

# Reprocesamiento del marco de referencia SIRGAS de enero de 2000 a diciembre de 2020

Laura Sánchez

([lm.sanchez@tum.de](mailto:lm.sanchez@tum.de))

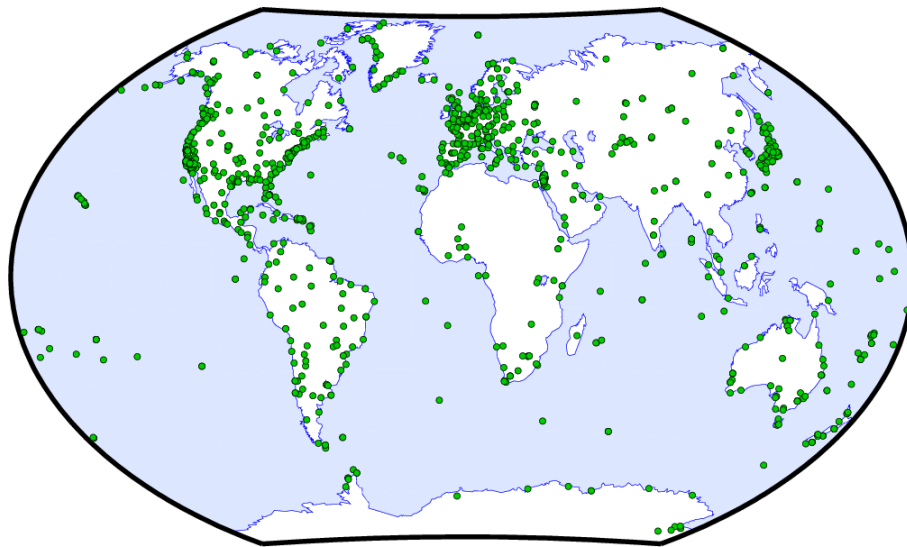
Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Technische Universität München (DGFI-TUM)

International GNSS Service Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIRGAS)

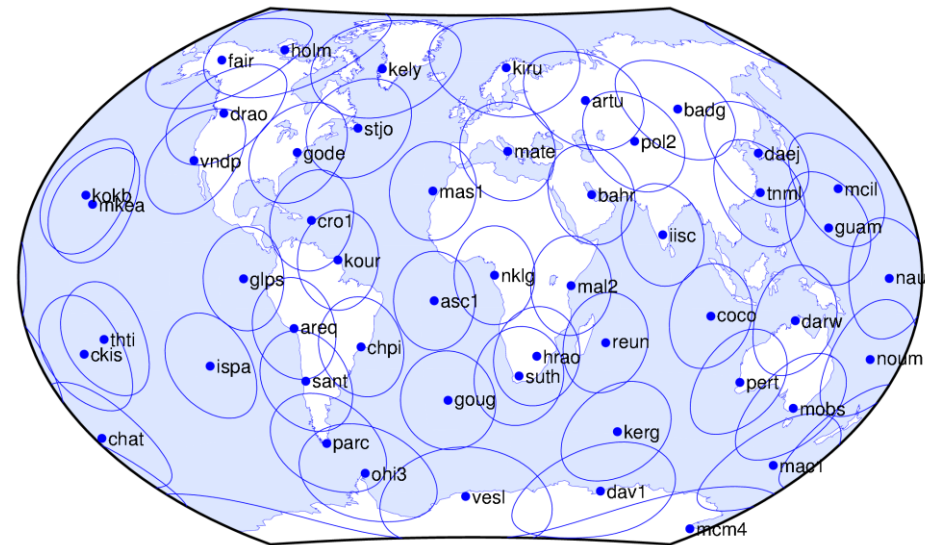
Simposio SIRGAS2021, 29-11-2021

# Introducción

- En el procesamiento de redes de referencia regionales, **las órbitas y la sincronización de los relojes de los satélites GNSS** se introducen como parámetros conocidos. En consecuencia, **las coordenadas de las estaciones se refieren al mismo marco de referencia que las órbitas GNSS**.
- Dado que todas las estaciones GNSS incluidas en las soluciones ITRF no presentan la misma calidad, el **Servicio Internacional GNSS (IGS)** selecciona un conjunto de estaciones GNSS del ITRF que son utilizadas como **estaciones fiduciales** para el cálculo de los productos del IGS (órbitas y relojes de los satélites, parámetros de orientación terrestre, offsets y correcciones a las variaciones del centro de fase de las antenas – PCV). Esta selección de estaciones se denomina **marco de referencia del IGS**.



IGS/GNSS stations in ITRF2014

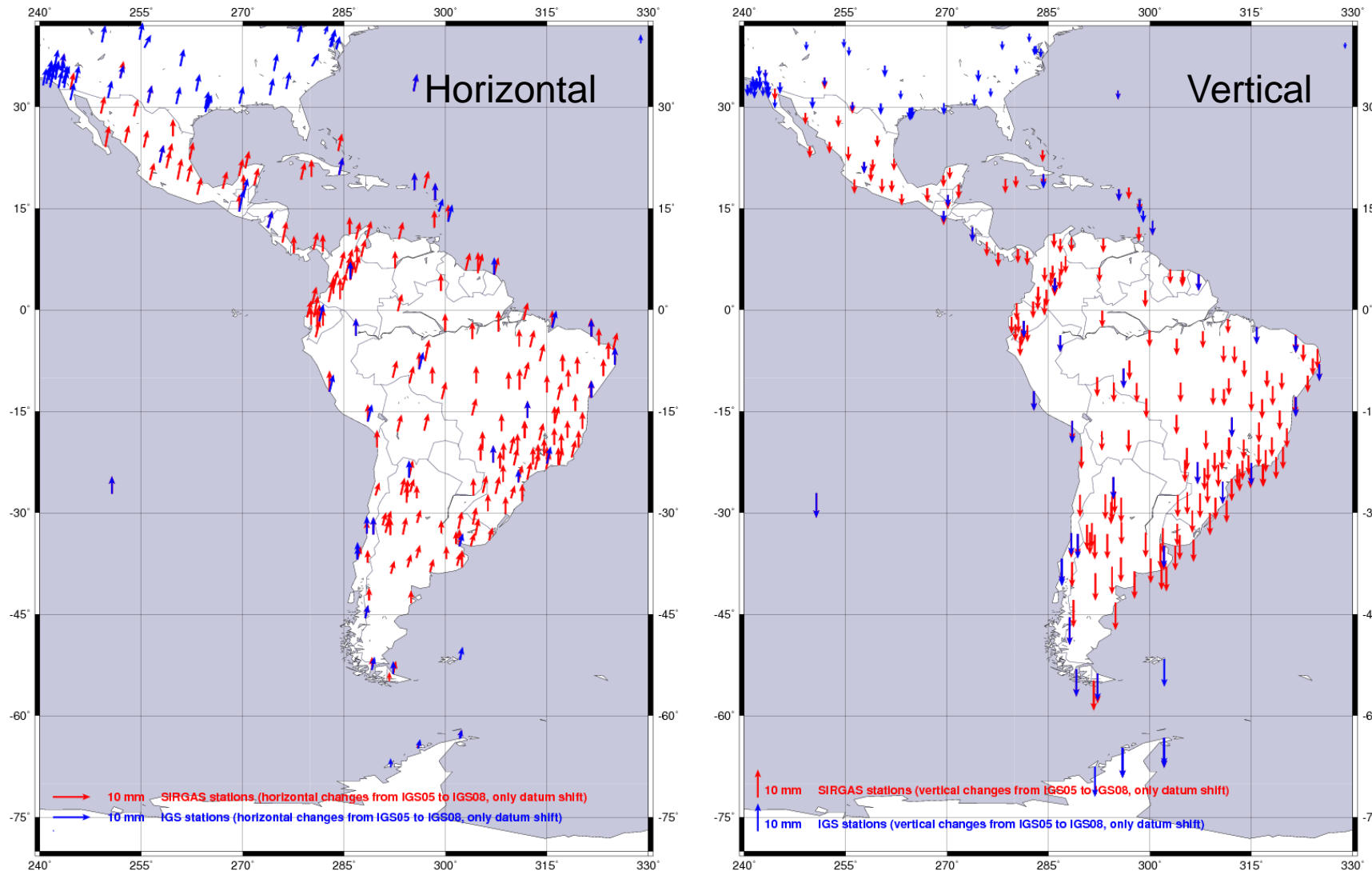


IGS14 reference (core) network

# Introducción

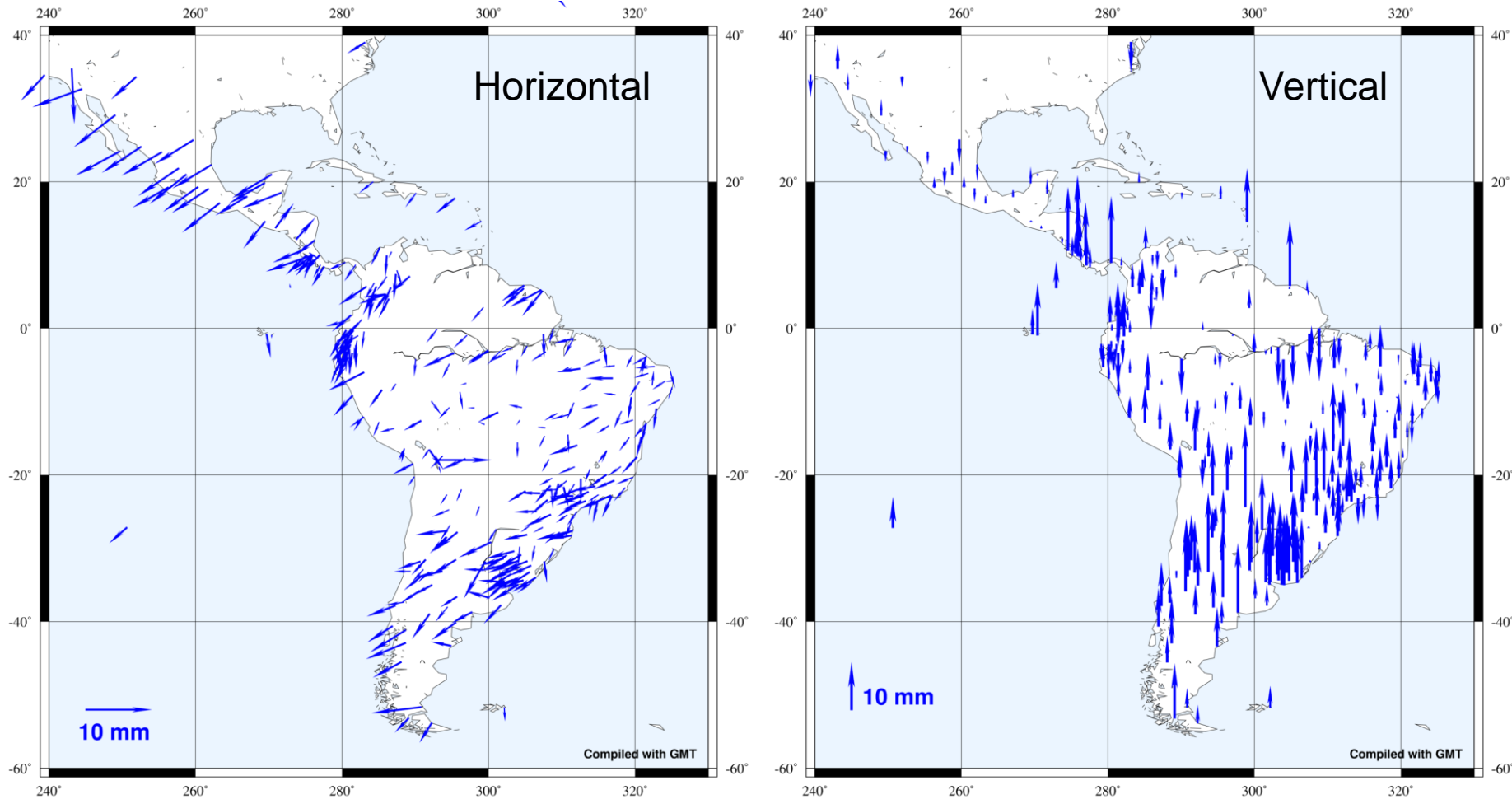
- La publicación de un nuevo ITRF va seguida de la publicación de un marco de referencia IGS actualizado que incluye
  - las posiciones y velocidades de las estaciones referidas al nuevo ITRF y
  - nuevas correcciones para los offsets y PCVs de las antenas consistentes con el nuevo ITRF.
- De este modo, las soluciones SIRGAS operacionales se refieren al
  - **IGS05 (ITRF2005)** del 4 de noviembre de 2006 al 16 de abril de 2011
  - Al **IGS08/IGb08 (ITRF2008)** desde el 17 de abril de 2011 hasta el 28 de enero de 2017
  - Al **IGS14/IGb14 (ITRF2014)** desde el 29 de enero de 2017
- Se asume que los marcos de referencia del IGS son completamente equivalentes al ITRF correspondiente en **orientación, traslación y escala**. De este modo, los productos finales del IGS pueden considerarse nominalmente en el ITRF actual.
- Sin embargo, la introducción de un nuevo marco de referencia provoca **cambios artificiales (discontinuidades) en las posiciones de las estaciones**.

# Cambio en la posición de las estaciones por pasar del IGS05 al IGS08



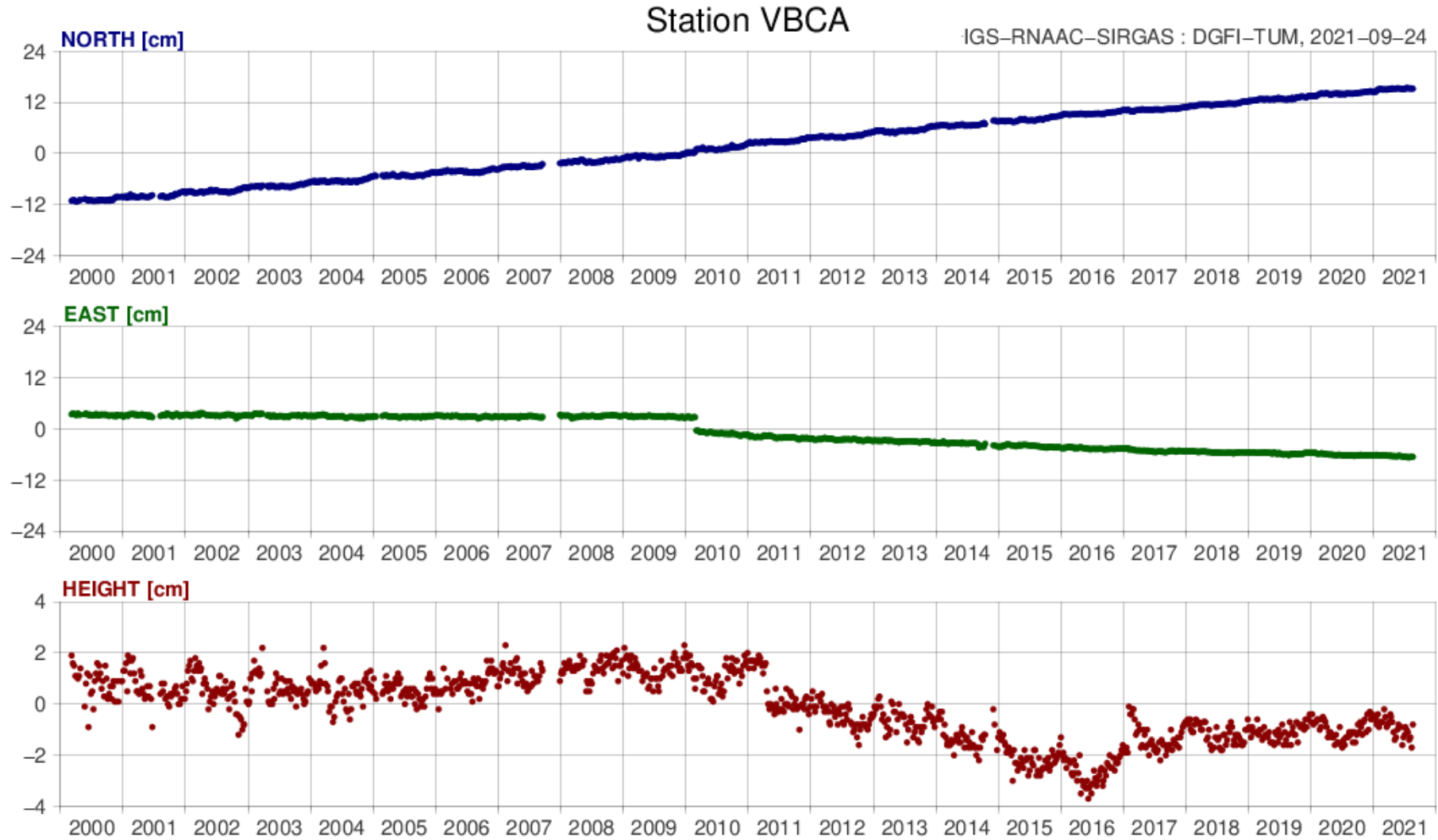
Abril 16, 2011

# Cambio en la posición de las estaciones por pasar del IGS08 al IGS14

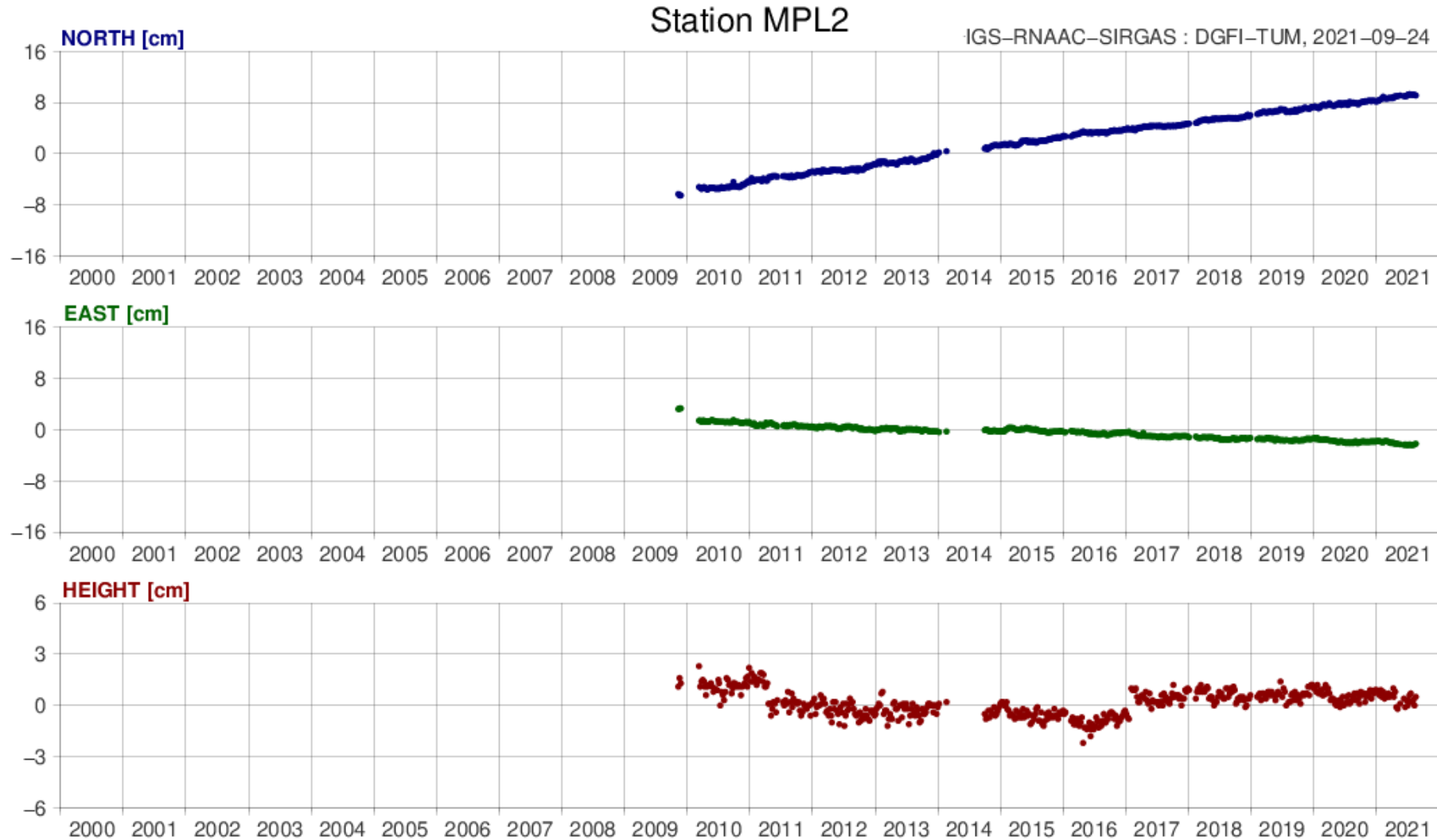


Enero 29, 2017

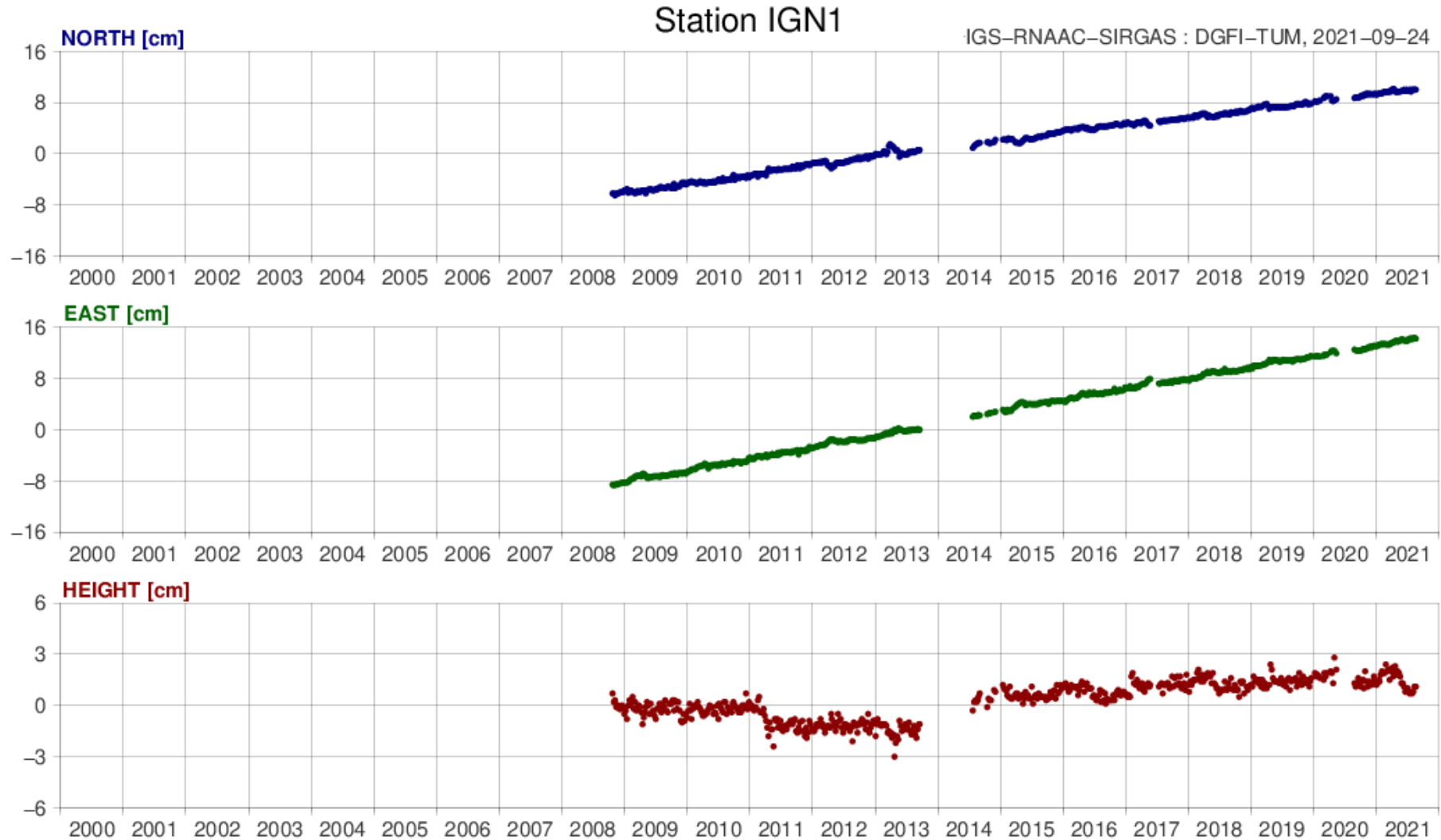
# Cambio en la posición de las estaciones por pasar del IGS08 al IGS14



# Cambio en la posición de las estaciones por pasar del IGS08 al IGS14

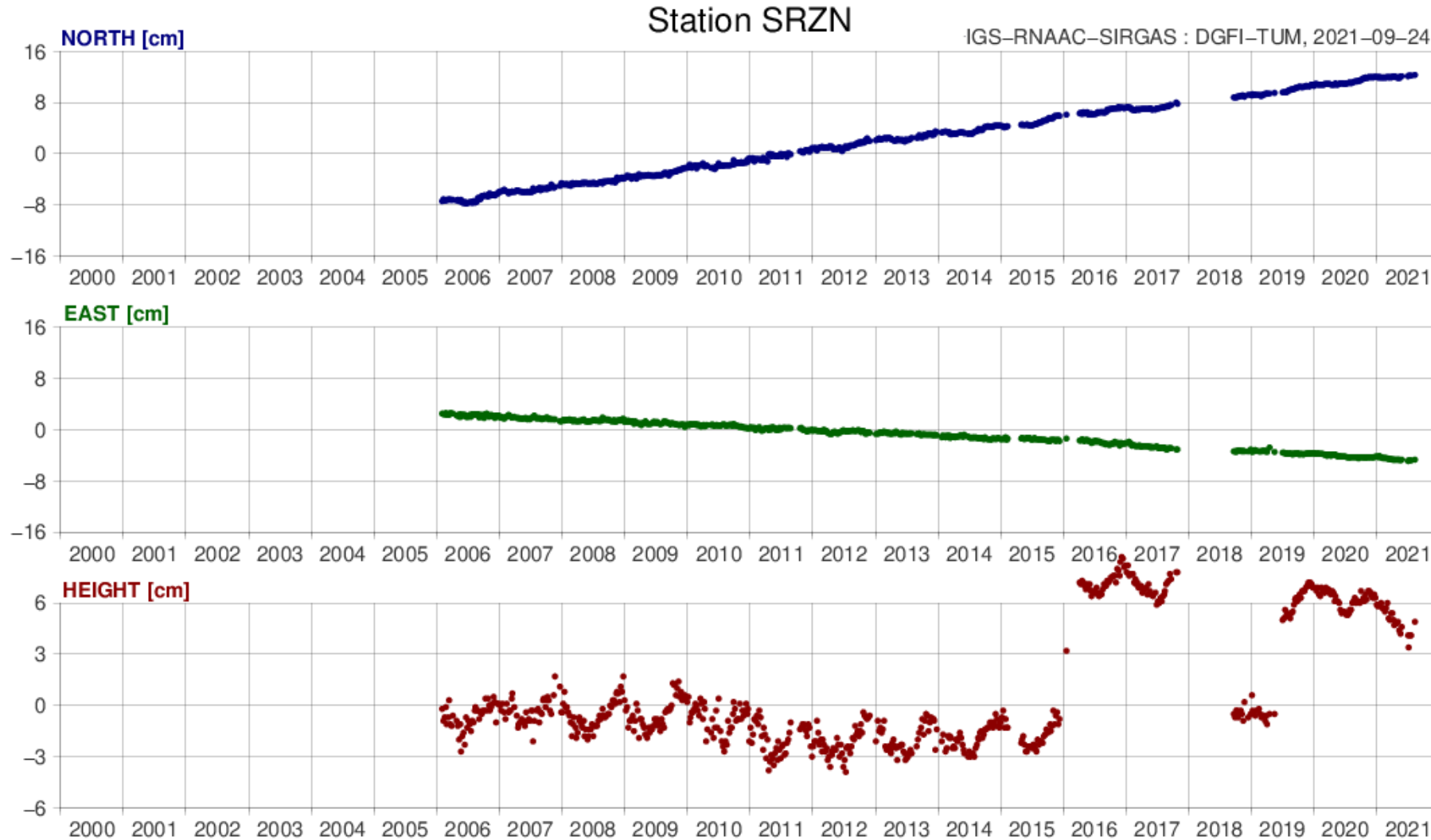


# Cambio en la posición de las estaciones por pasar del IGS08 al IGS14

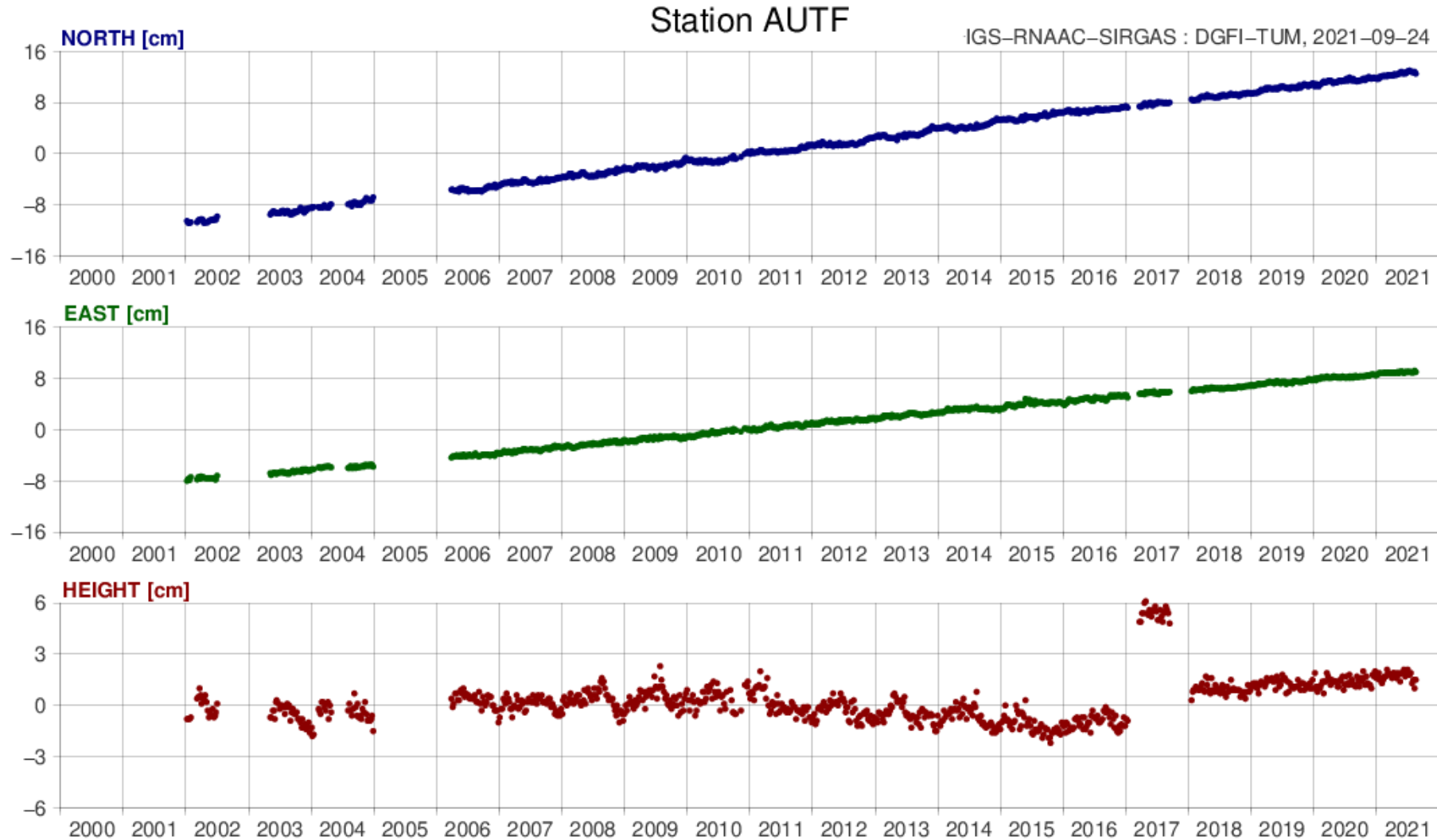




# Cambio en la posición de las estaciones por cambio de equipos no declarado



# Cambio en la posición de las estaciones por cambio de equipos no declarado



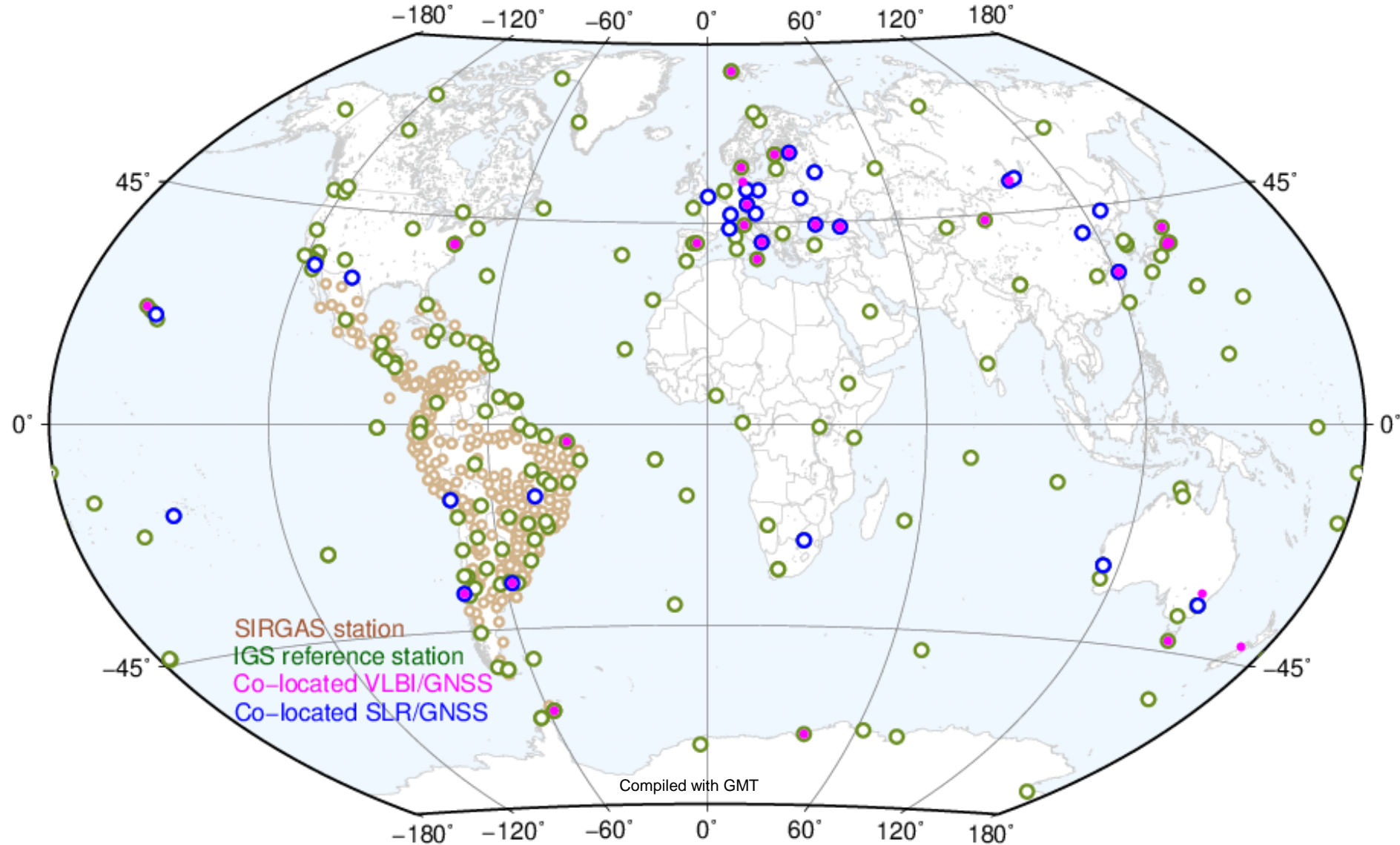
# Introducción

- A fin de asegurar la **estabilidad y confiabilidad del marco de referencia a largo plazo**, es necesario generar resultados consistentes a lo largo de todo el tiempo mediante el reprocesamiento de la red de referencia utilizando una **única estrategia de análisis y un único marco de referencia**.
- El primer reprocesamiento de SIRGAS (**SIRGAS-Repro1**) se llevó a cabo en 2010 para considerar correcciones absolutas a las variaciones del centro de fase de las antenas GNSS y referir los resultados al marco de referencia IGS05. Datos reprocesados: **02-01-2000 a 04-11-2006**.

## Objetivos

- Este trabajo se centra en el reprocesamiento de los datos GNSS diarios de **SIRGAS entre 02-01-2000 y 02-01-2021** utilizando los mismos estándares de análisis y el mismo **marco de referencia (IGS14/IGb14) → SIRGAS-Repro2**.
- **Evaluación de la calidad** (y depuración) de los datos SIRGAS.
- Procesamiento de la red SIRGAS junto con una red global de estaciones GNSS para **evaluar la realización geocéntrica** del marco de referencia regional y posibles efectos en las series de tiempo (apoyo a aplicaciones geofísicas y climáticas).
- Investigación sobre la **combinación de la red regional SIRGAS con mediciones SLR y VLBI** a fin de integrar estas técnicas en la determinación de marcos de referencia regionales.

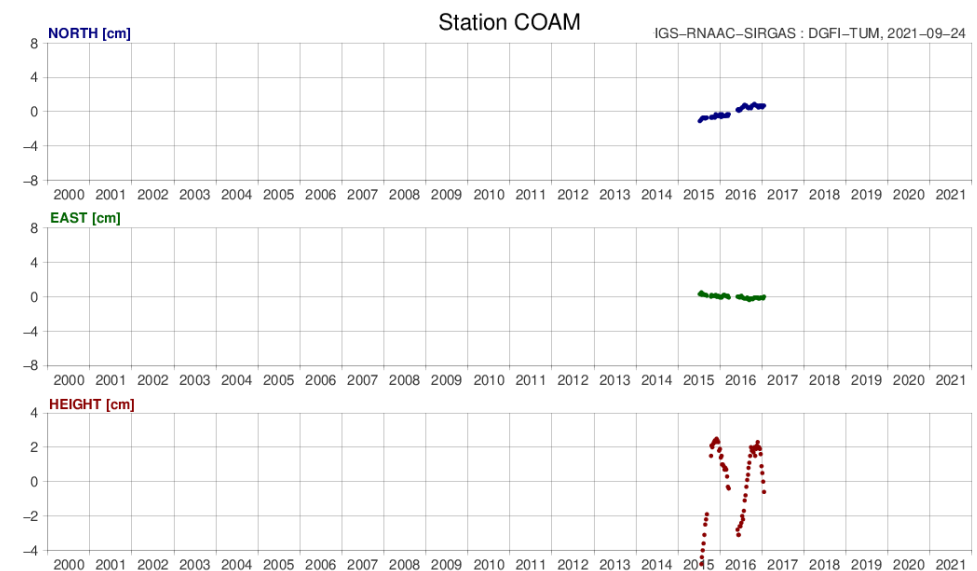
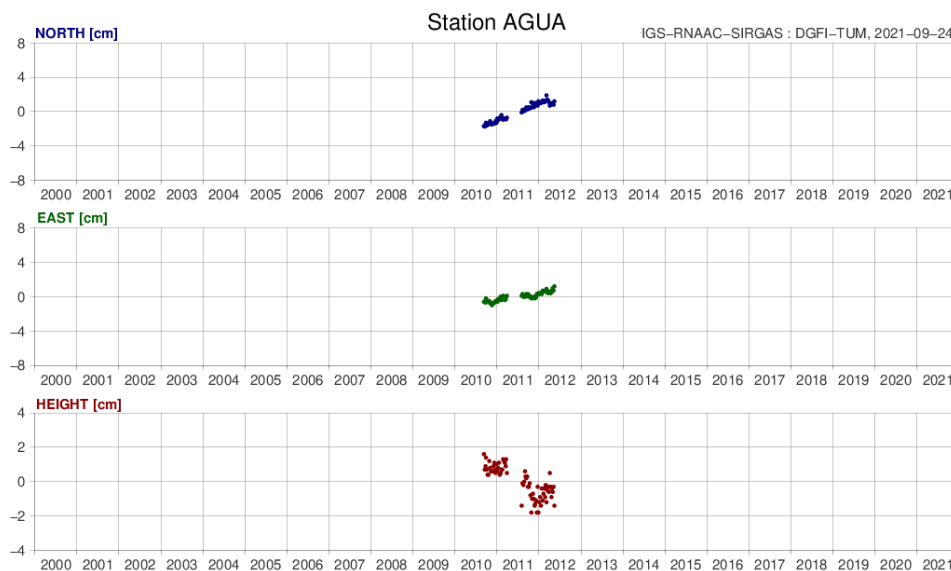
# Red procesada en el SIRGAS-Repro2



# Preparación datos de entrada

En coordinación con el Grupo de Trabajo I de SIRGAS

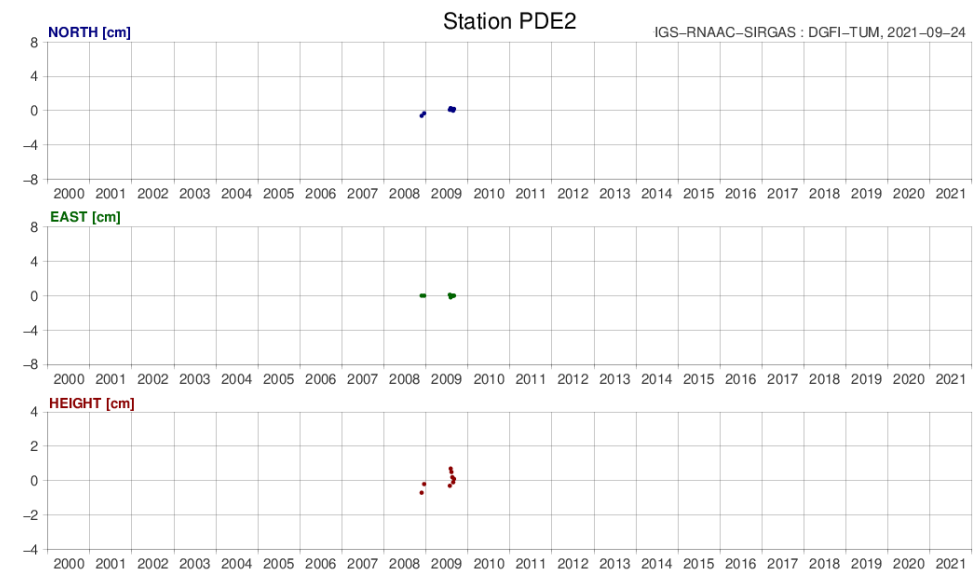
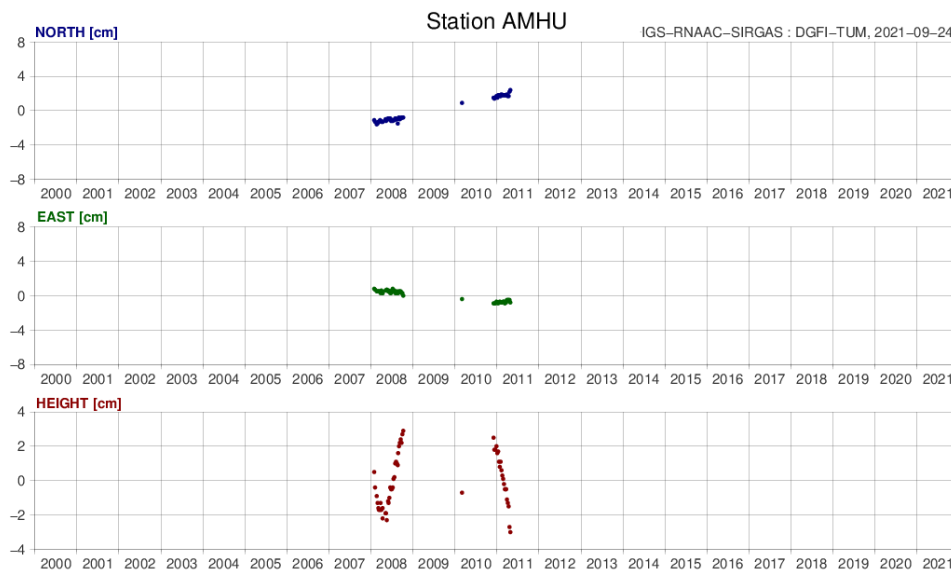
- Revisión de los **metadatos (log files)** de las estaciones SIRGAS.
- **Inventario de los RINEX** existentes generados por las estaciones SIRGAS desde enero de 2000.
- **Recuperación de RINEX** faltantes con el apoyo de los Centros de Datos SIRGAS.
- Inventario de estaciones SIRGAS dadas de baja y **con menos de dos años de mediciones** (para excluirlas del reprocesamiento)



# Preparación datos de entrada

En coordinación con el Grupo de Trabajo I de SIRGAS

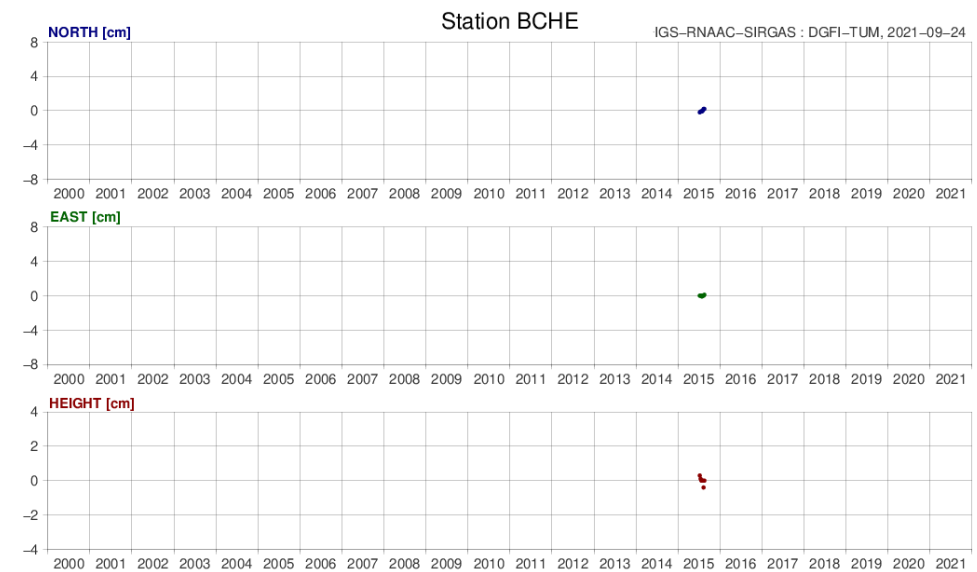
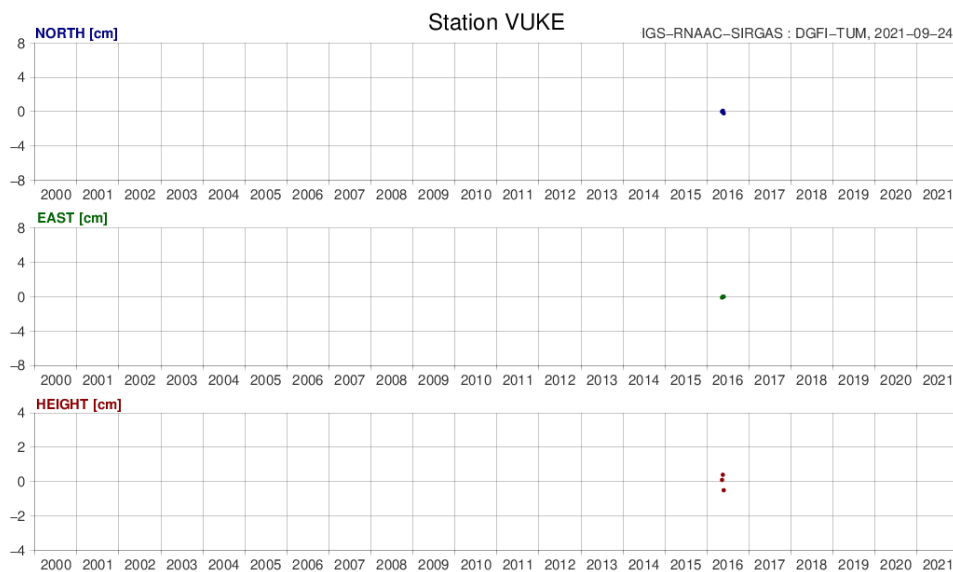
- Revisión de los metadatos (log files) de las estaciones SIRGAS.
- Inventario de los RINEX existentes generados por las estaciones SIRGAS desde enero de 2000.
- Recuperación de RINEX faltantes con el apoyo de los Centros de Datos SIRGAS.
- Inventario de estaciones SIRGAS dadas de baja y con menos de dos años de mediciones (para excluirlas del reprocesamiento)



# Preparación datos de entrada

En coordinación con el Grupo de Trabajo I de SIRGAS

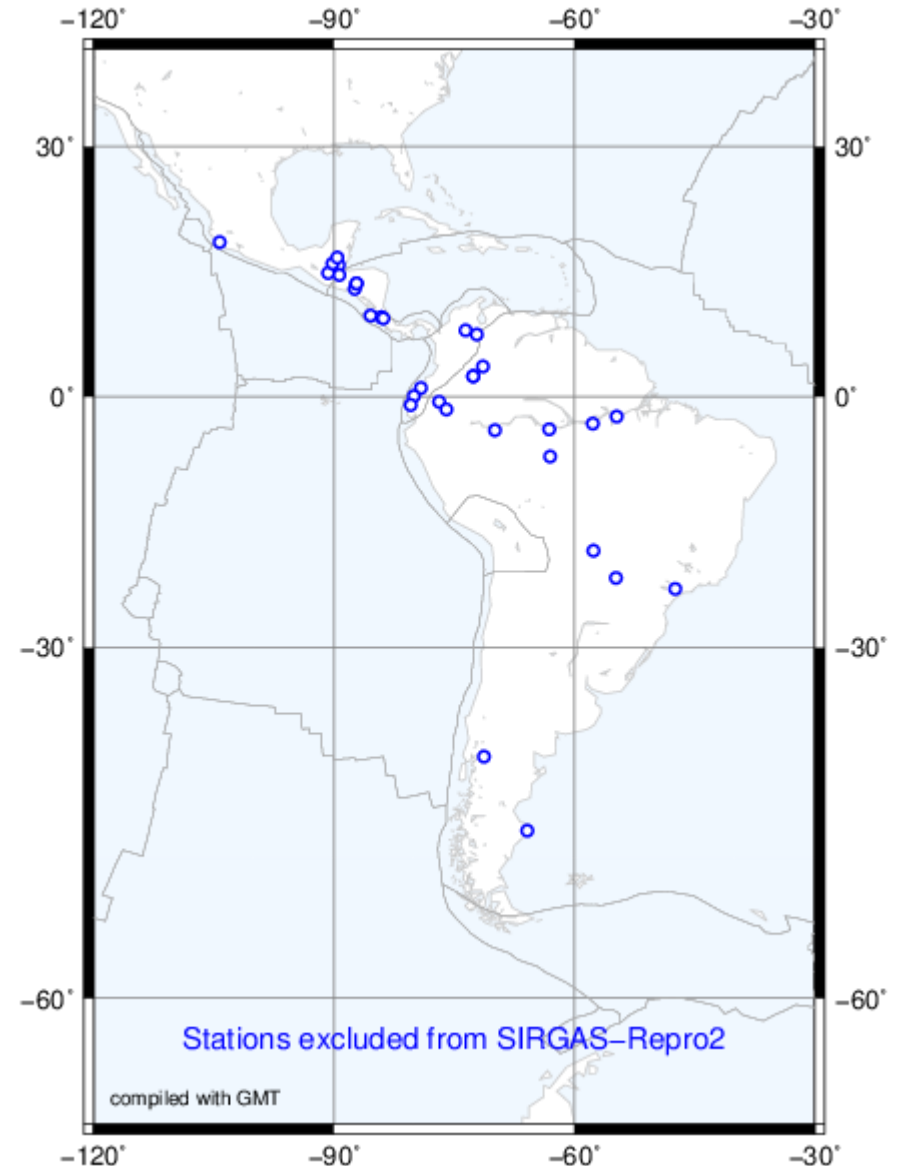
- Revisión de los metadatos (log files) de las estaciones SIRGAS.
- Inventario de los RINEX existentes generados por las estaciones SIRGAS desde enero de 2000.
- Recuperación de RINEX faltantes con el apoyo de los Centros de Datos SIRGAS.
- Inventario de estaciones SIRGAS dadas de baja y con menos de dos años de mediciones (para excluirlas del reprocesamiento)



# Preparación datos de entrada

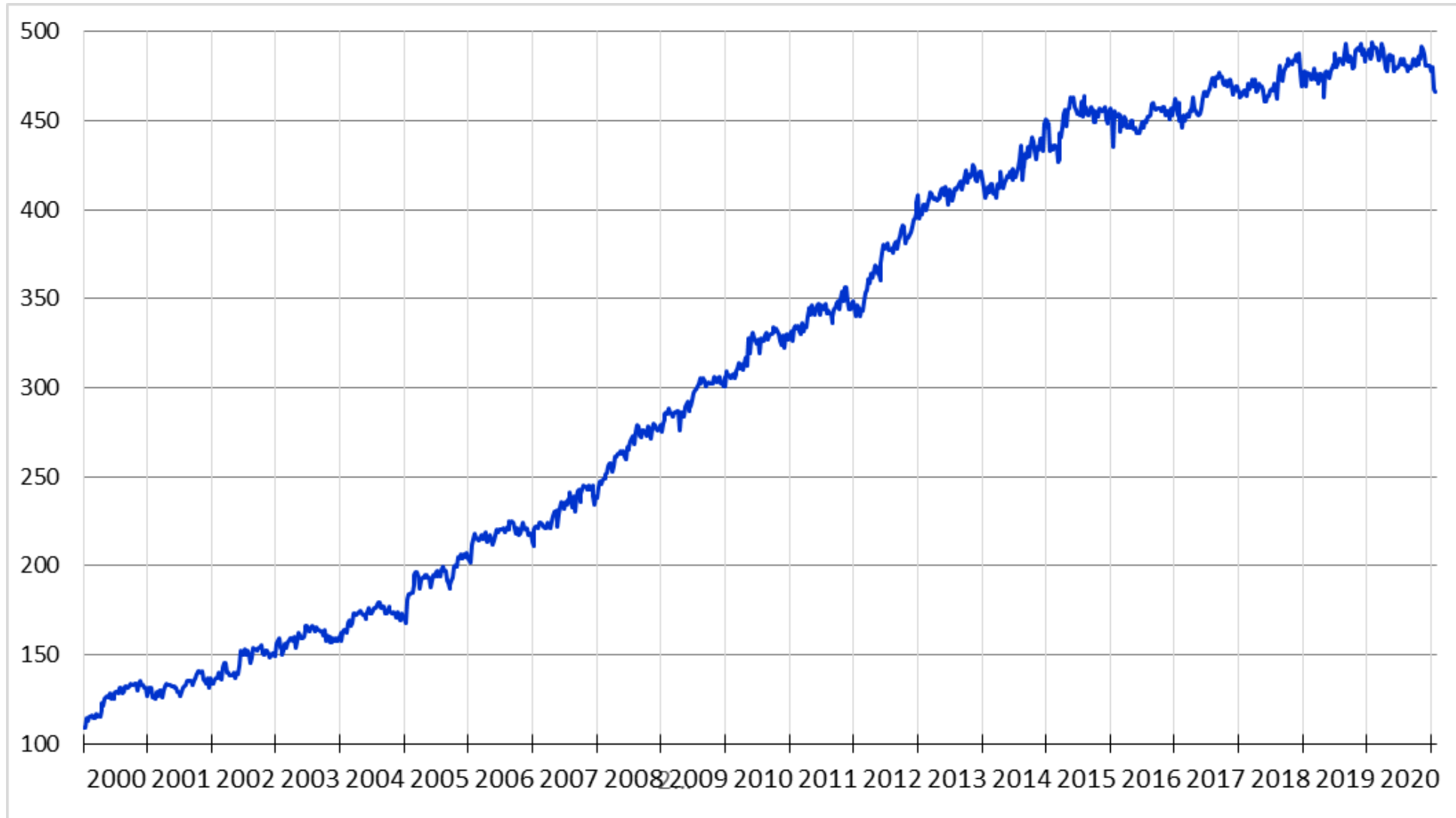
En coordinación con el Grupo de Trabajo I de SIRGAS

- Revisión de los metadatos (log files) de las estaciones SIRGAS.
- Inventario de los RINEX existentes generados por las estaciones SIRGAS desde enero de 2000.
- Recuperación de RINEX faltantes con el apoyo de los Centros de Datos SIRGAS.
- Inventario de estaciones SIRGAS dadas de baja y con menos de dos años de mediciones (para excluirlas del reprocesamiento)
  - 34 estaciones excluidas (6%)
- Evaluación de la calidad de los RINEX diarios disponibles para el reprocesamiento
  - 2,419,396 RINEX diarios procesados
  - 4,469 RINEX diarios rechazados (0.2%)

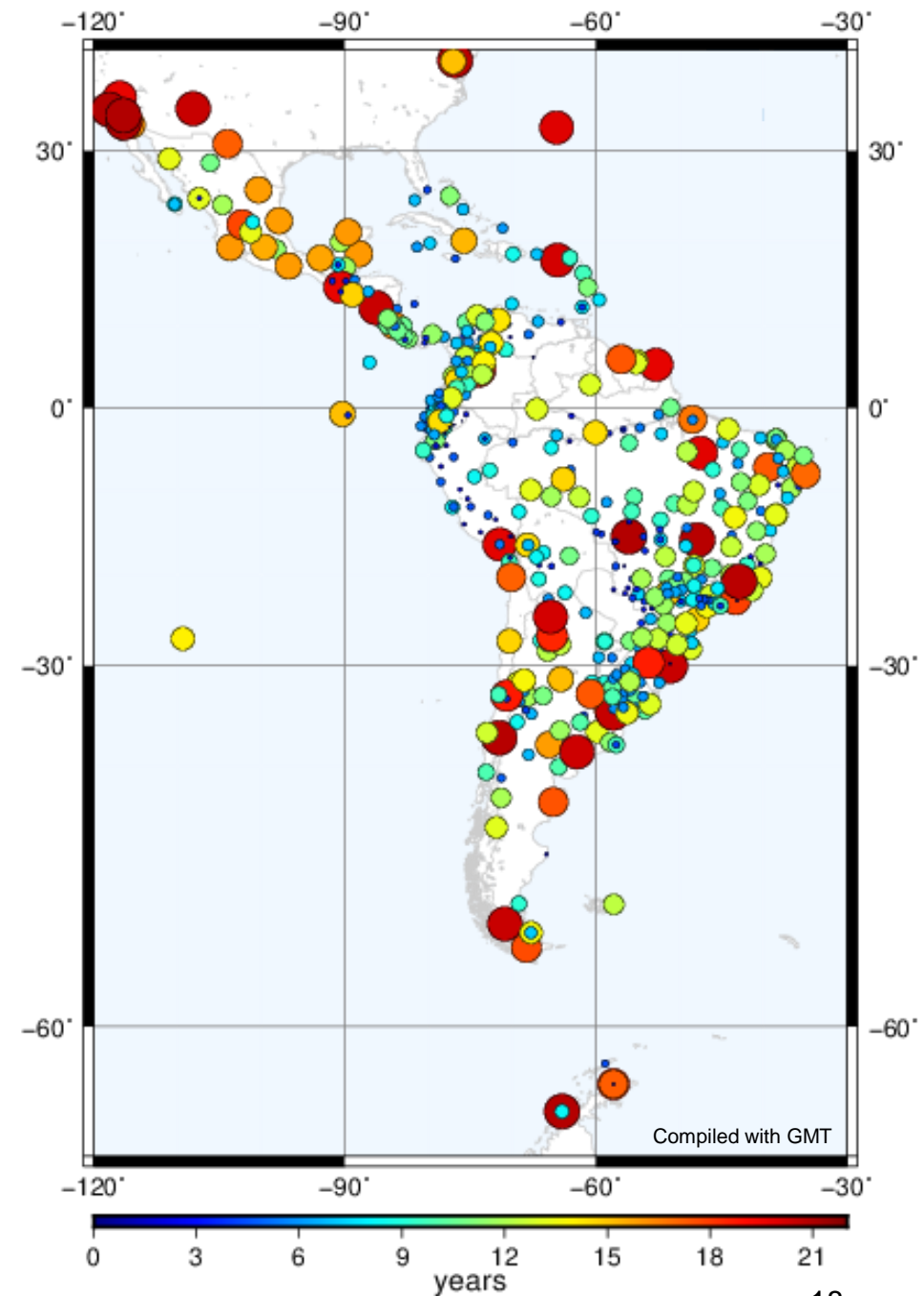
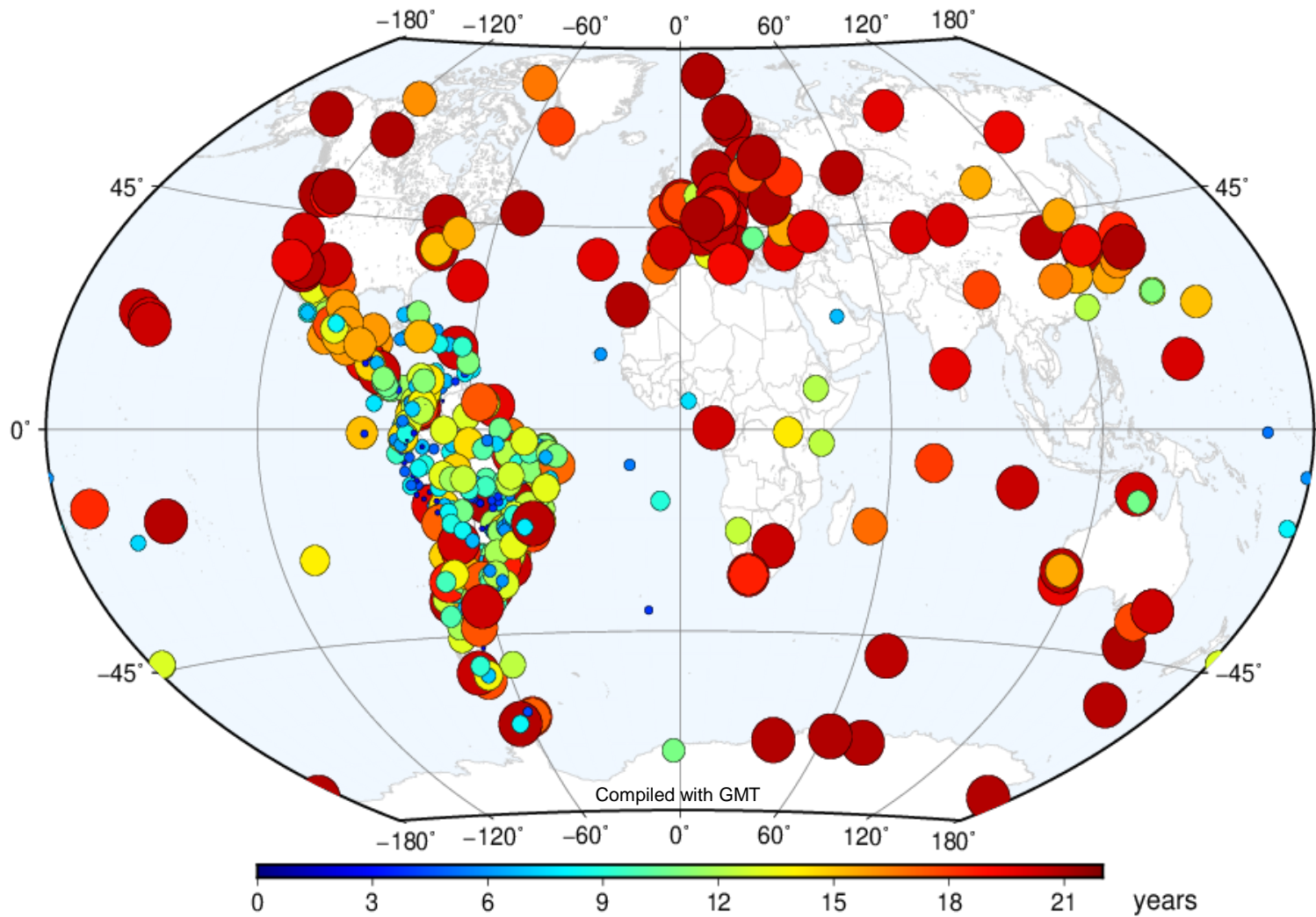




# Estaciones por año



# Años por estación



## Cálculo de ecuaciones normales diarias

- Marco de referencia IGS14/IGb14 ~ ITRF2014 (Modelo PCV, órbitas, relojes satelitales, EOPs, etc.)
- Observaciones: diferencias dobles en combinación L3 (libre de ionosfera)
- Troposfera, carga mareal y no mareal según IERS e IGS
- Bernese GNSS Software 5.2



## Generación de ecuaciones normales semanales semi-libres

- Combinación de las siete soluciones diarias correspondientes a una semana GPS
- Estaciones con residuales mayores que  $\pm 20$  mm en N-E, y  $\pm 30$  mm en h excluidas
- Restricción de  $\pm 1$  m a las coordenadas de todas las estaciones
- Resultados: [SI2www7.SNX](#), [SUM](#)



## Cálculo de coordenadas semanales referidas al IGS14/IGb14

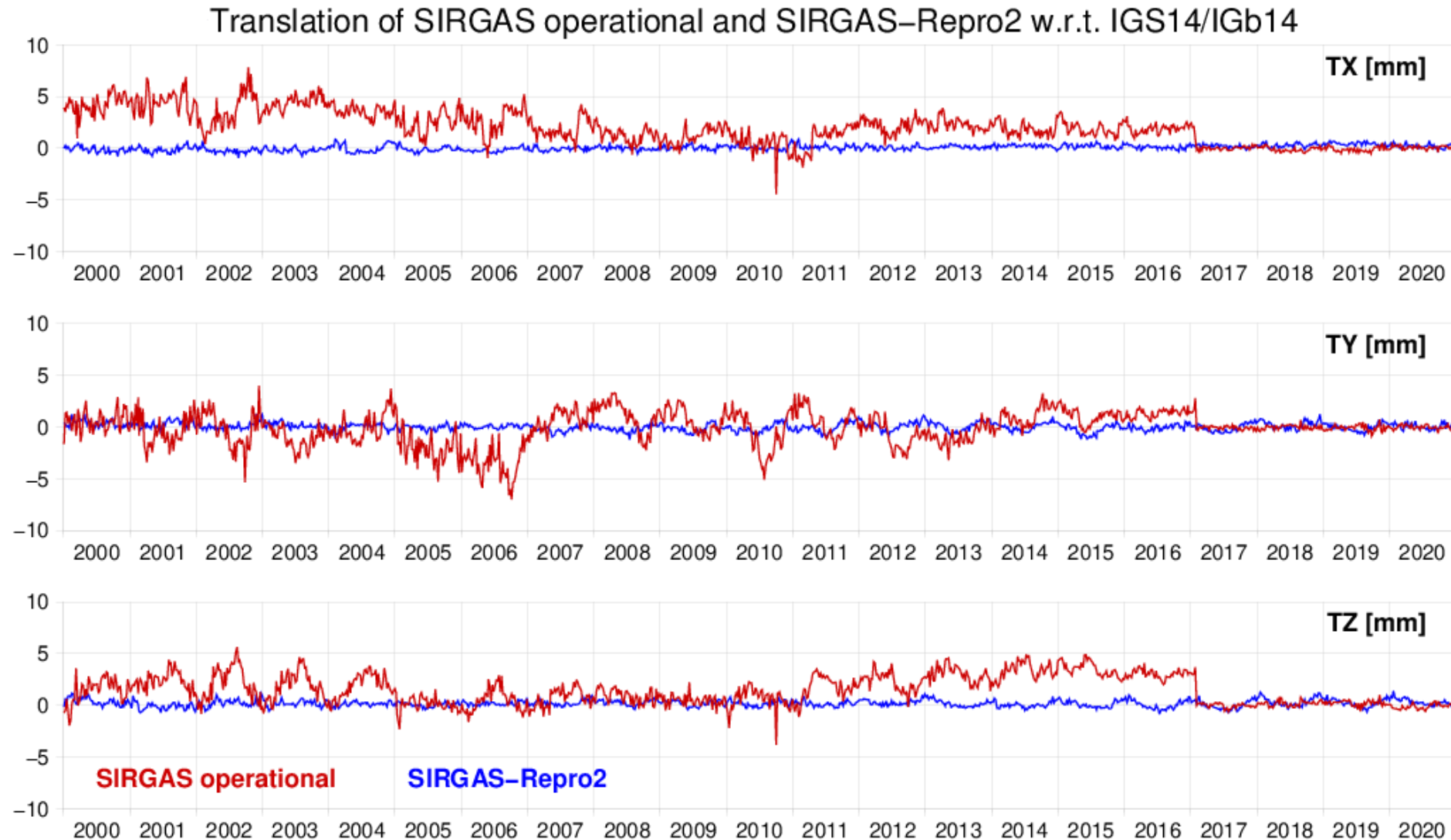
- Coordenadas de referencia: coordenadas semanales del IGS ([ig2yyPwww.snx](#), [igsyyPwww.snx](#))
- Estaciones de referencia: estaciones IGS14/IGb14
- Resultados: [si2Pwww.crd](#), [snx](#), [sum](#)



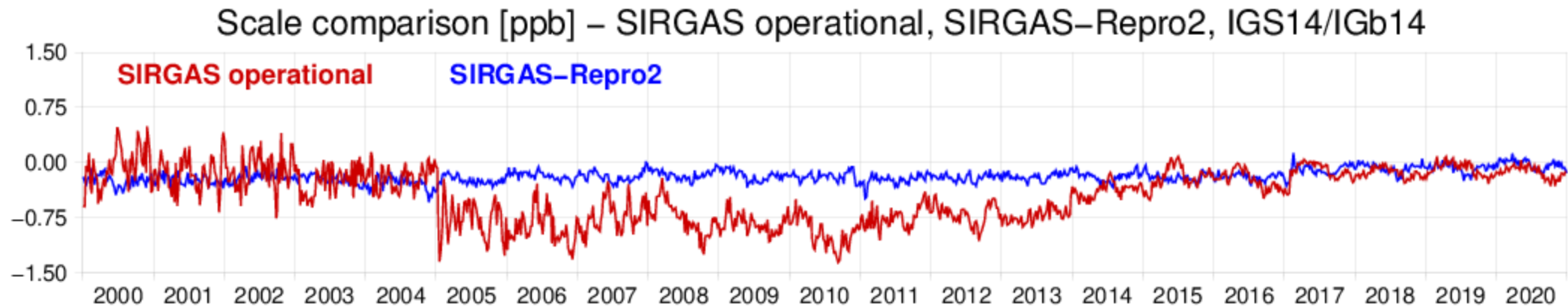
## Cálculo de una solución acumulada (mutianual)

- Análisis de series de tiempo
- Coordenadas de referencia: posiciones y velocidades de [IGb14.snx](#)
- NNR + NNT con respecto a estaciones IGS14 con largos periodos y pocas discontinuidades o efectos sísmicos
- Resultados: [SIR2020.SNX](#), [CRD](#), [VEL](#), [RES](#), [PSD](#), [SUM](#)

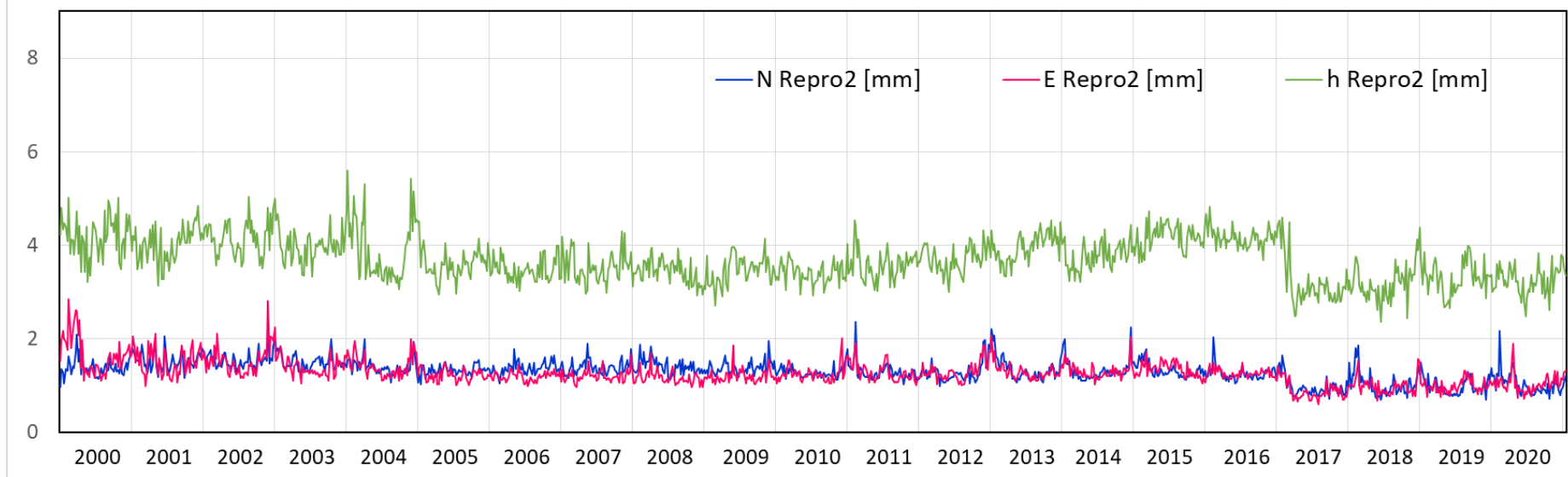
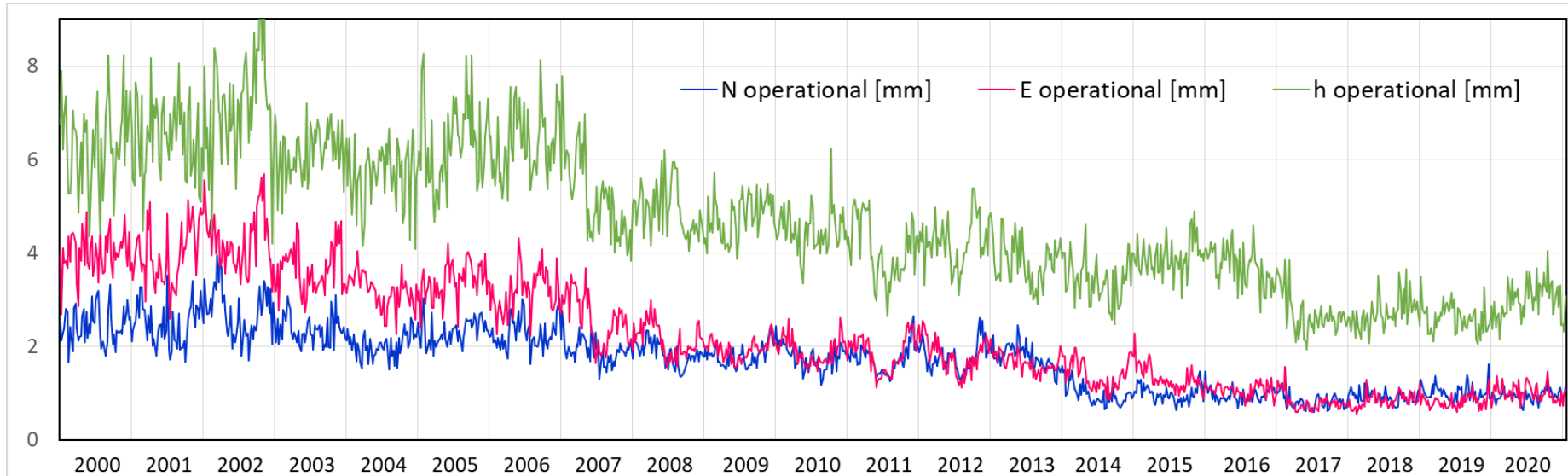
# Comparación soluciones semanales operacionales y SIRGAS-Repro2



# Comparación soluciones semanales operacionales y SIRGAS-Repro2

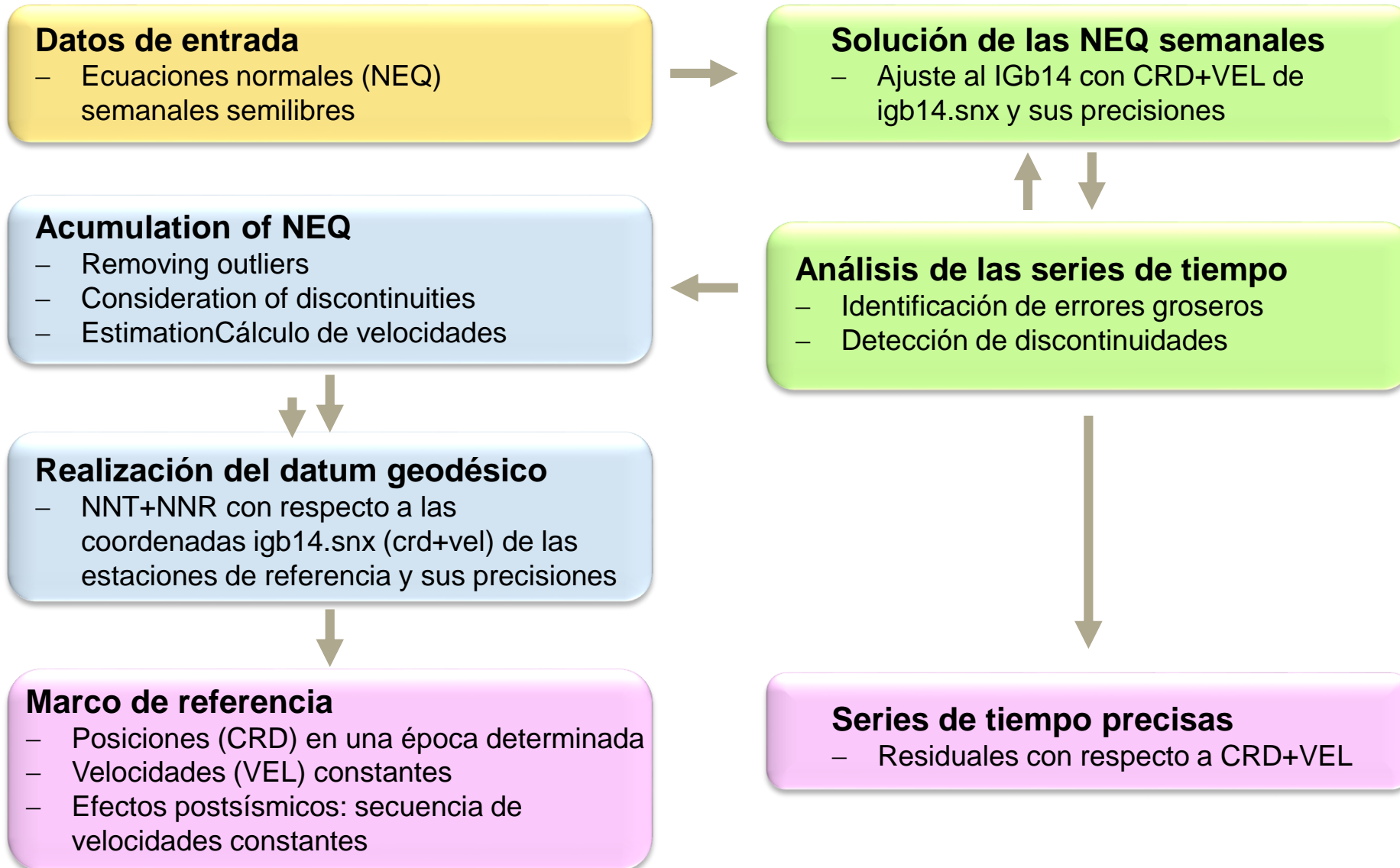


# Comparación soluciones semanales operacionales y SIRGAS-Repro2

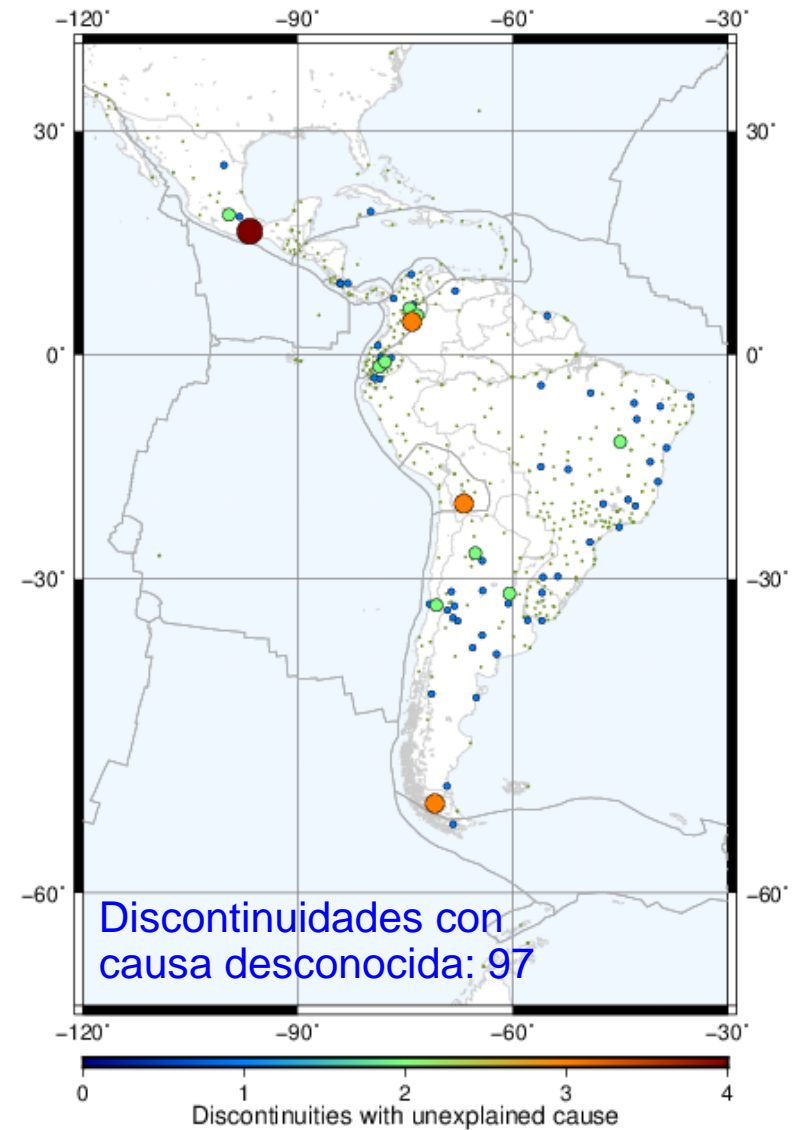
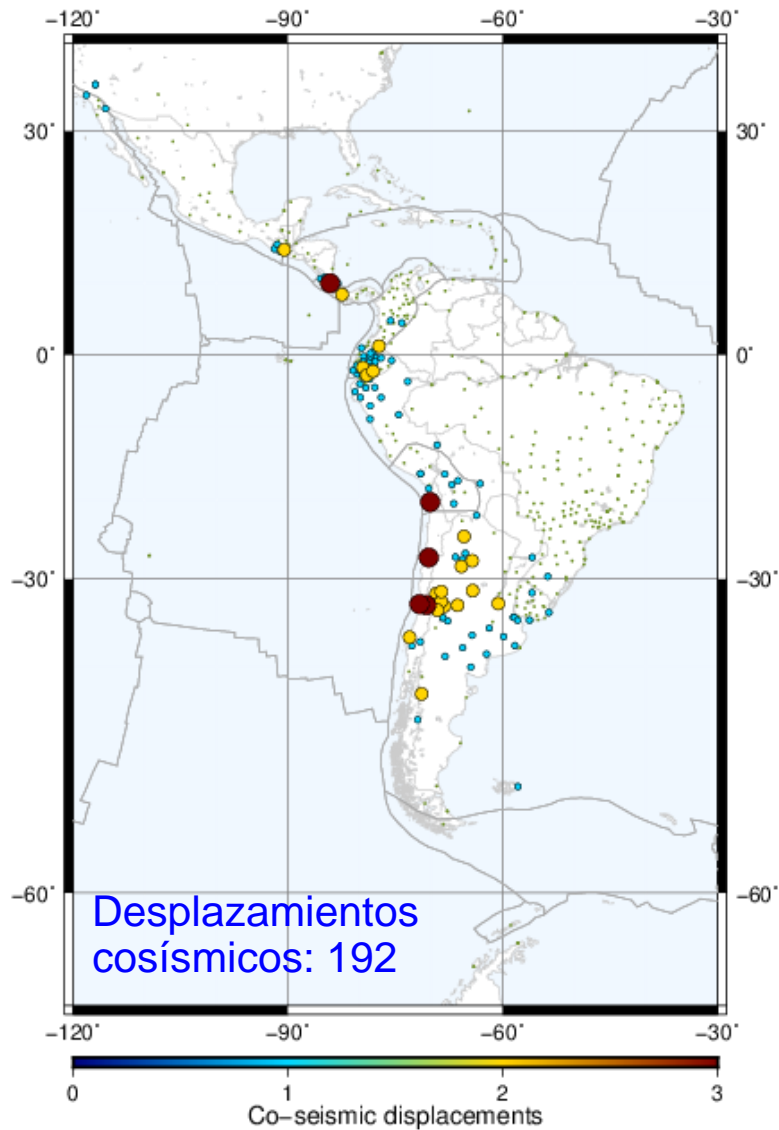
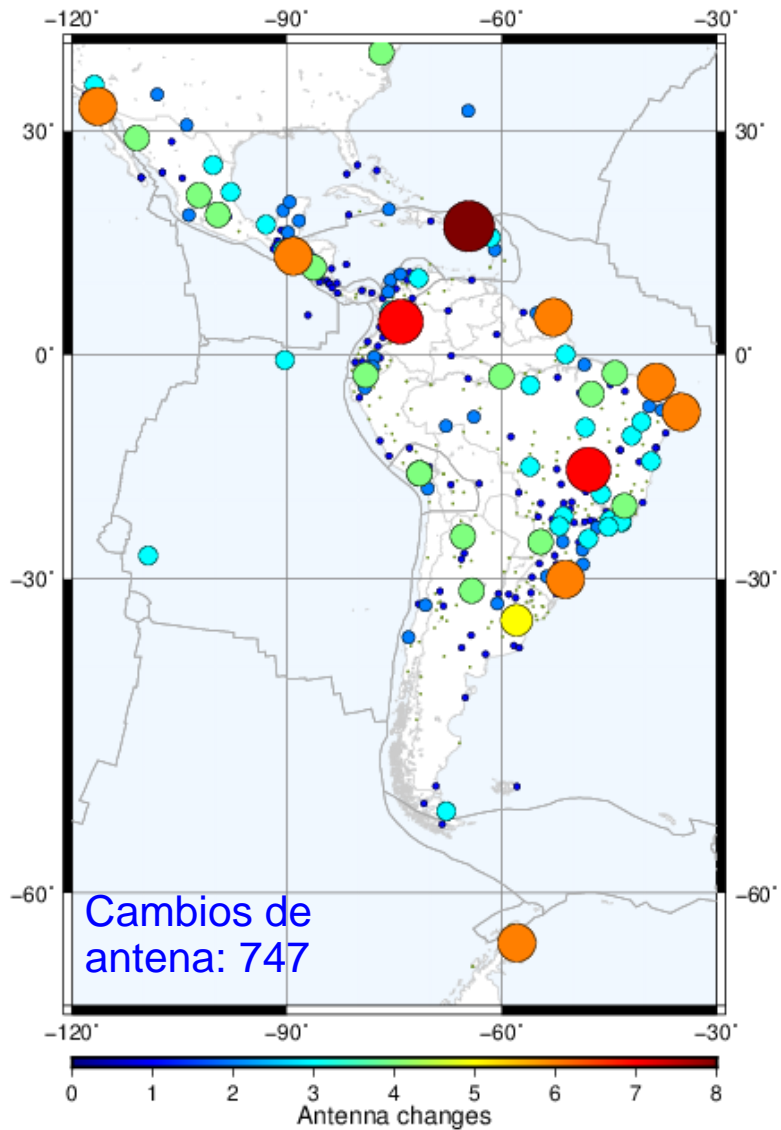


Valores RMS de las diferencias entre coordenadas semanales SIRGAS operacional (transformadas a IGS14/IGb14) y SIRGAS-Repro2 con respecto a las coordenadas semanales de las estaciones IGS en IGS14/IGb14

# Solución multianual preliminar

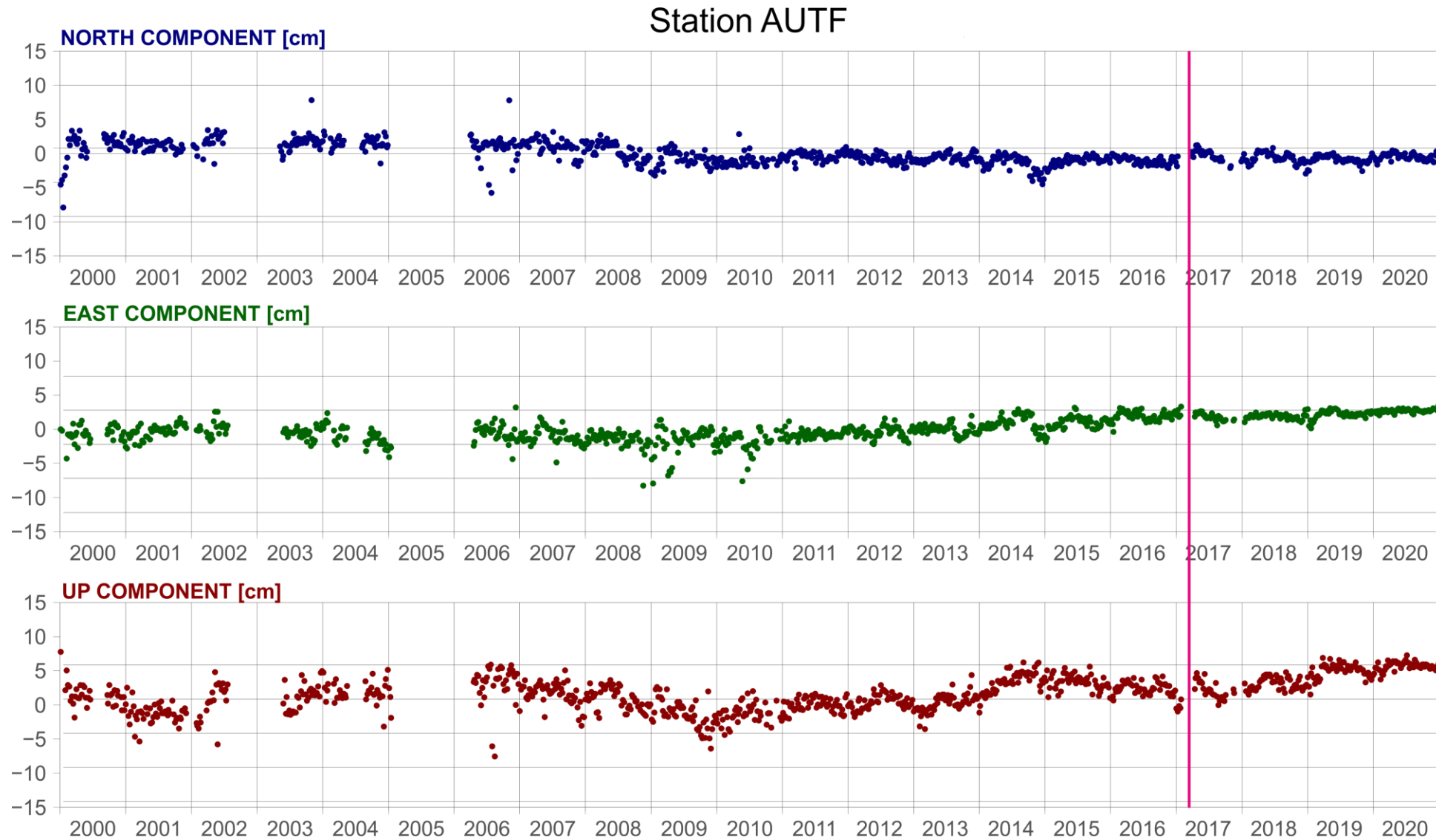


# Discontinuidades (1,036)

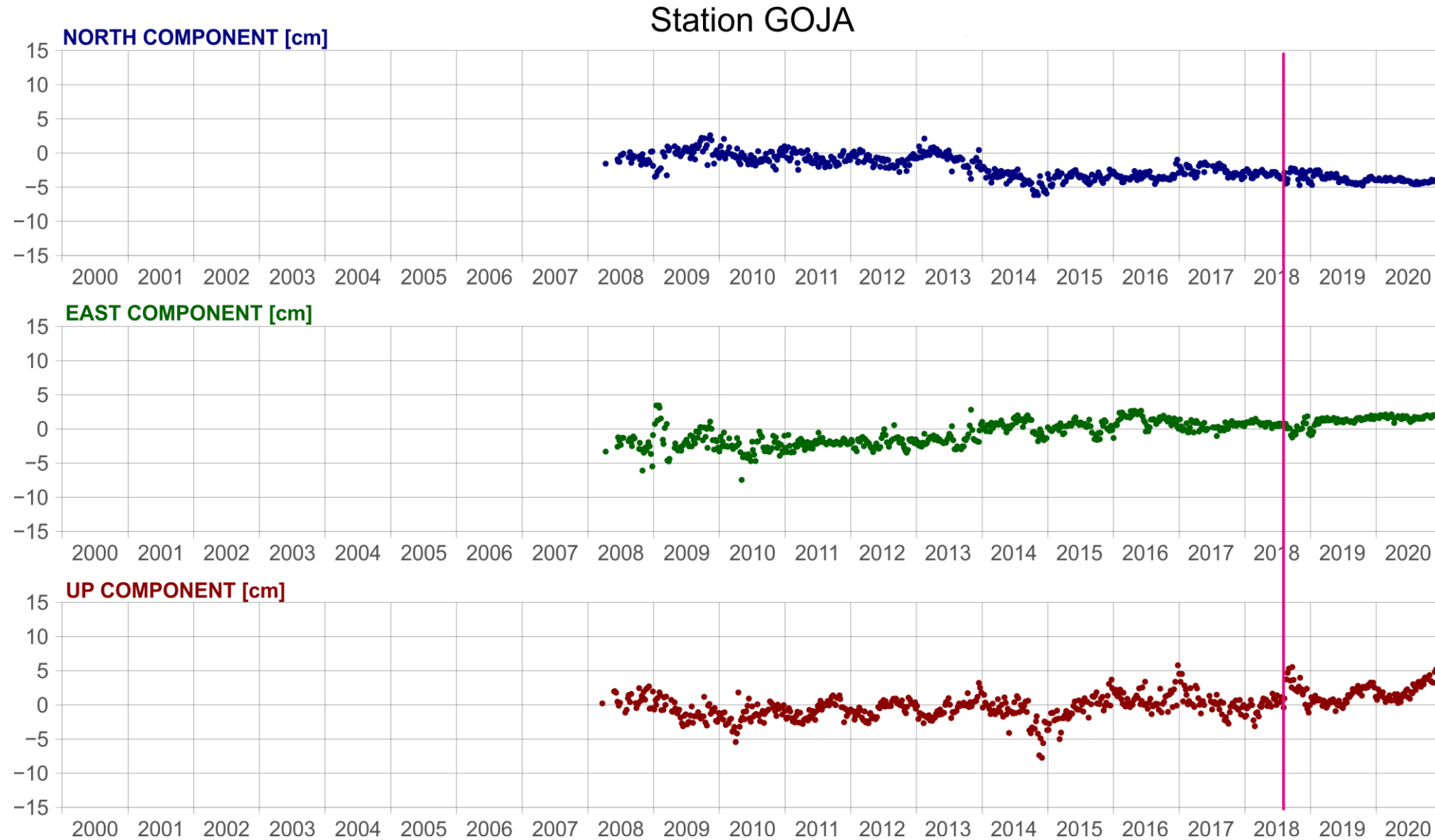




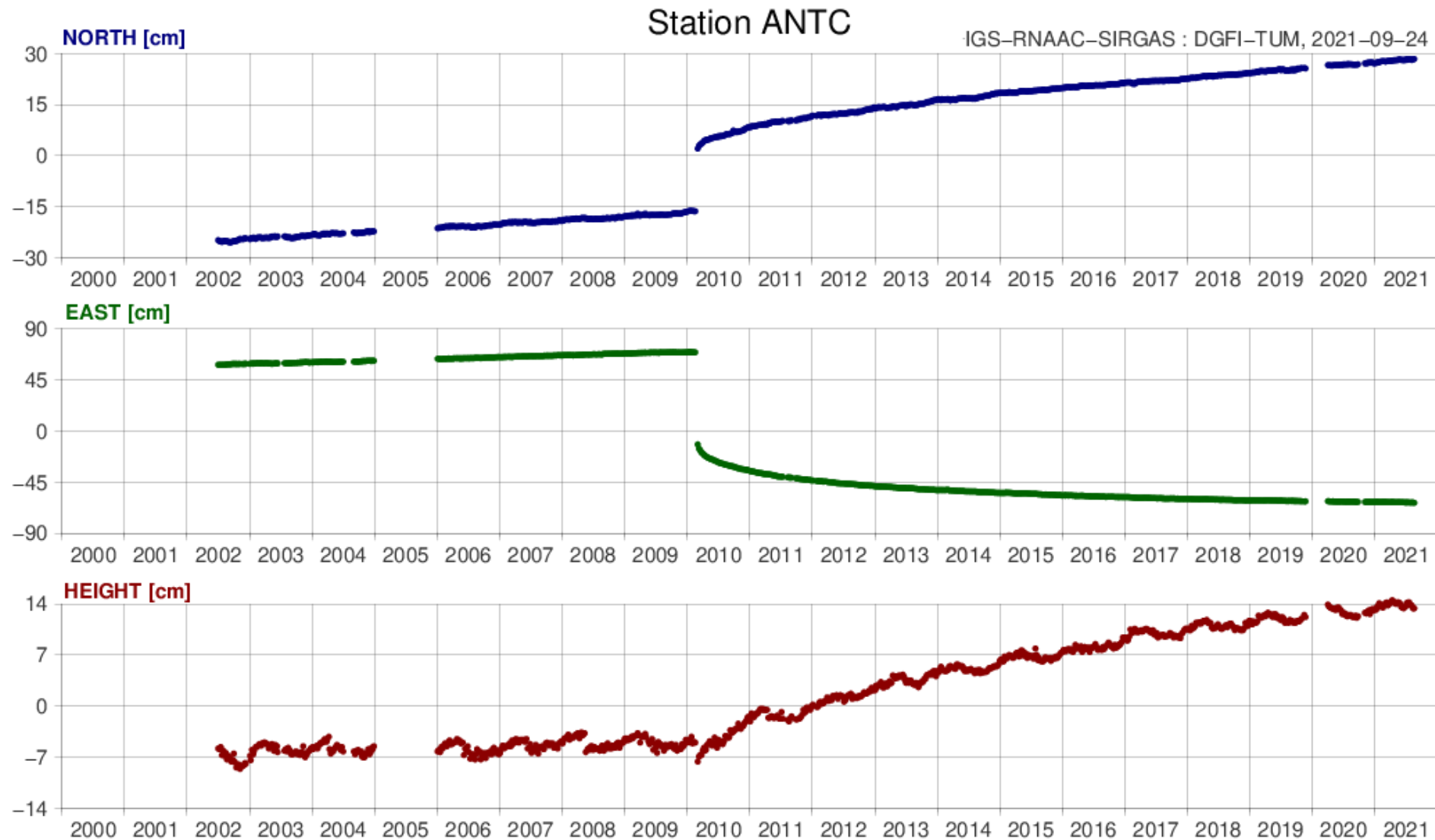
# Discontinuidades



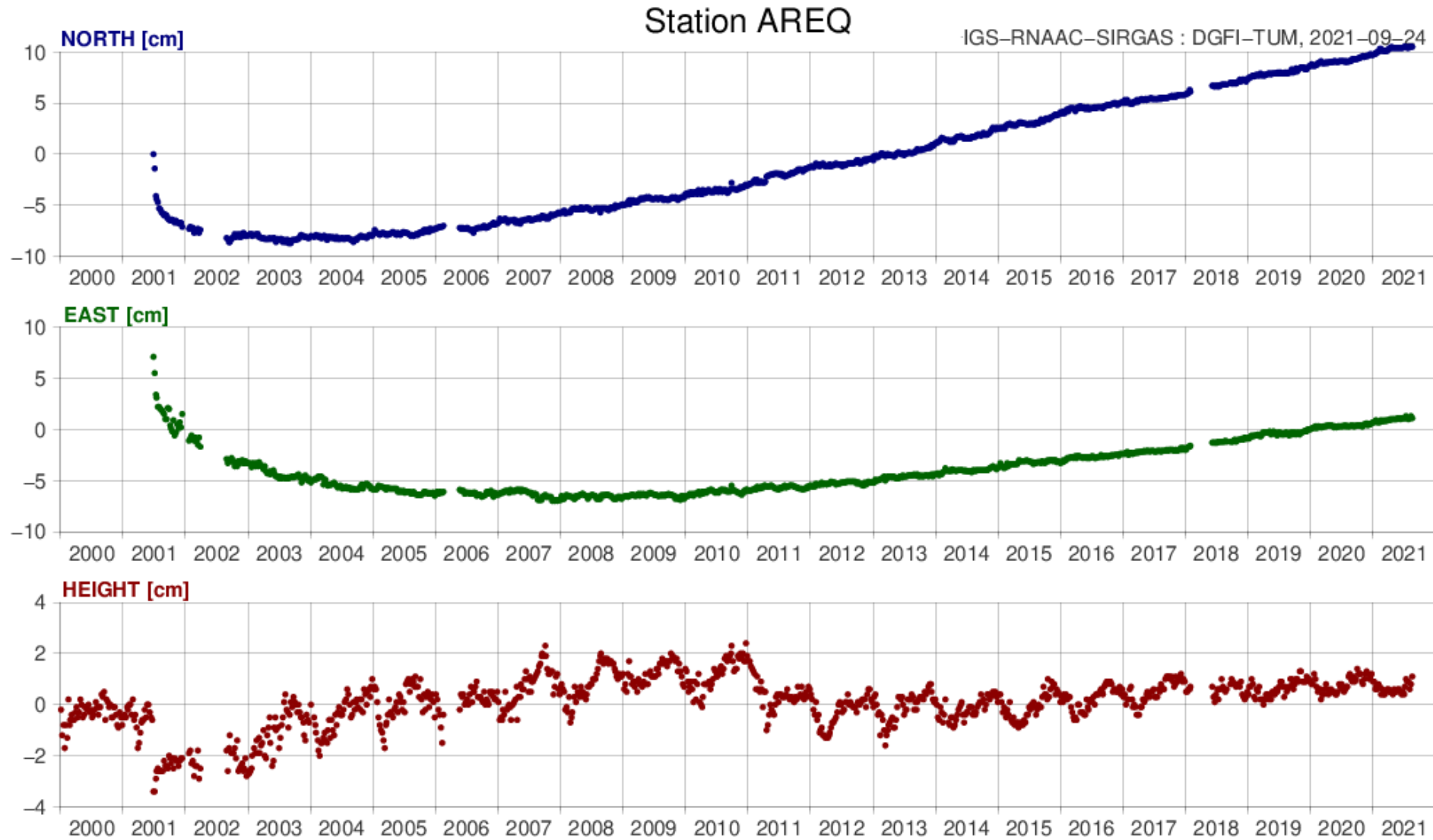
# Discontinuidades



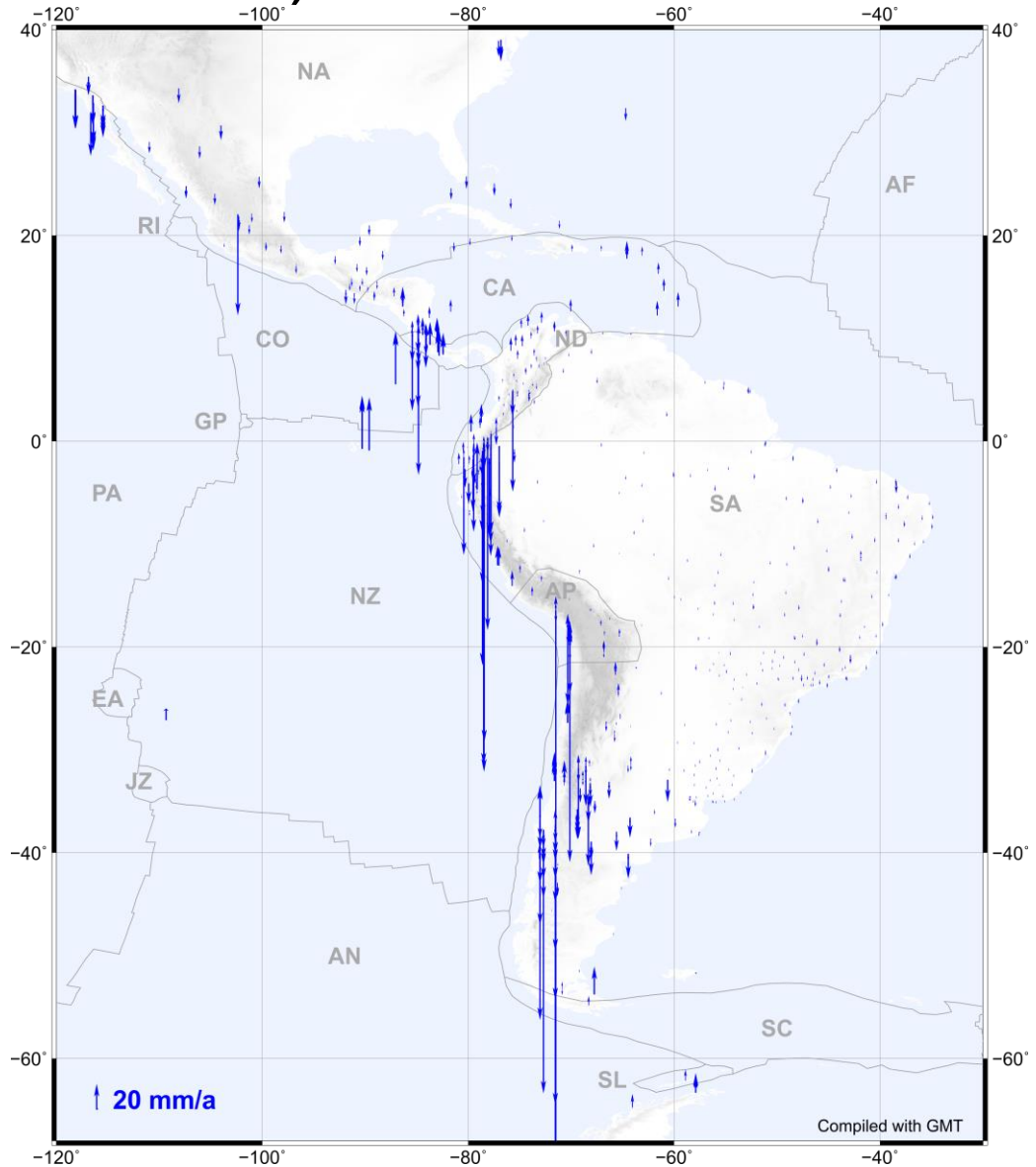
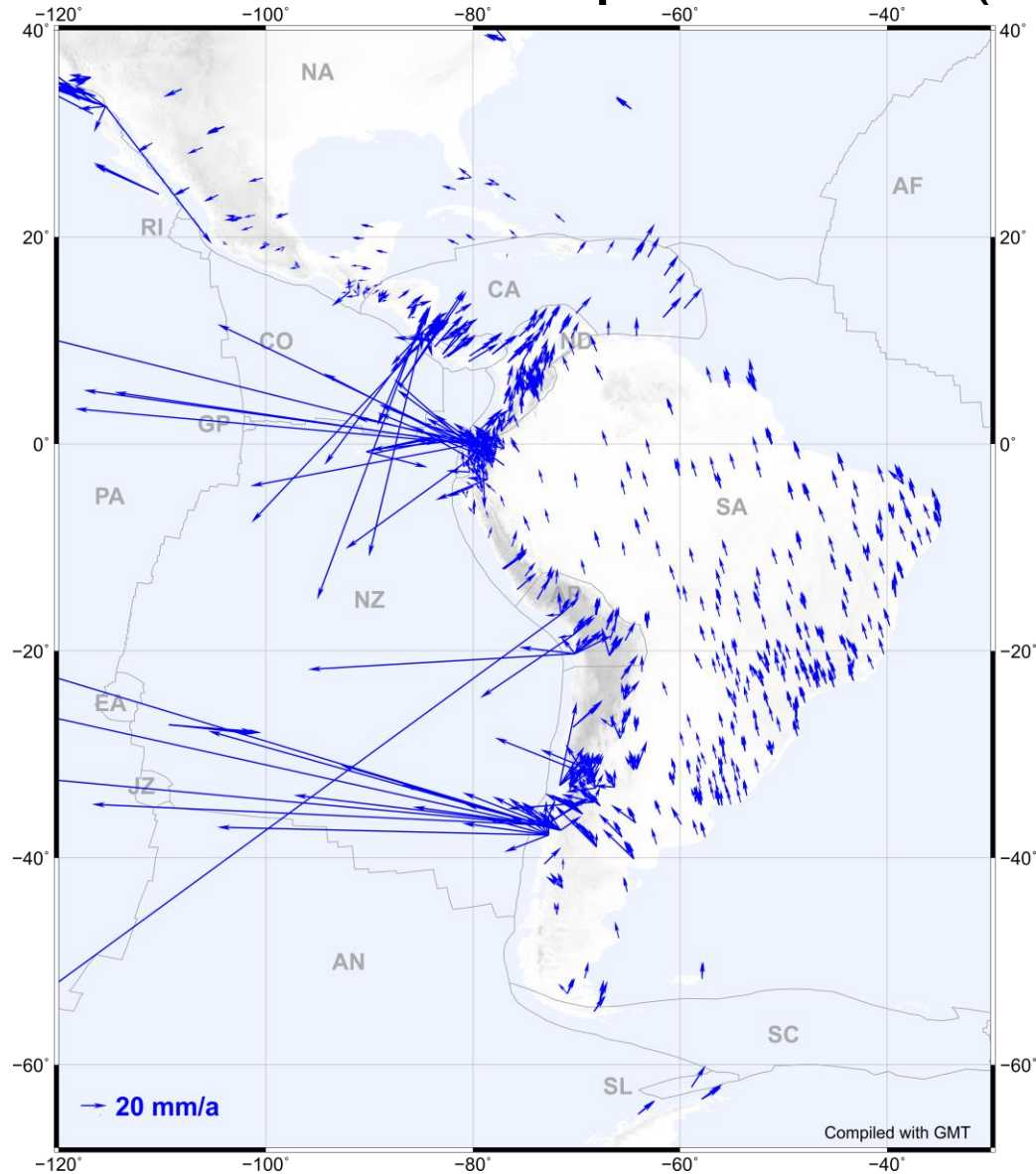
# Discontinuidades



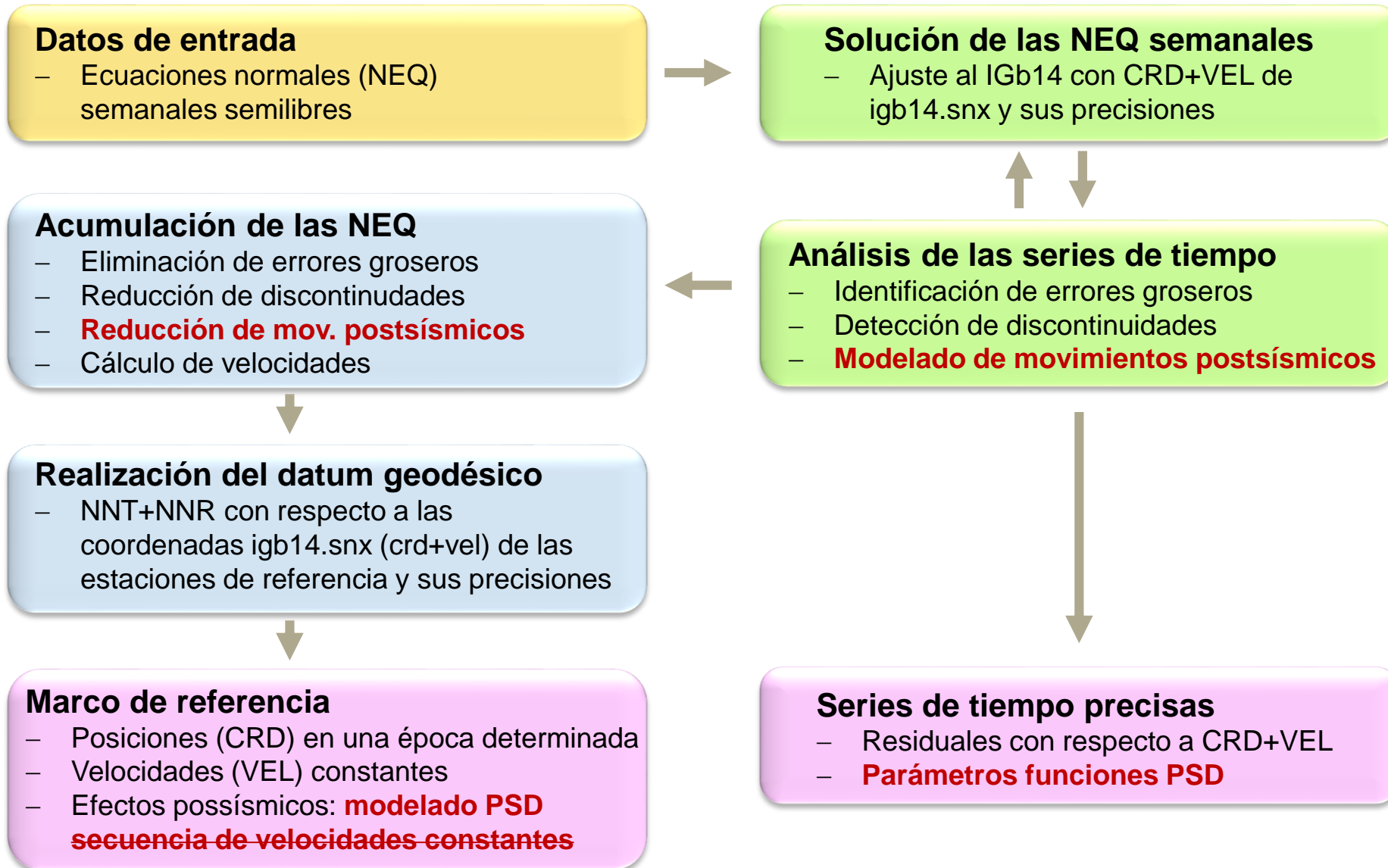
# Discontinuidades



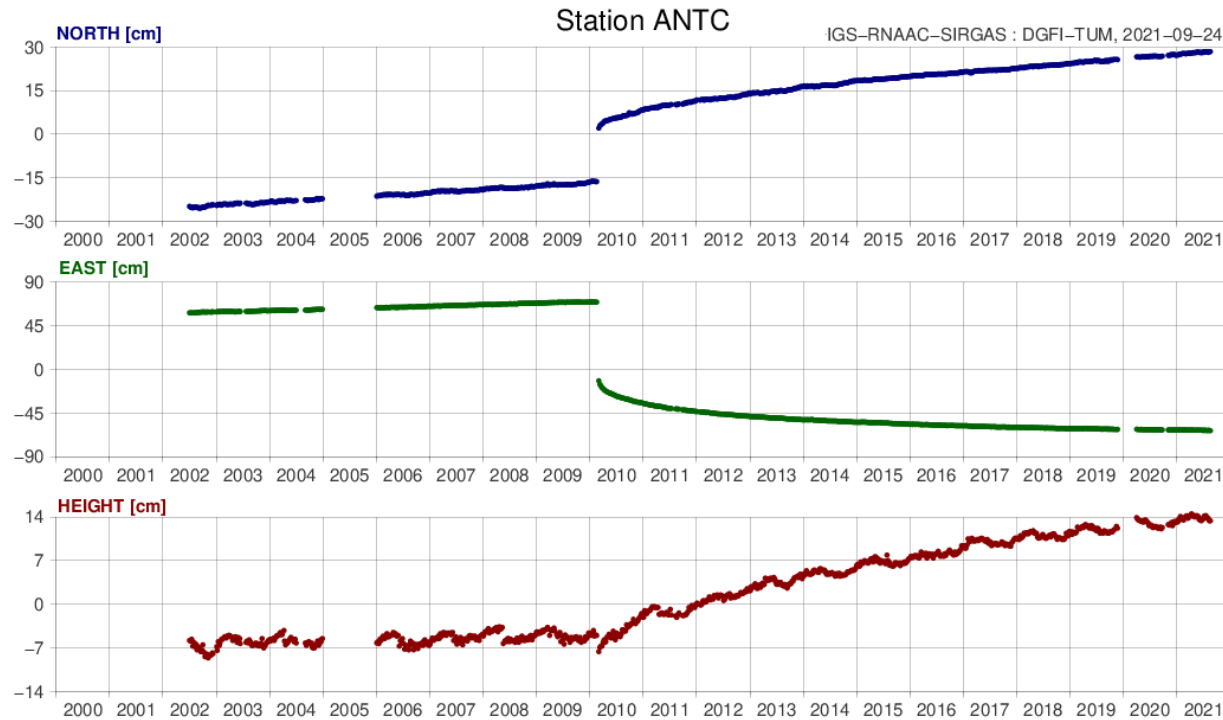
# Solución multianual preliminar (SIR2020-P)



# Refinamiento solución multianual



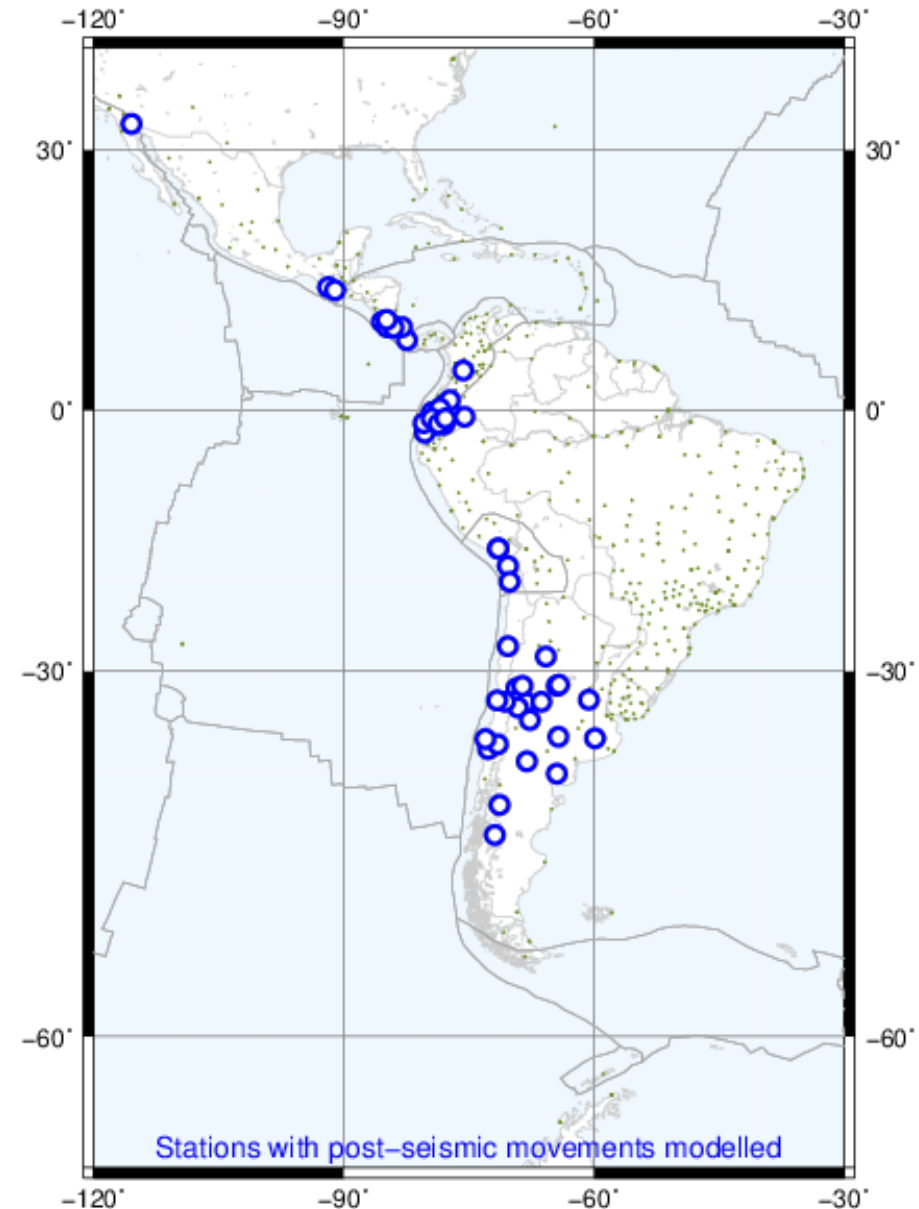
# Refinamiento solución multianual



$$\delta x_{PSD}(t) = A_i \cdot \log\left(1 + \frac{\Delta t}{\tau_i}\right) + A_e \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau_i}\right)\right)$$

$$\delta x_{PSD}(t) = \sum_{i=1}^2 A_i \cdot \log\left(1 + \frac{\Delta t}{\tau_i}\right)$$

$A$  : amplitud  
 $\tau$  : duración efecto postsísmico  
 $\Delta t$  : diferencia de tiempo con respecto al momento de ocurrencia del sismo.



# Qué sigue?

- Una vez se hayan modelado satisfactoriamente los movimientos postsísmicos, los mismos serán removidos de las ecuaciones normales y se calculará una solución multianual refinada (con velocidades sobre periodos largos)
- Las velocidades de las estaciones para los últimos segmentos de las series de tiempo serán utilizadas para calcular una nueva versión de VEMOS (Velocity Model for SIRGAS)
- La solución actual cubre hasta el 02-01-2021. Ecuaciones normales para semanas posteriores serán procesadas utilizando la misma configuración de modo que la solución SIR2020 pueda ser extendida en el tiempo (frecuencia anual).
- Los resultados serán presentados en términos de:
  - **SIRGAS2020.SNX**: solución y matriz varianza-covarianza con posiciones y velocidades
  - **SIRGAS2020.CRD**: Coordenadas Cartesianas geocéntricas y elipsoidales con indicadores de precisión @ 2010.0
  - **SIRGAS2020.VEL**: Velocidades en coordenadas Cartesianas geocéntricas y NEh con indicadores de precisión
  - **SIRGAS2020.PSD**: Parámetros de las funciones log y exp usadas en el modelado de los movimientos postsísmicos (XYZ, NEh)
  - **SIRGAS2020.RES**: Series de tiempo residuales con respecto a CRD+VEL+PSD
  - **si2Pwww.crd, sum**: Posiciones semanales
  - **\$stat.XYZ, NEh**: Series de tiempo *absolutas* por estación en coordenadas Cartesianas geocéntricas y elipsoidales
  - **VEMOS2020**: modelo de velocidades horizontal y *un primer intento* para la componente vertical.