



Simposio SIRGAS 2018

Análisis de estimaciones PPP para la detección de efectos de carga no-mareal en la región del Río de La Plata

¹Víctor Cioce, ²Mauricio Gende, ^{2,3,4}Claudio Brunini, ²Romina Galván, ²Victoria Graffigna,
²Micaela Carbonetti, ^{5,6}Fernando Oreiro

vcioce@fing.luz.edu.ve

¹Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela

²Universidad Nacional de La Plata (UNLP). La Plata, Argentina

³Argentinean-German Geodetic Observatory (AGGO), Argentina

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

⁵Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina

⁶Servicio de Hidrografía Naval, Argentina

Aguascalientes, México - 9 al 12 de octubre, 2018

1. Introducción

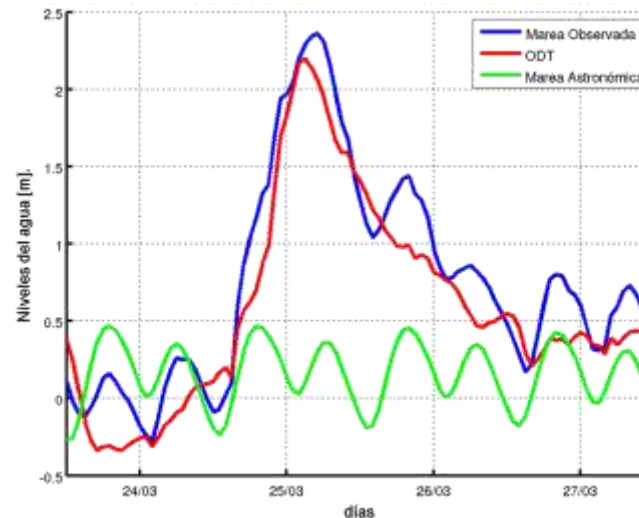
- Cargas oceánica, atmosférica e hidrológica con sus componentes mareales y no-mareales ocurren en el Sistema Tierra.
- Estos fenómenos de carga han sido objeto de estudio en el ámbito geodésico durante los últimos años.
- Ante las mejoras en la precisión de observaciones/estimaciones geodésicas es posible la detección de sus efectos.
- Un efecto concreto es el desmejoramiento del marco de referencia debido a la deformación que sufre la superficie terrestre.
- Se presentan experiencias basadas en estimaciones absolutas GPS tomando el caso de la Onda de Tormenta (sudestada) que ocurre en el Río de La Plata (Argentina).



Cortesía: F. Oreiro



<https://www.eldia.com>



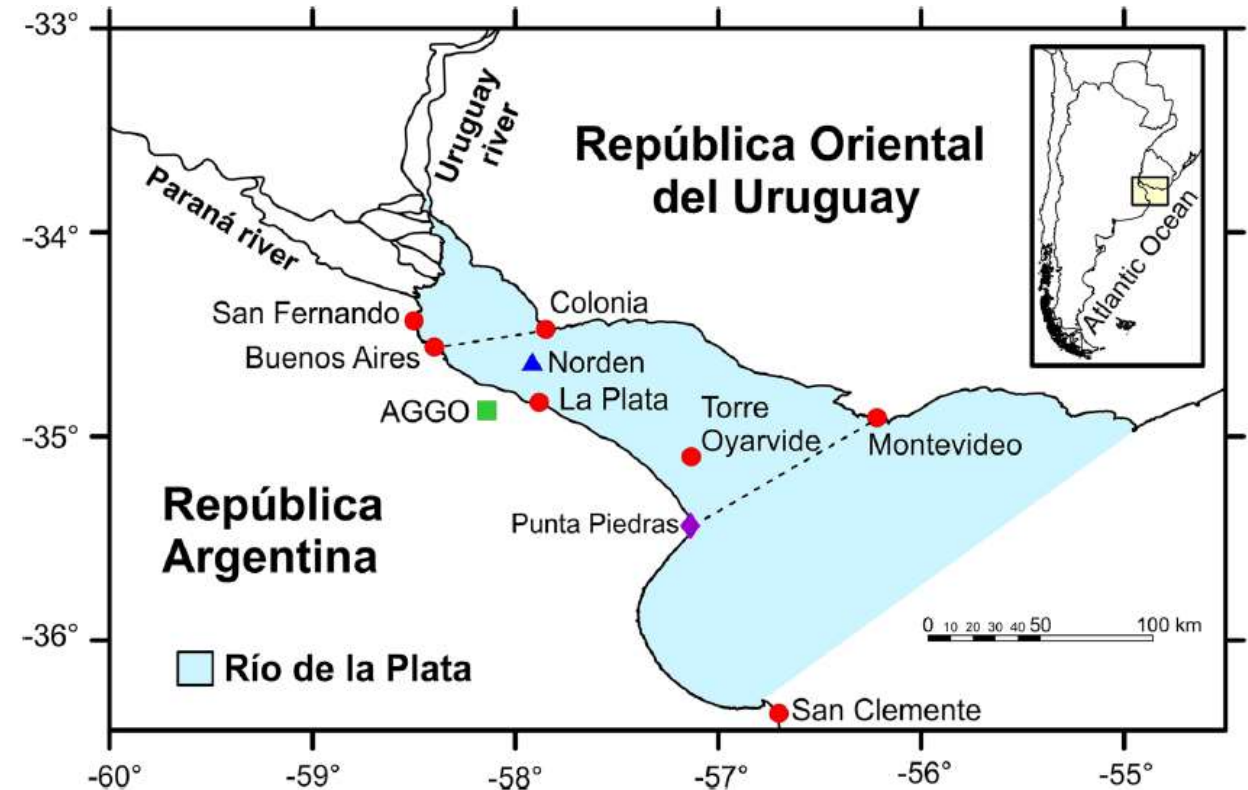
<https://www.lanacion.com.ar>

2. La onda de tormenta en el Río de La Plata

- El Río de La Plata es un estuario con características hidrodinámicas complejas.
- Variaciones en la masa de agua son evidentes más allá de las ocasionadas por la marea astronómica.
- Una fuente de tales variaciones es la ocurrencia de la onda de tormenta (*storm surge*),

“movimiento repentino del agua que ocasiona aumentos/descensos excesivos en su nivel dada la acción de tormentas severas”

- En el Río de La Plata, cambios en su nivel de hasta 3 m han sido reportados incidiendo en la deformación de la superficie terrestre.
- Esta onda de tormenta puede representarse con modelos oceanográficos y geofísicos.

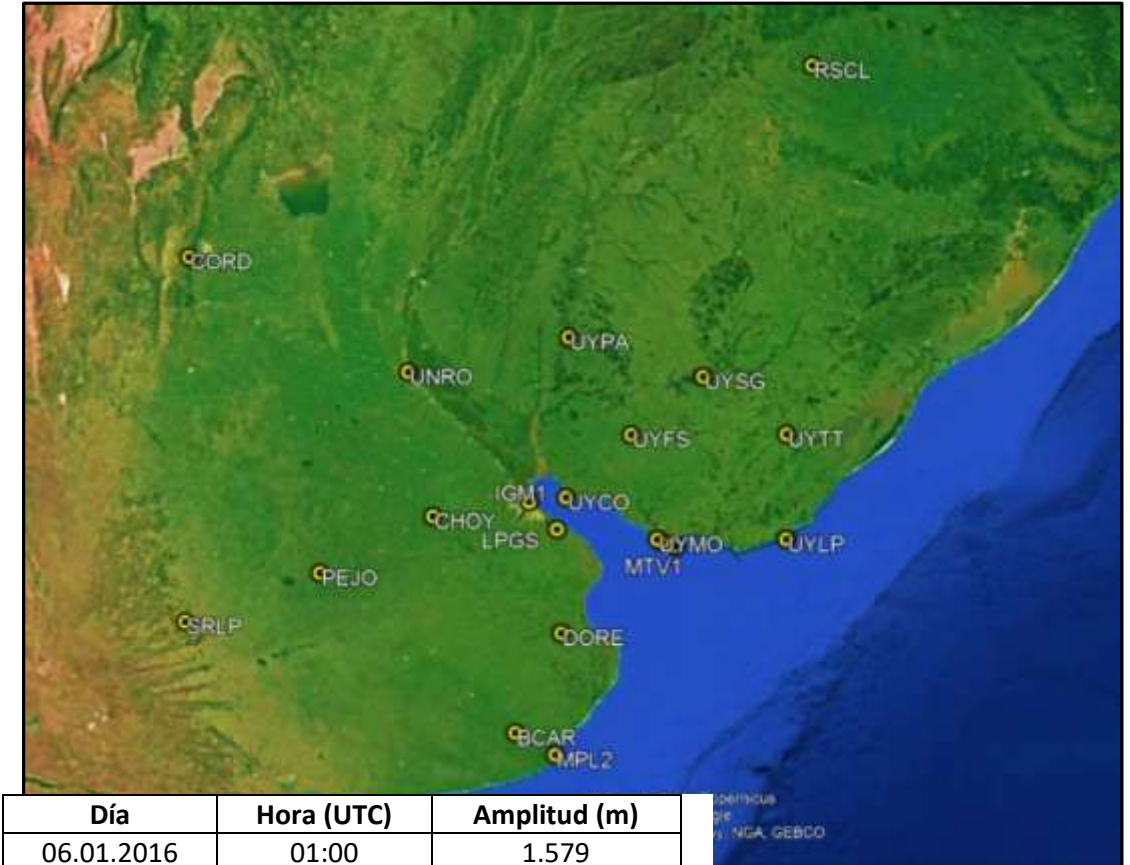


→ Área: 35 000 km²
→ Profundidad: 5 a 15 m
→ Ancho: 2 a 220 km

(Oreiro et al., 2017)

3. Detección mediante técnicas geodésicas

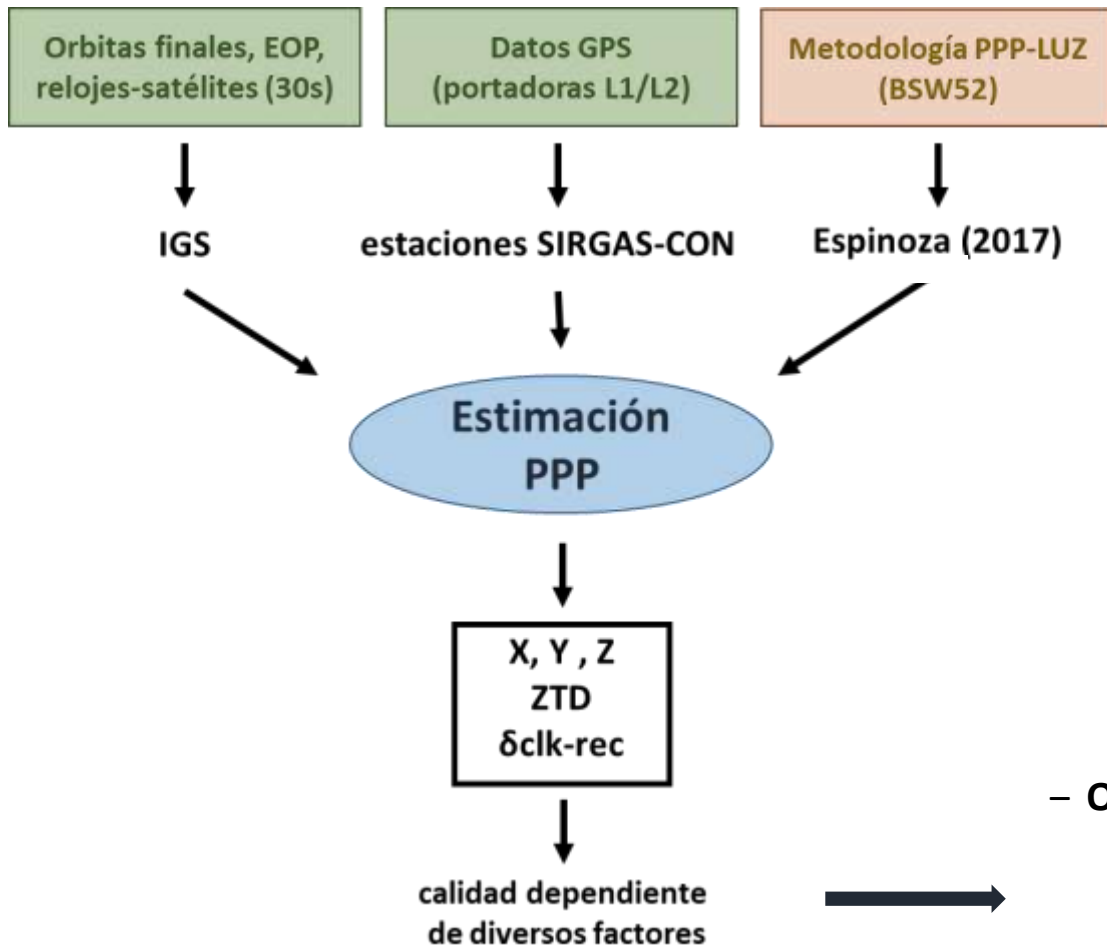
- Al ser un proceso de carga superficial no-mareal, la onda de tormenta puede detectarse mediante observación geodésica.
- La existencia de estaciones SIRGAS-CON en el área de estudio posibilitó la implementación del GPS.
- Se optó por efectuar una estimación PPP dadas sus ventajas respecto a la estimación relativa.
- El ensayo se realizó tomando una ventana de observación en base a registros sobre la ocurrencia de la onda de tormenta.
- Un total de 21 días de datos GPS fueron procesados (antes, durante y después de la onda de tormenta) → **13.03.2016 al 02.04.2016**
- Las pruebas se efectuaron tomando 16 estaciones SIRGAS-CON situadas en la zona de influencia de la sudestada y lejos de ella.



(Imagen base: Google Earth)

Día	Hora (UTC)	Amplitud (m)
06.01.2016	01:00	1.579
09.01.2016	19:00	1.670
10.03.2016	02:00	1.743
12.03.2016	16:00	1.578
19.03.2016	04:00	2.139
25.03.2016	03:00	2.198
17.04.2016	10:00	2.041
25.04.2016	09:00	1.960
26.04.2016	19:00	1.978
29.04.2016	18:00	1.546

Implementación del PPP



- Observaciones no-diferenciadas con una tasa de muestreo de 30 s
- Máscara de elevación de 10°
- Peso de las observaciones igual a $1/\cos Z$
- Modelado absoluto de las PCV
- Reducción ionosférica por combinación lineal L3
- Reducción por atmósfera neutra mediante la VMF1
 - Retardo hidrostático modelado
 - Retardo no-hidrostático estimado cada hora
 - Gradientes horizontales estimados cada 6 horas según Chen y Herring (1997)
- Carga atmosférica (efecto mareal) modelada según van Dam y Rey (2010)
- Carga oceánica modelada con el FES2014b
- Demás efectos tratados según Convenciones del IERS 2010

– Obtención de dos soluciones PPP:

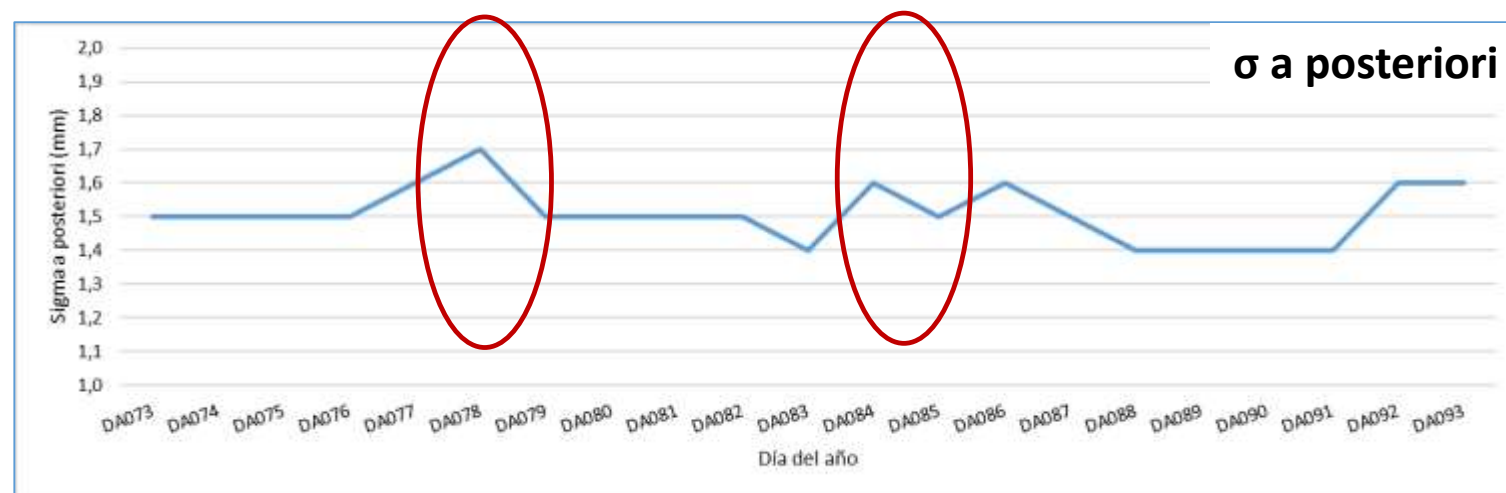
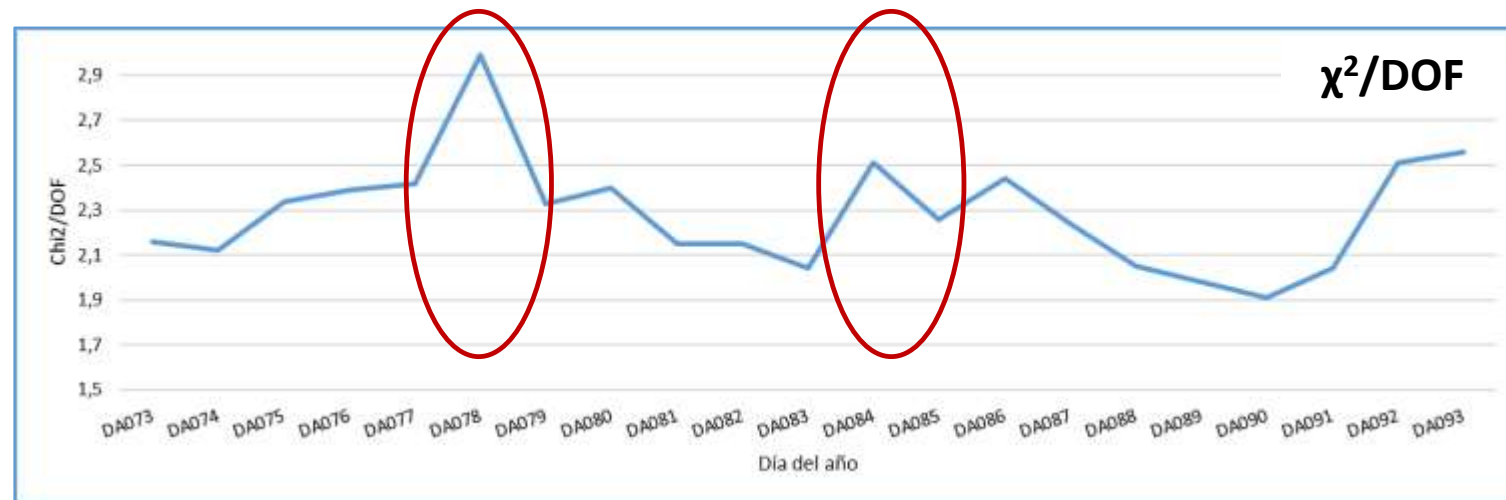
- Con sesiones de 24 horas, para propósitos de control de calidad y generar un modelo local de la atmósfera neutra
- Con sesiones de 6 horas, para detectar efecto de la onda de tormenta a escala sinóptica

4. Análisis de resultados

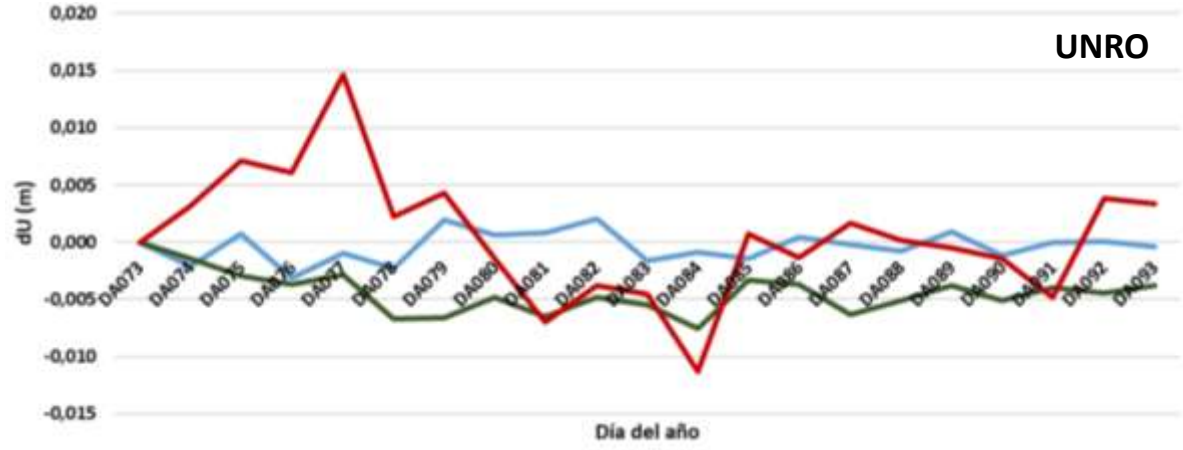
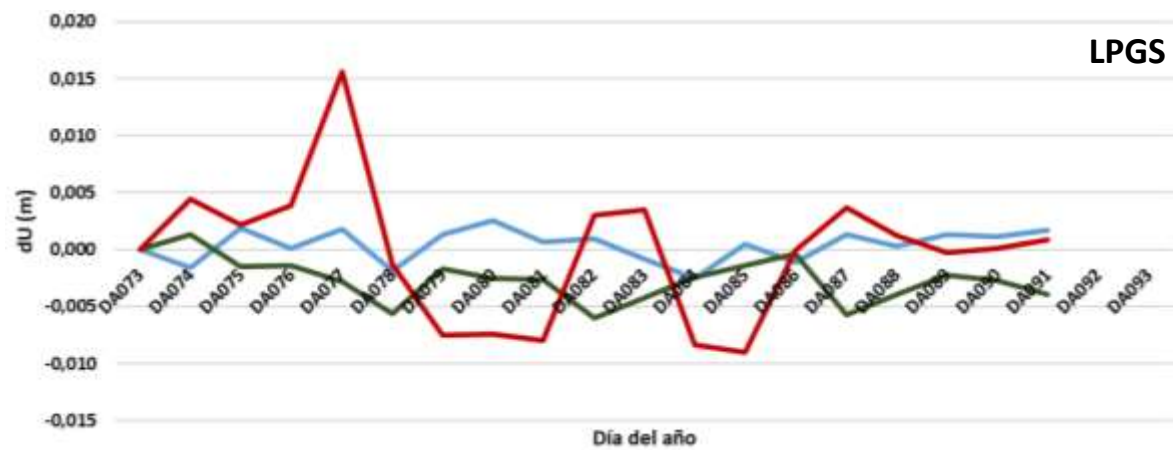
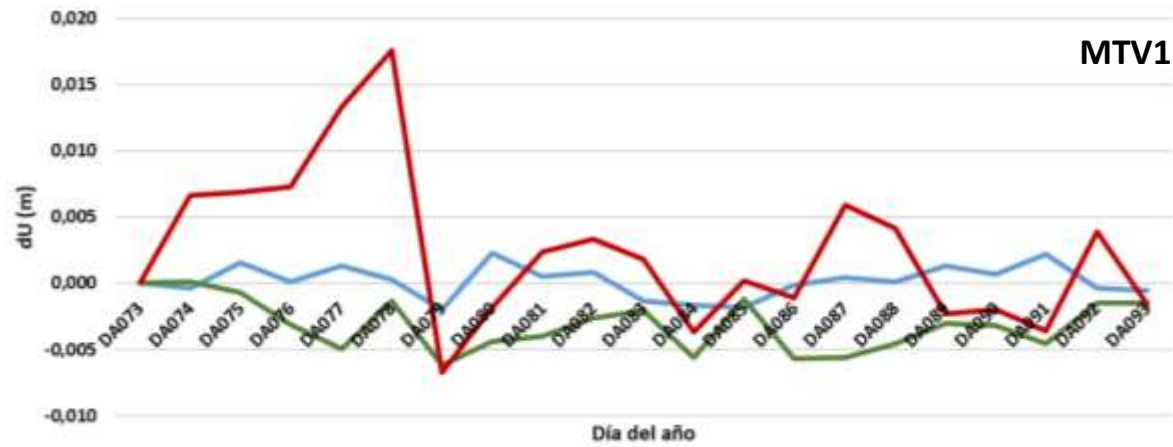
Soluciones PPP de 24 horas de observación

- Estadísticos básicos se mantienen en valores normales pero se aprecia variación coincidente con la ocurrencia de onda de tormenta.

Día	Hora (UTC)	Amplitud (m)
06.01.2016	01:00	1.579
09.01.2016	19:00	1.670
10.03.2016	02:00	1.743
12.03.2016	16:00	1.578
19.03.2016	04:00	2.139
25.03.2016	03:00	2.198
17.04.2016	10:00	2.041
25.04.2016	09:00	1.960
26.04.2016	19:00	1.978
29.04.2016	18:00	1.546

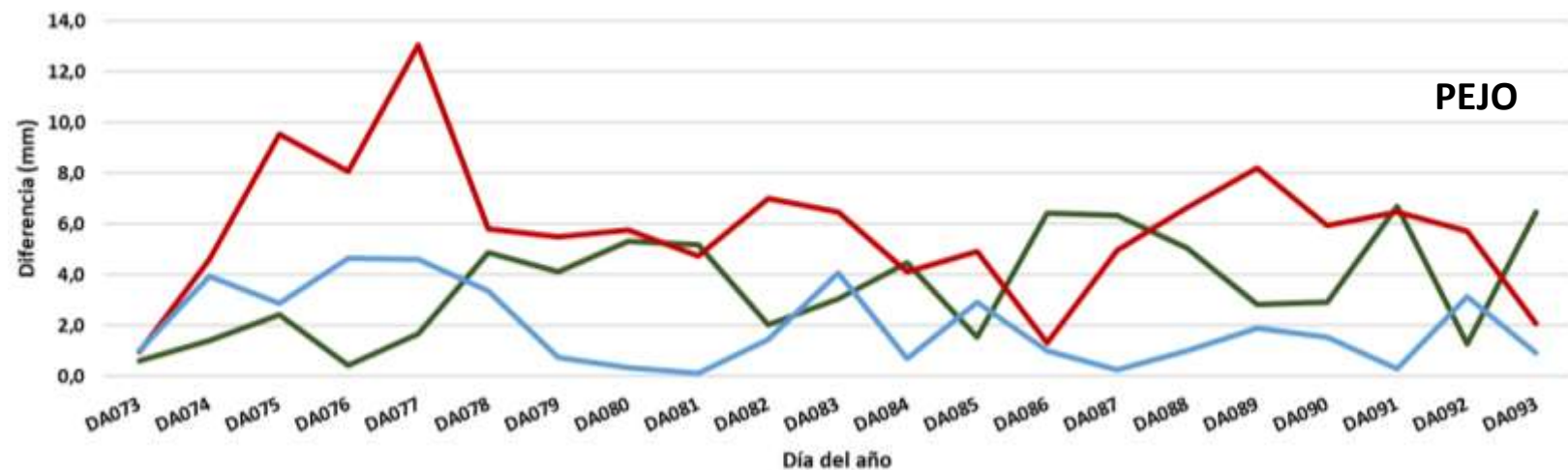
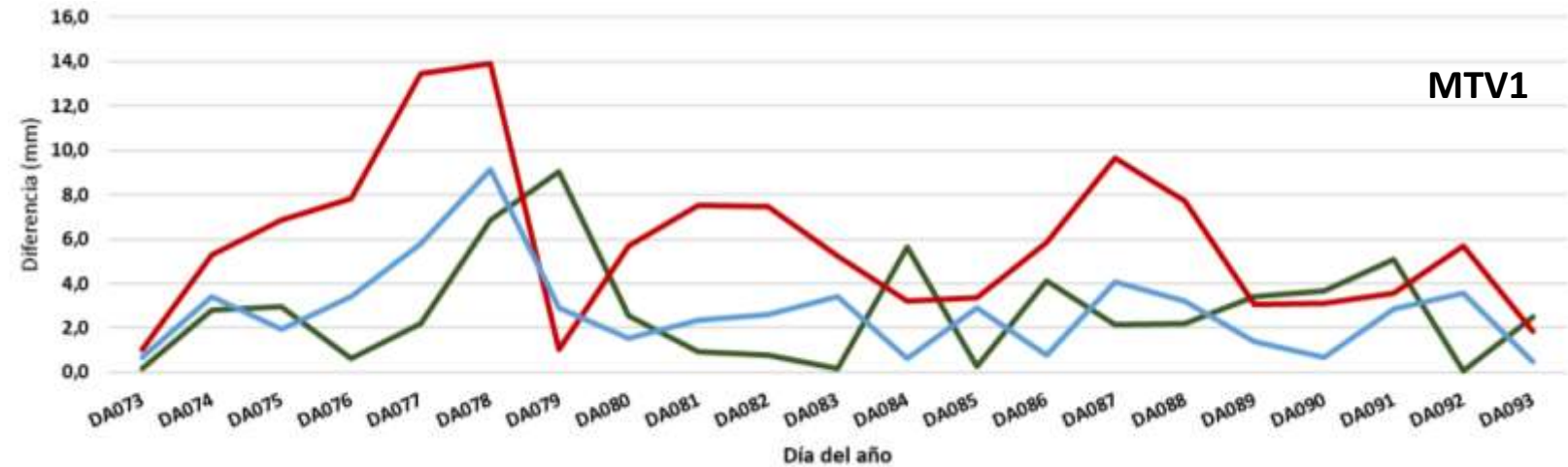


Comparación diaria entre soluciones PPP, 24 horas



— N (m) — E (m) — U (m)

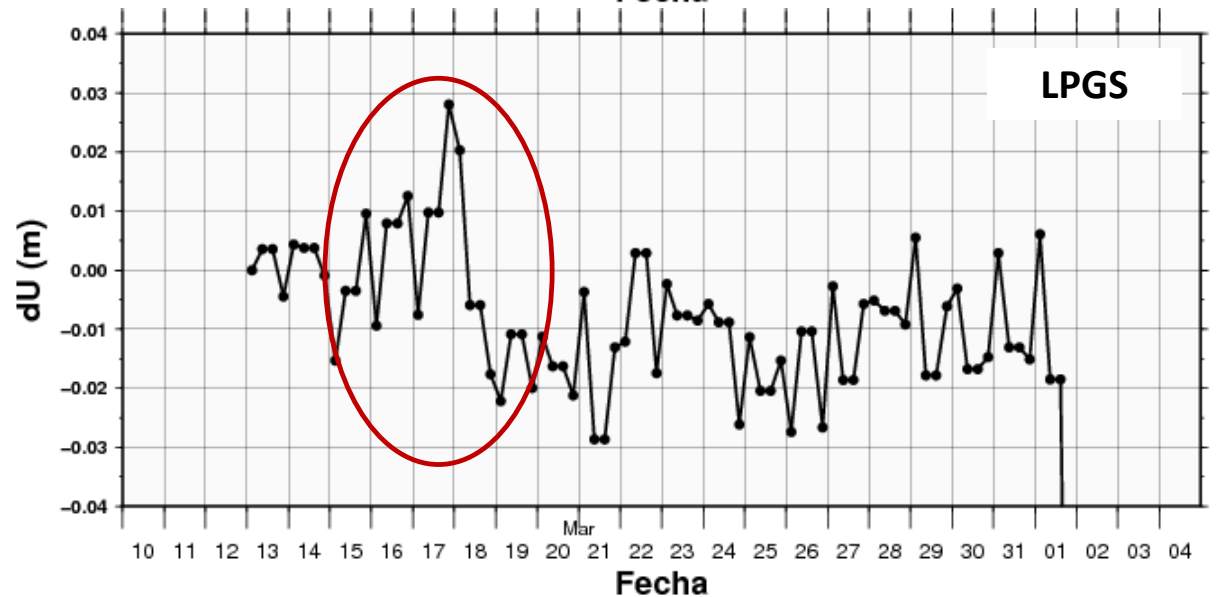
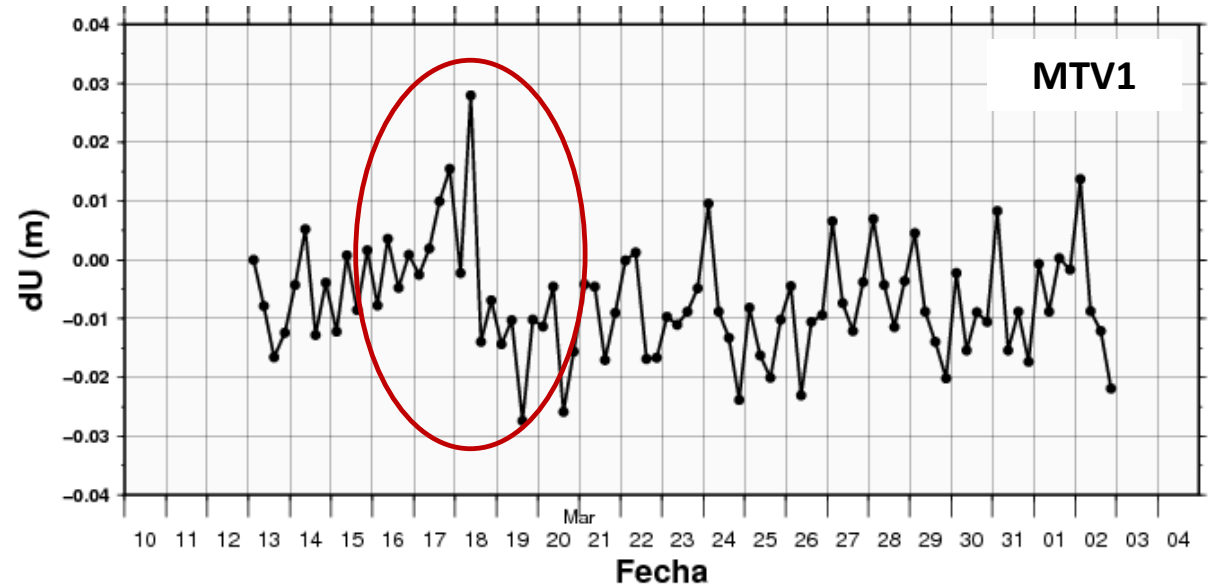
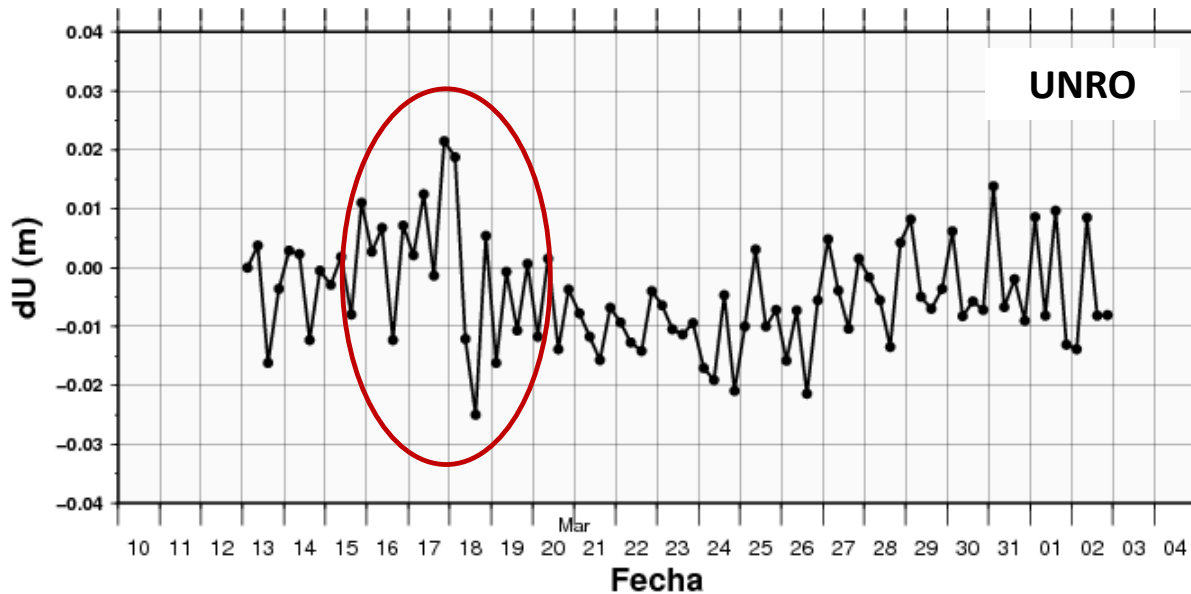
- Repetibilidad diaria en el orden de ± 5 mm en todas las estaciones, con excepción de aquellos días de ocurrencia de la onda de tormenta.
- Diferencias respecto a soluciones semanales SIRGAS-CON en el orden de ± 10 mm
- Las soluciones PPP cuentan con niveles de consistencia interna y externa aceptables.
- Muestran cambios en la posición de las estaciones.



Comparación son soluciones SIRGAS-CON

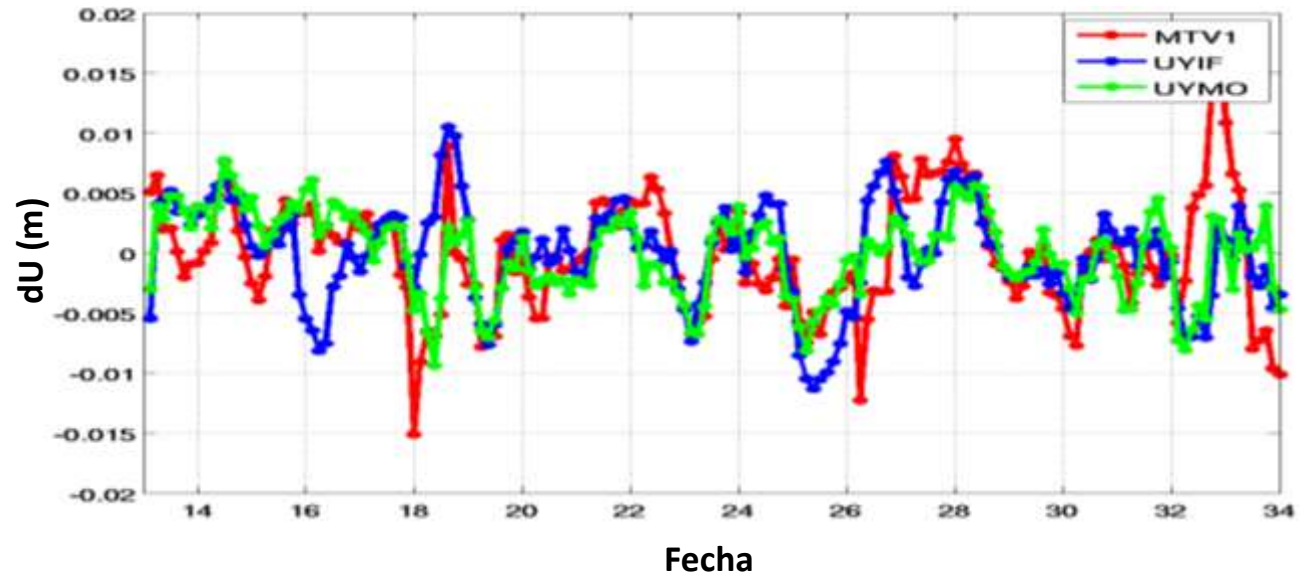
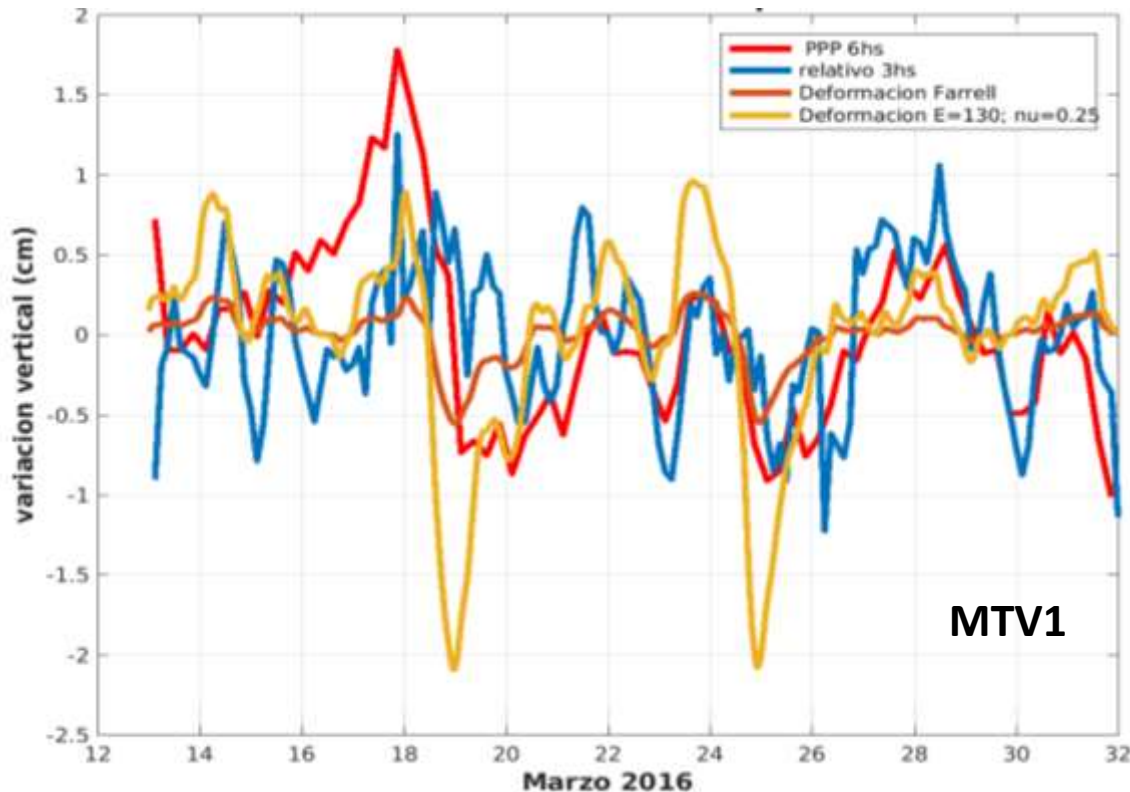
Soluciones PPP de 6 horas de observación

- Obtenidas con la misma metodología de cálculo pero introduciendo un modelo local de la atmósfera neutra.
- Se muestran las series solo para la componente vertical, revelando un mismo efecto sobre las estaciones claramente visible para el día 16.03.2016.



Comparaciones externas

- Estimación relativa, estrategia de procesamiento similar a la empleada para el cálculo SIRGAS-CON



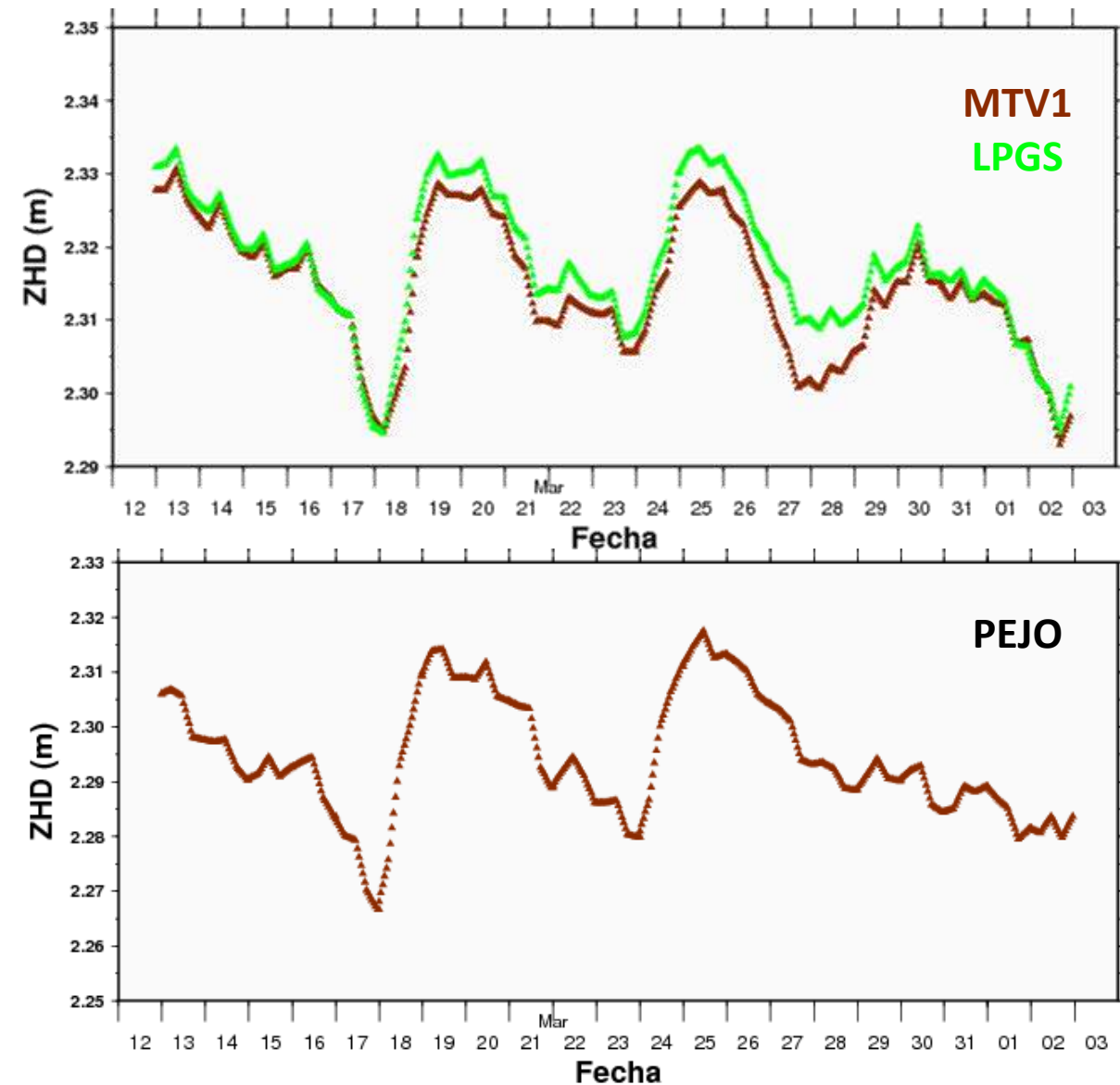
- Modelado geofísico de la deformación superficial:
Según Farrell
Según Boussinesq



Se aprecia la misma tendencia en el desplazamiento de las estaciones a pesar de las diferencias en su magnitud

5. Análisis del retardo en la atmósfera neutra

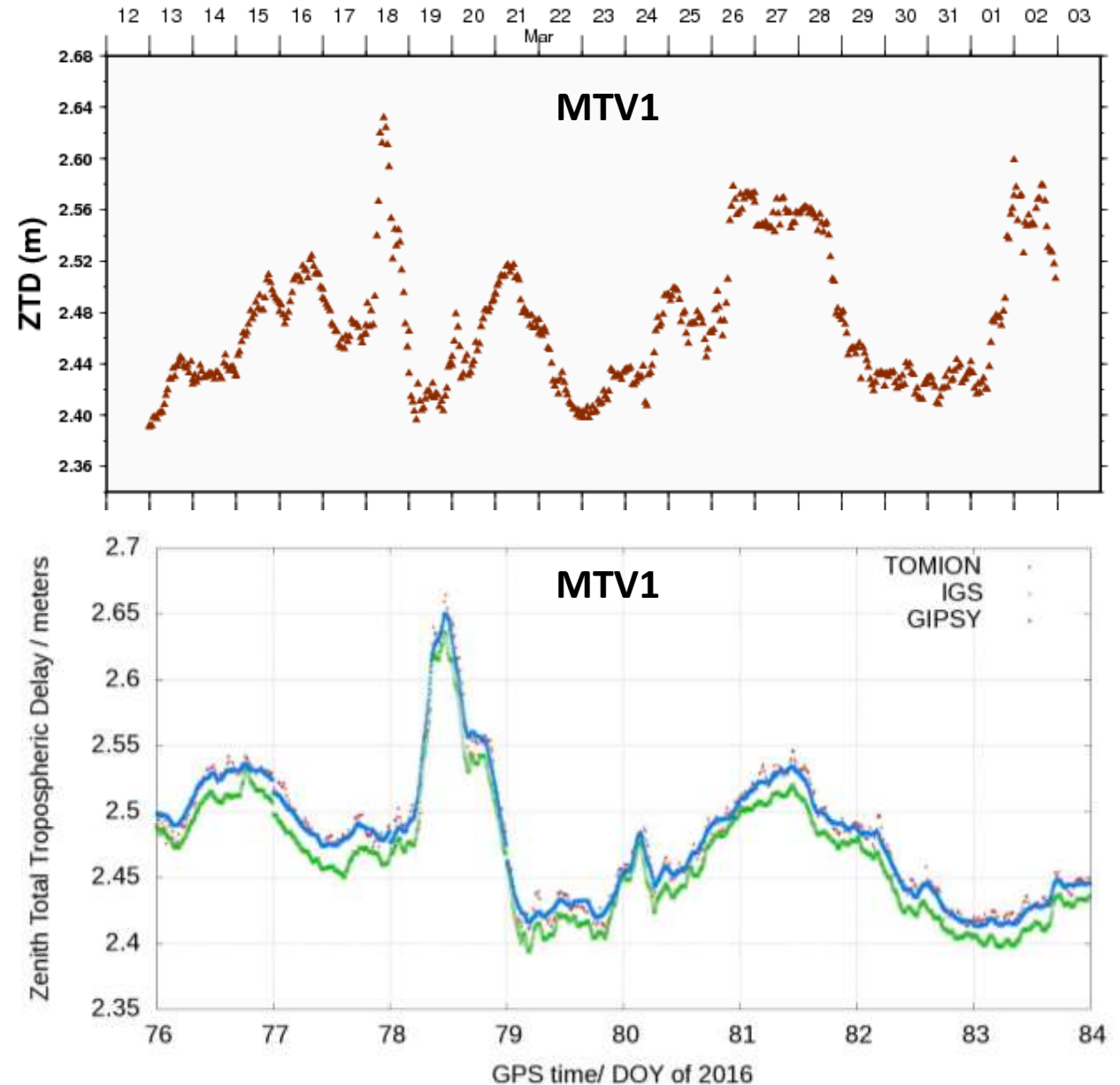
- Variaciones en la presión atmosférica son determinantes para la ocurrencia de la onda de tormenta.
- El retardo zenital hidrostático (ZHD) depende directamente de la presión.
- Se observan los mismos cambios temporales en la presión, incluso en aquellas estaciones alejadas de la zona de influencia, e.g. PEJO a 400 km de separación.



- Un control externo respecto a la estimación del retardo troposférico es consistente con el proveniente del PPP.
- Entonces, si un frente de presión puede desplazarse en sentido horizontal y extenderse sobre grandes distancias:



se presume que el efecto visto sobre la posición vertical contenga la superposición de carga atmosférica no-mareal



6. Comentarios finales

- Las estimaciones PPP revelan de forma consistente la variación en la posición vertical de estaciones SIRGAS-CON en la zona de influencia de la onda de tormenta en el Río de La Plata.
- No puede asegurarse que la magnitud de tales variaciones corresponda al desplazamiento causado por el fenómeno, no obstante, este estudio exploratorio ofrece resultados interesantes.
- Es posible (necesario) optimizar la metodología de cálculo en busca de resultados más refinados. Algunas acciones pertinentes:
 - Evaluar cambios en las ventanas de observación
 - Analizar los resultados desde un punto de vista estocástico (i.e. a nivel de ecuaciones normales)
 - Introducir un modelo local de la carga oceánica válido para el Río de La Plata
 - Modelar el retardo en la atmósfera neutra mediante funciones de mapeo dependientes del sitio, o bien con la recientemente lanzada VMF3
- La presunta superposición entre el efecto de la onda de tormenta y la carga atmosférica no-mareal, es un tema que merece mayor atención.
- En general, series de tiempo más prolongadas permitirán una mejor comprensión del fenómeno desde la perspectiva geodésica.



AGGO



CONICET



Por su atención...
...muchas gracias!