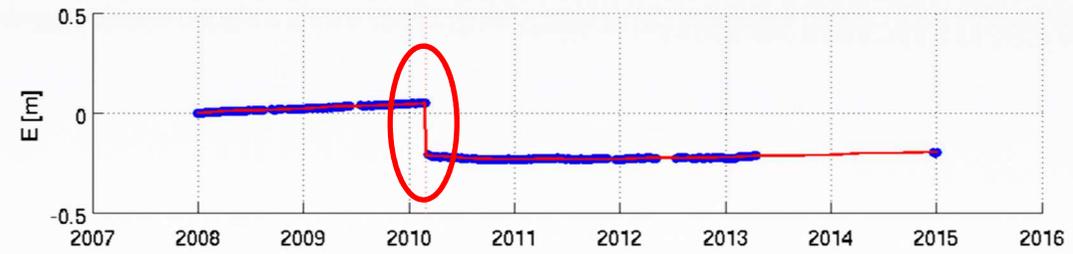
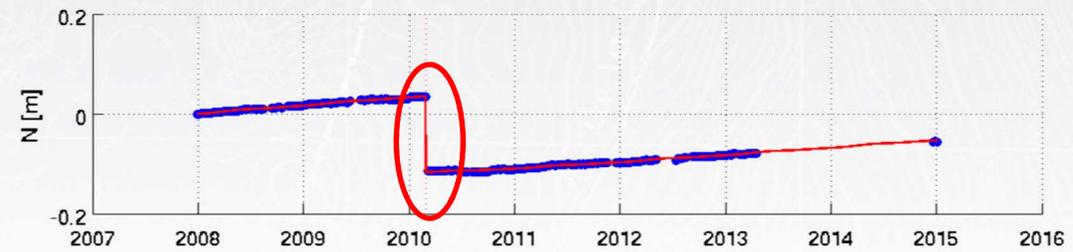
3500

Po. Valle
Hermoso

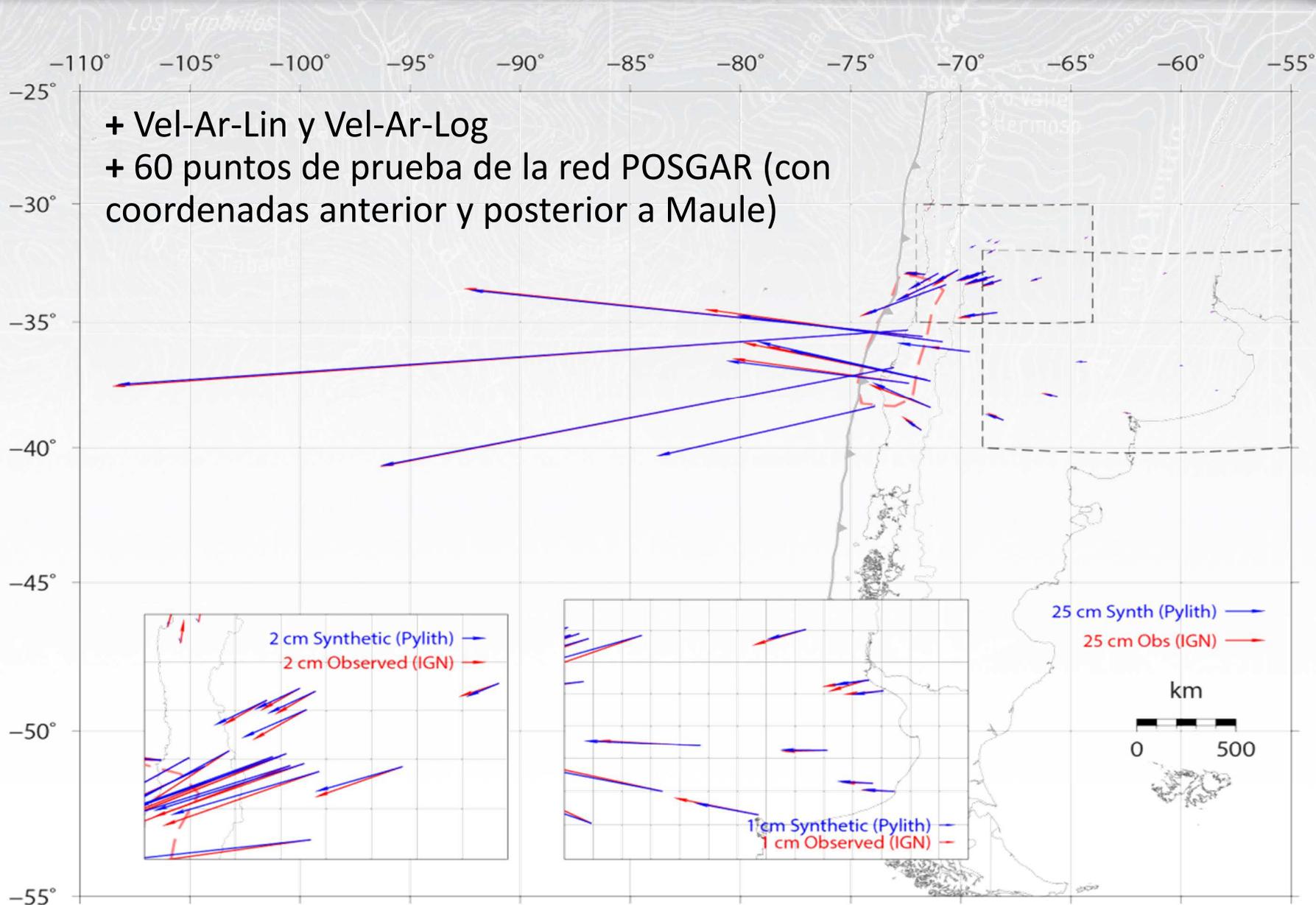
MZAC(38) ($\sigma_N = 0.00012776$ $\sigma_E = 0.0001869$ $\sigma_U = 0.00036951$)



SANT(63) ($\sigma_N = 0.00021729$ $\sigma_E = 0.00031915$ $\sigma_U = 0.00054986$)

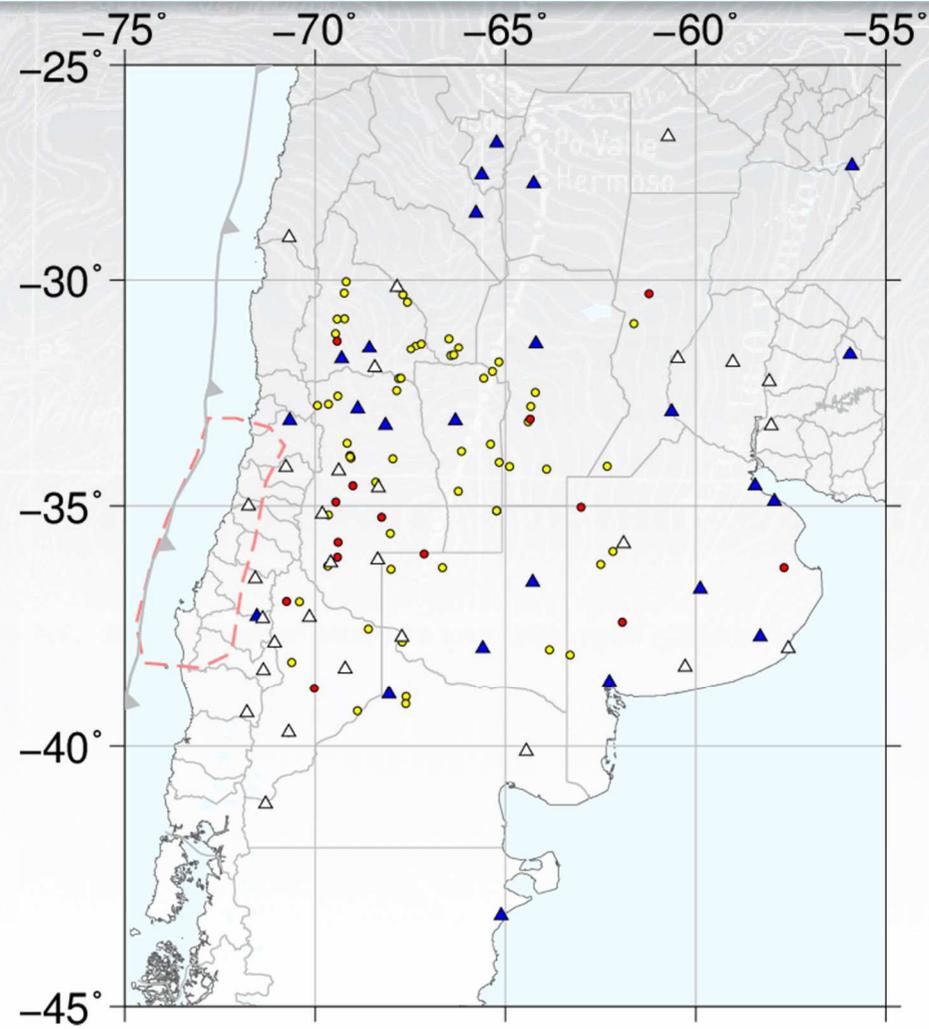
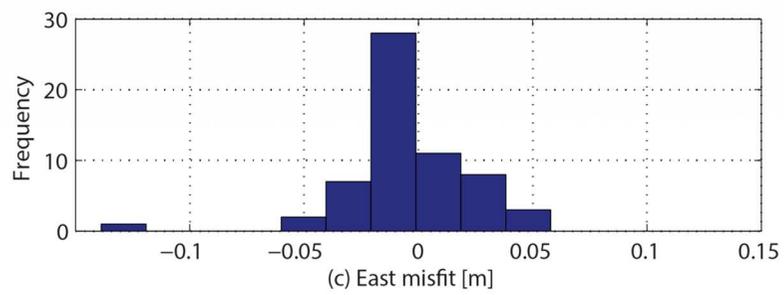
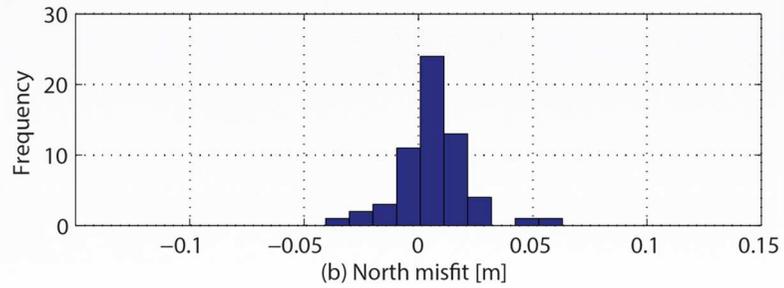
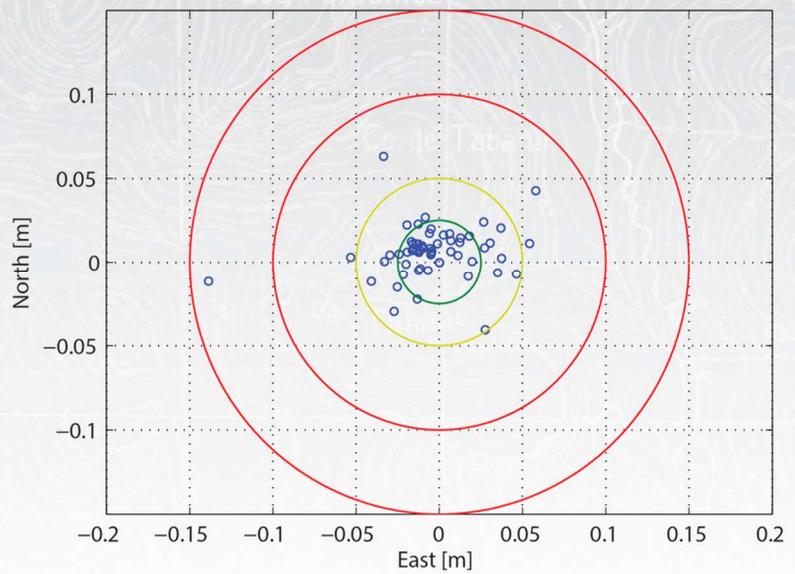


Componente co-sísmica de VEL-Ar



Componente co-sísmica de VEL-Ar

(a) POSGAR post-seismic coordinates estimation misfits



Errores:

~63% < 2.5 cm

~91% < 5.0 cm

- ▶ Los modelos extendidos de trayectorias permiten modelar con más precisión el comportamiento de las series de tiempo GNSS.
- ▶ Es posible extender el uso de los MET para producir un modelo de predicción de trayectorias.
- ▶ **VEL-Ar** permite determinar coordenadas en el marco POSGAR 07 a partir de mediciones post-sísmicas, con un error < 5 cm ($\sim 91\%$).
- ▶ La metodología propuesta podría ser utilizada para actualizar modelos de velocidades preexistentes, como por ejemplo VEMOS2009.
- ▶ Pronto se publicará **VEL-Ar** en el sitio web del IGN (<http://www.ign.gob.ar/>).

Instituto Geográfico Nacional

www.ign.gov.ar

contacto@ign.gov.ar

 [institutogeograficonacional](https://www.facebook.com/institutogeograficonacional)

 [ARGENTINAIGN](https://twitter.com/ARGENTINAIGN)

 [IgnArgentina](https://www.youtube.com/user/IgnArgentina)

Ing. Agrim Hernán J. Guagni

Departamento Marcos de Referencia

Dirección de Geodesia

Dirección General de Servicios Geográficos

hguagni@ign.gov.ar

Tel.: (011) 45765576 Int. 155

