



**IBGE**



## Simposio SIRGAS 2018

# Mantenimiento del marco de referencia para Latinoamérica mediante la red SIRGAS-CON

<sup>1</sup>Víctor Cioce, <sup>2</sup>Sonia Alves, <sup>3</sup>Mauricio Gende

*vcioce@fing.luz.edu.ve*

<sup>1</sup>Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela

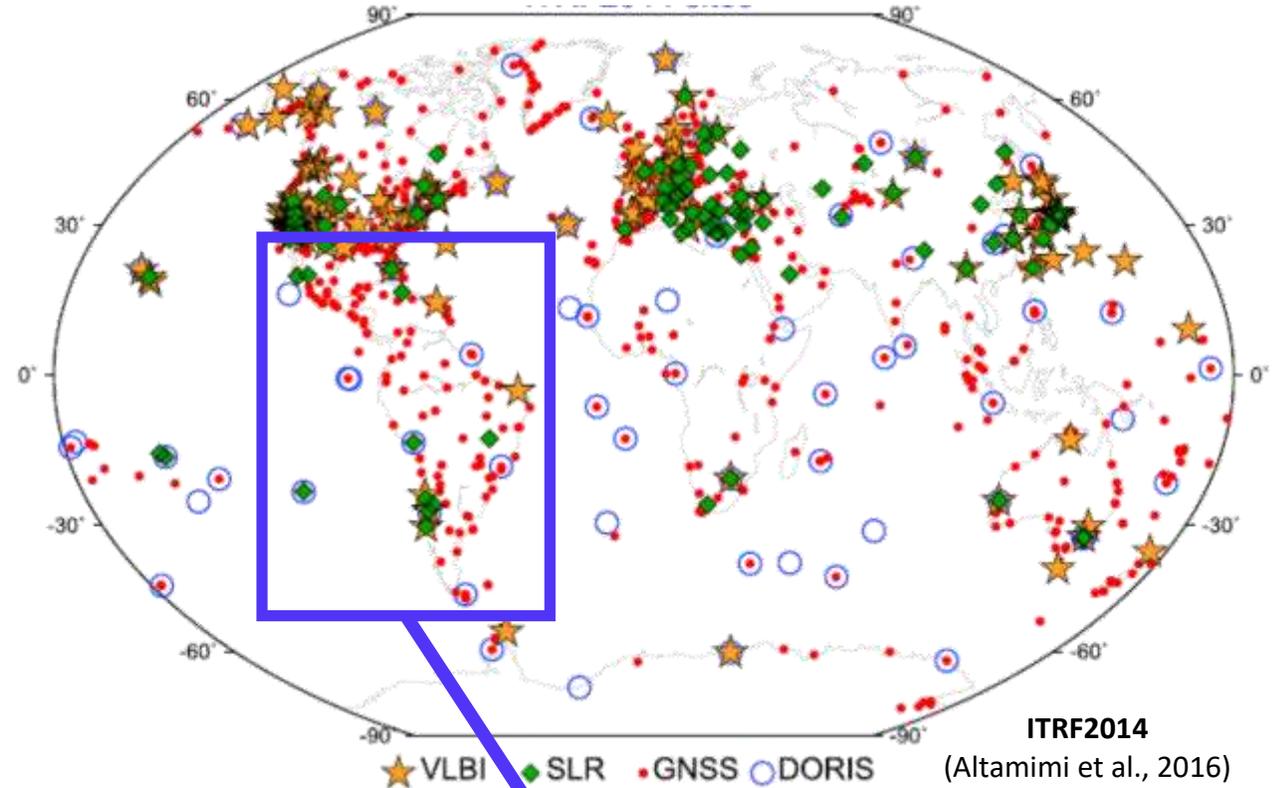
<sup>2</sup>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, Brasil

<sup>3</sup>Universidad Nacional de La Plata (UNLP). La Plata, Argentina

**9 al 12 de octubre, 2018**  
**Aguascalientes - México**

## 1. Introducción

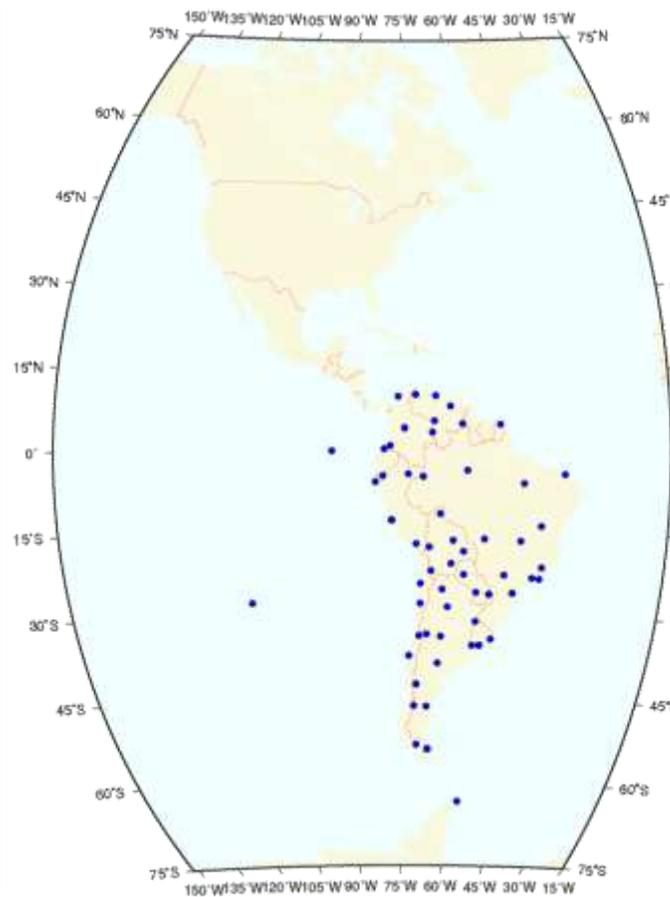
- Aplicaciones científicas y técnicas de la geodesia, geofísica y astronomía encuentran en el ITRF (International Terrestrial Reference Frame) un marco de referencia terrestre consistente y confiable.
- El ITRF como marco global, es densificado en Latinoamérica a través de SIRGAS.
- Esta densificación se ha logrado con el establecimiento de una red GNSS (Global Navigation Satellite Systems) de alta precisión.
- Actualmente se trata de una red de operación continua que se extiende por todo el continente, denominada SIRGAS-CON (SIRGAS-Continuously Operating Network).
- Se exponen sus características, evolución y estado actual.



### SIRGAS-CON

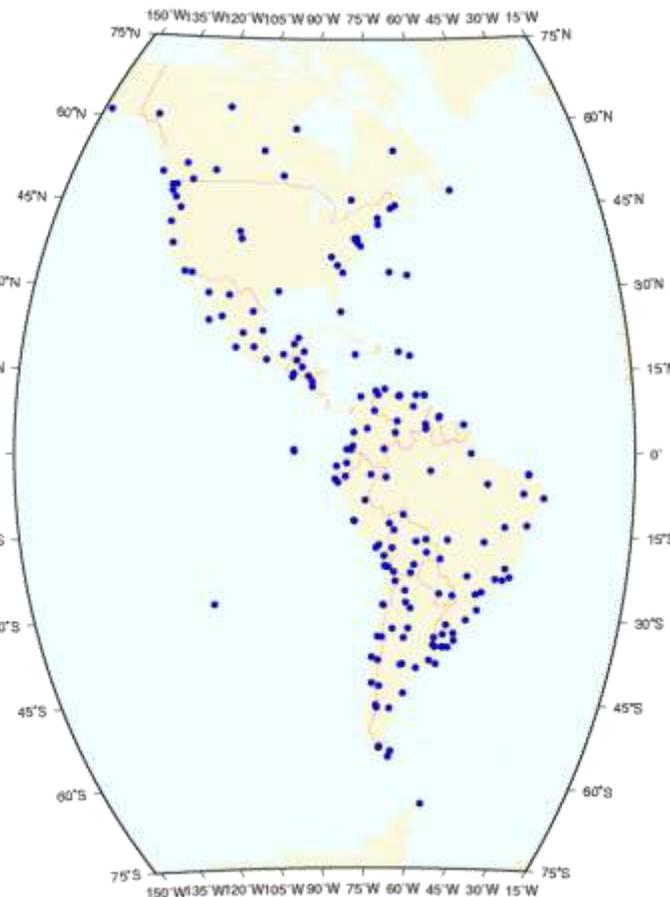
(SIRGAS-Continuously Operating Network)

## 2. Materializaciones SIRGAS



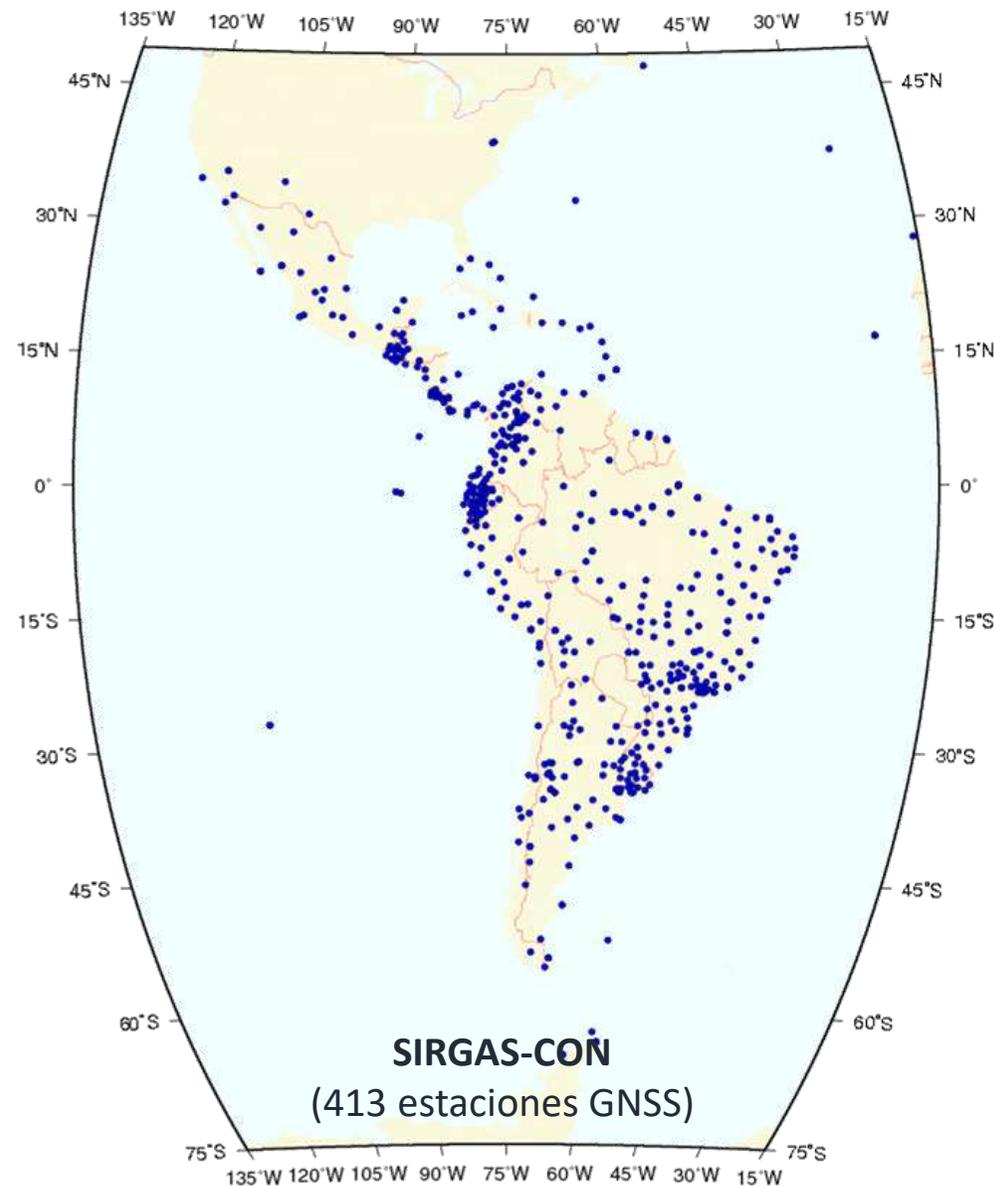
**SIRGAS95**

(red pasiva con 58 estaciones GPS referida al ITRF94:1995.4)



**SIRGAS2000**

(red pasiva con 184 estaciones GPS referida al ITRF2000:2000.0)

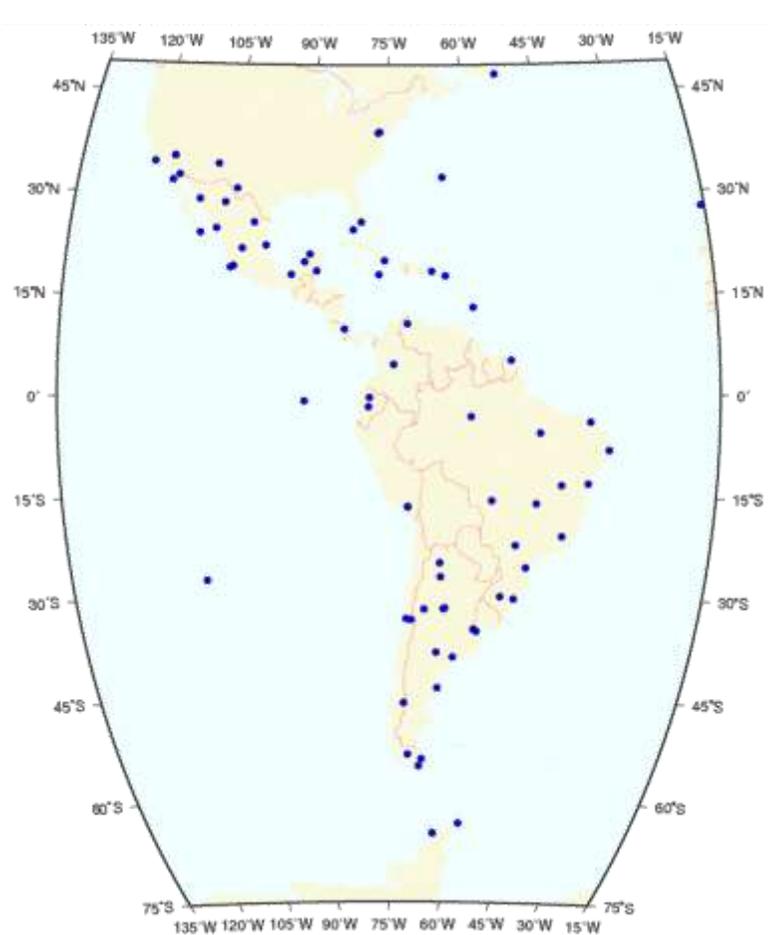


**SIRGAS-CON**

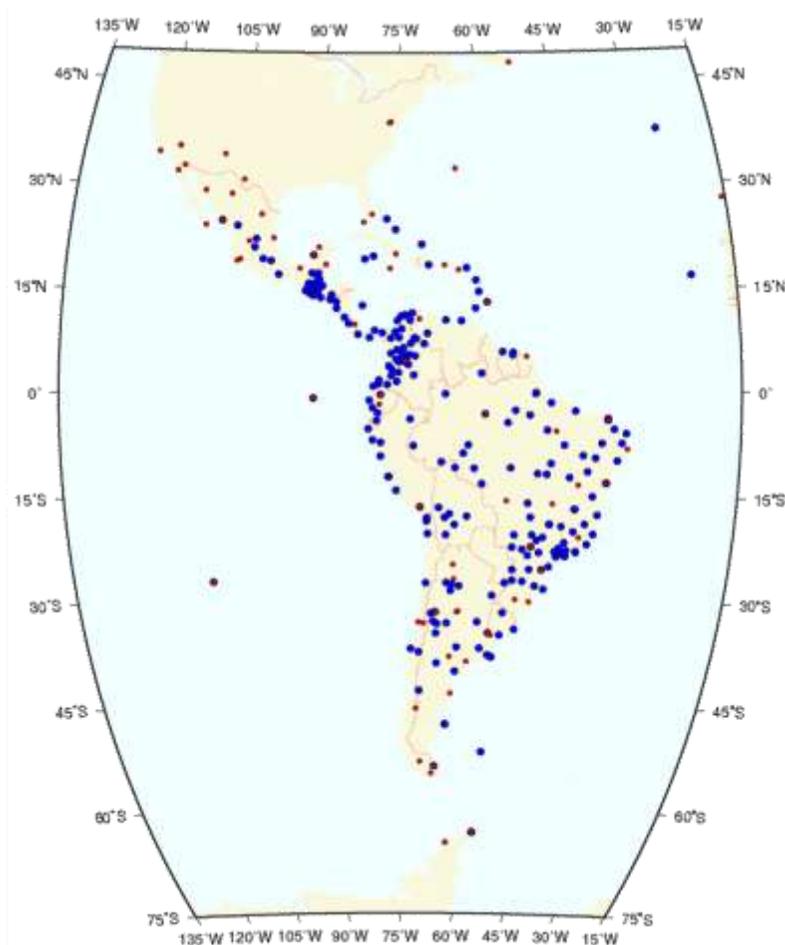
(413 estaciones GNSS)

### 3. La red SIRGAS-CON

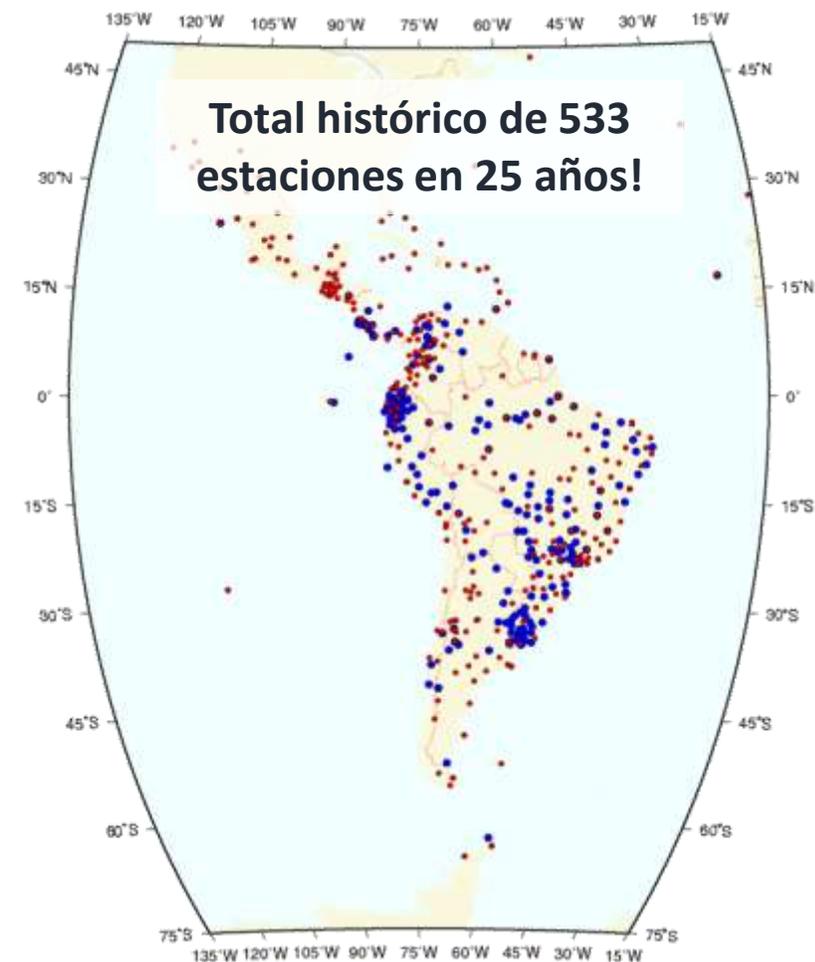
#### Evolución de la red de operación continua



1990s → 82 estaciones



2000s → +235 estaciones

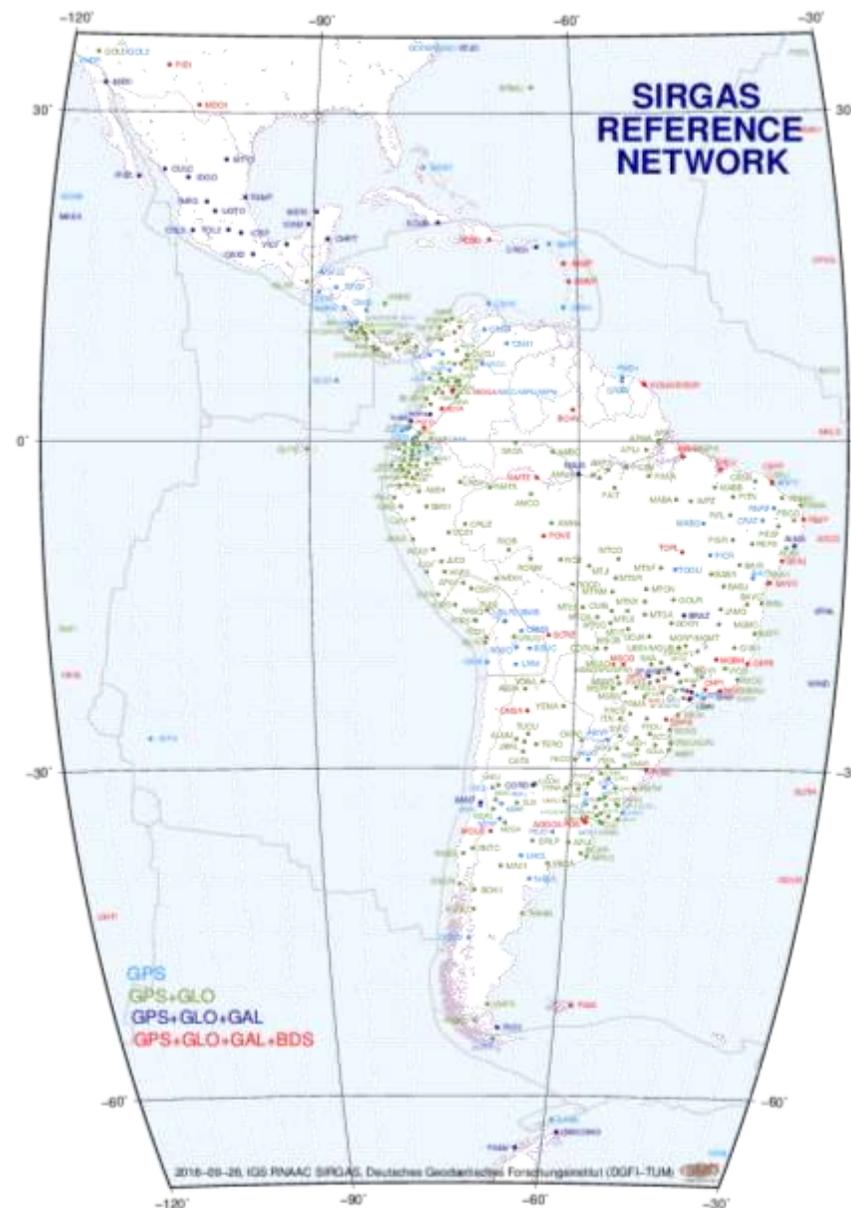


2010s → +216 estaciones

- Las estaciones son operadas por diversas instituciones académicas, de investigación y gubernamentales.
- SIRGAS-CON hoy día está integrada por 413 estaciones GNSS.

413		GPS
339	rastrean	GLONASS
78	→	Galileo
47		BeiDou
44		SBAS
10		QZSS
1		NavIC

- Se incluyen 31 estaciones que pertenecen a la red del IGS (International GNSS Service).
- Para el periodo comprendido entre octubre-2017 a octubre-2018 se registraron 35 nuevas inclusiones.



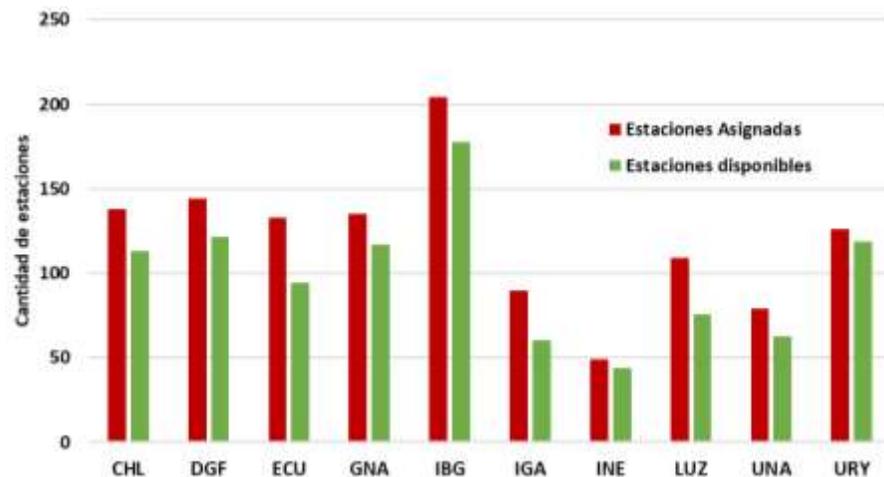
### 3. Funciones del Grupo de Trabajo I

- El Grupo de Trabajo I (Sistema de Referencia) de SIRGAS tiene la responsabilidad de mantener el marco de referencia garantizando:
  - **Estabilidad a largo plazo (i.e. misma calidad en cualquier momento)**
  - **Consistencia homogénea (i.e. misma calidad en cualquier lugar)**
- Las actividades se desarrollan siguiendo una estructura organizativa bien definida, brindando sustento a los otros Grupos de Trabajo SIRGAS (i.e. Ámbito Nacional y Datum Vertical).
- Una línea de acción primaria para el mantenimiento del marco de referencia es el procesamiento regular de la red SIRGAS-CON
  - **Se aplican criterios apegados a estándares y convenciones en materia de estimación geodésica**

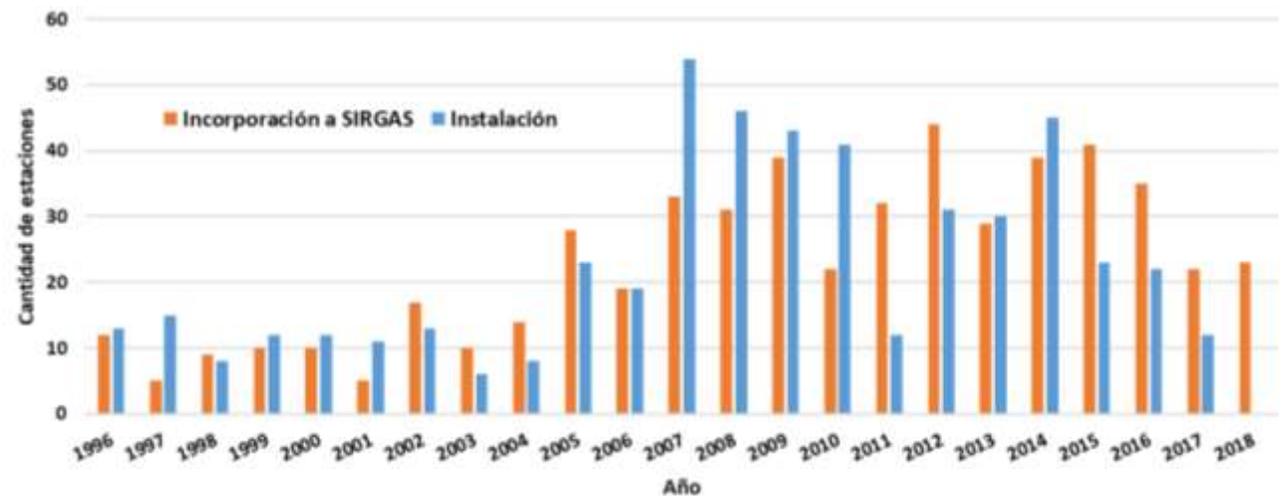


- El procesamiento está a cargo de los Centros de Análisis SIRGAS
  - 1 Centro de Análisis Asociado al IGS para SIRGAS (IGS-RNAAC-SIR), operado por el DGFI-TUM
  - 9 Centros Locales de Procesamiento
  - 2 Centros de Combinación (IBGE, DGFI-TUM)

	 <b>DGFI-TUM</b> (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut – TUM) → desde <u>junio-1996</u> en condición de IGS RNAAC SIR		 <b>IGM</b> (Instituto Geográfico Militar) → desde <u>enero-2010</u>
	 <b>IBGE</b> (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) → desde <u>agosto-2008</u>		 <b>IGN</b> (Instituto Geográfico Nacional) → desde <u>enero-2011</u>
	 <b>IGAC</b> (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) → desde <u>agosto-2008</u>		 <b>INEGI</b> (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) → desde <u>enero-2011</u>
	 <b>LUZ</b> (Universidad del Zulia) → desde <u>enero-2010</u>		 <b>IGM</b> (Instituto Geográfico Militar) → desde <u>enero-2013</u>
	 <b>SGM</b> (Servicio Geográfico Militar) → desde <u>enero-2010</u>		 <b>UNA</b> (Universidad Nacional) → desde <u>enero-2013</u>



Cantidad de estaciones distribuidas entre los Centros de Procesamiento

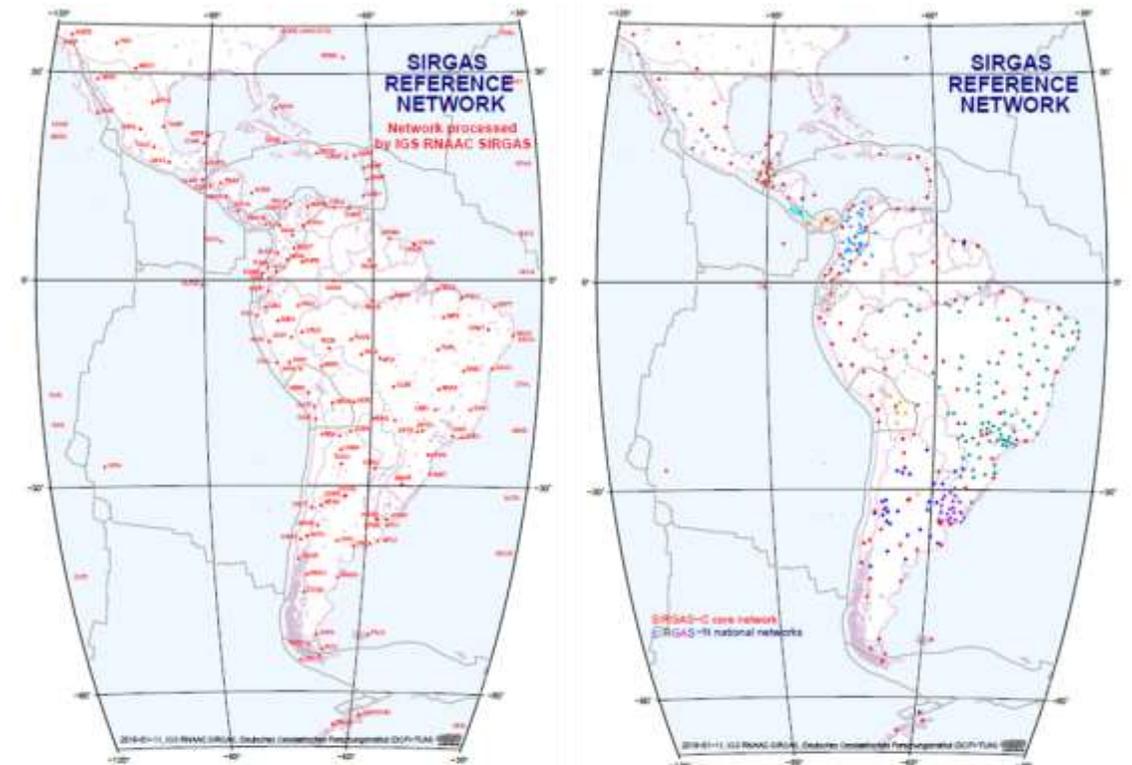


Crecimiento anual de SIRGAS-CON

## 4. Productos SIRGAS-CON

- Las condiciones geodinámicas y geofísicas de Latinoamérica justifican el procesamiento semanal de la red.
- Dos plataformas de procesamiento en sus versiones más recientes son empleadas:
  - **Bernese GNSS Software**
  - **GAMIT-GLOBK**
- La red es dividida en dos arreglos: continental y nacional

RMS VALUES		Estadísticas generales de la combinación semanal SIRGAS-CON			
PC	No. Stations	RMS [mm]	Chi**2/DOF	Variance factor	
CHL	117	1.55	0.60	1.0	
DGF	122	1.55	0.60	1.0	
ECU	94	1.66	0.69	1.0	
GNA	121	2.00	1.00	0.8	
IBG	175	1.63	0.67	1.0	
IGA	59	1.51	0.57	1.0	
INE	43	2.00	1.00	0.8	
LUZ	71	1.55	0.60	1.0	
UNA	52	1.48	0.55	1.0	
URY	118	1.67	0.70	1.0	
===== Combination		336	1.57	0.62	----



**SIRGAS-CON C**  
(Core network)

**SIRGAS-CON N**  
(National networks)

- Cada estación SIRGAS-CON es asignada a tres Centros de Procesamiento.
- La combinación de soluciones independientes generadas por cada centro contribuyen con el poliedro global del IGS.

- Esta labor continua permite generar tres productos principales:
  - Soluciones semanales semi-libres para la combinación del poliedro global del IGS
  - Coordenadas semanales referidas al ITRF vigente y a la época de observación
  - Soluciones multianuales (e.g. SIR17P01)
- Se trata de un trabajo minucioso, que brinda resultados efectivos gracias al desarrollo de capacidades en los países/instituciones que operan los centros de procesamiento.

**Productos que son de utilidad para**



**Proveer un marco de referencia estable y preciso, accesible a nivel regional, nacional y local**

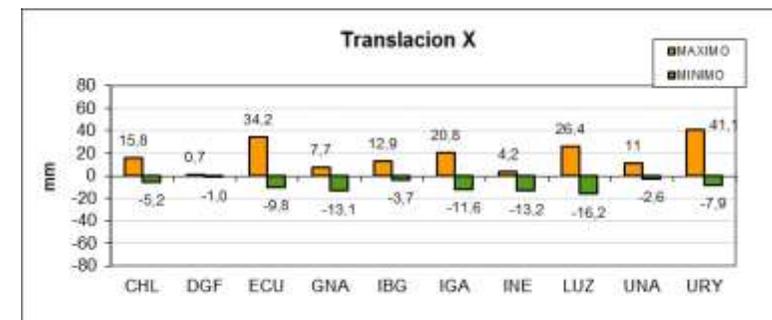
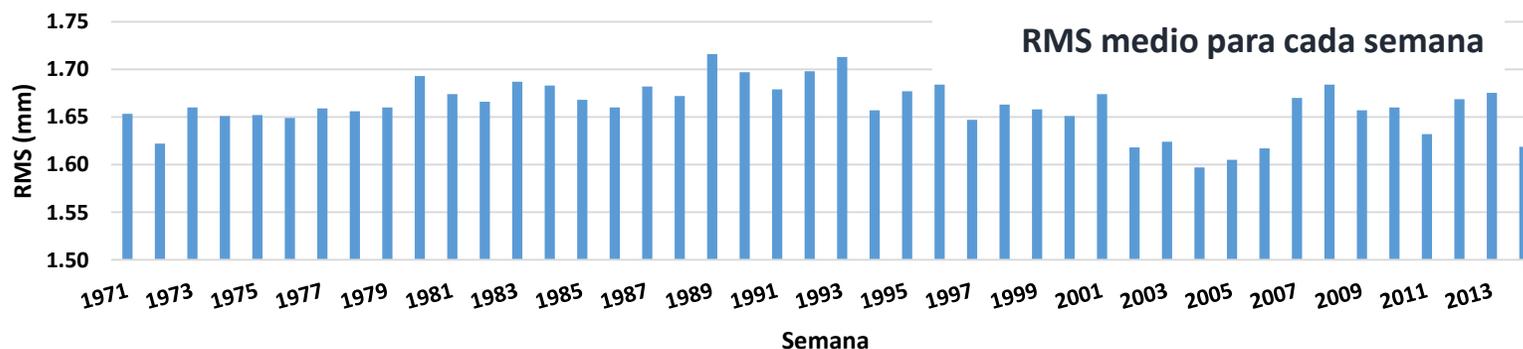
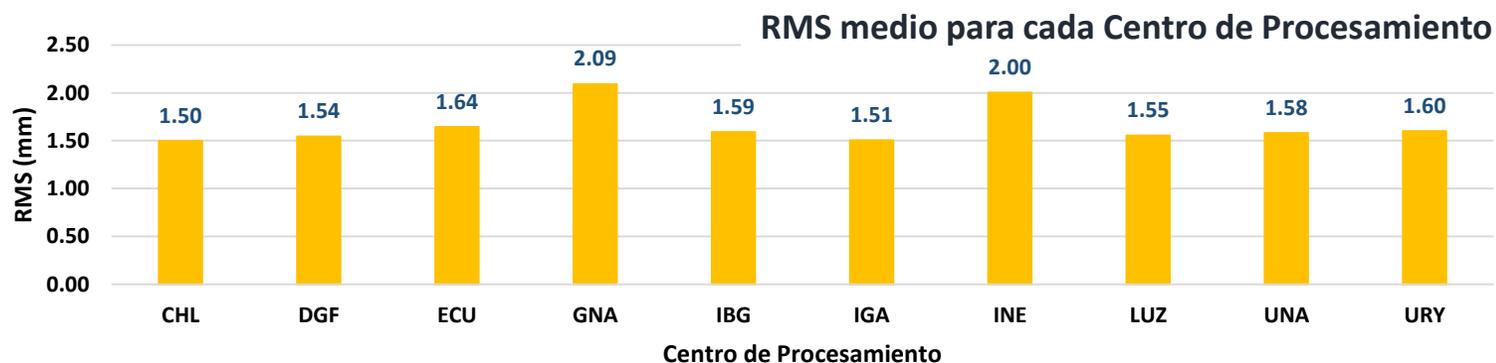
**Soportar la adquisición y tratamiento de información geoespacial haciéndola compatible globalmente**

**Contribuir con la implementación del GGRF (Global Geodetic Reference Frame) con incidencia directa para el desarrollo sostenible y estudio del Sistema Tierra**

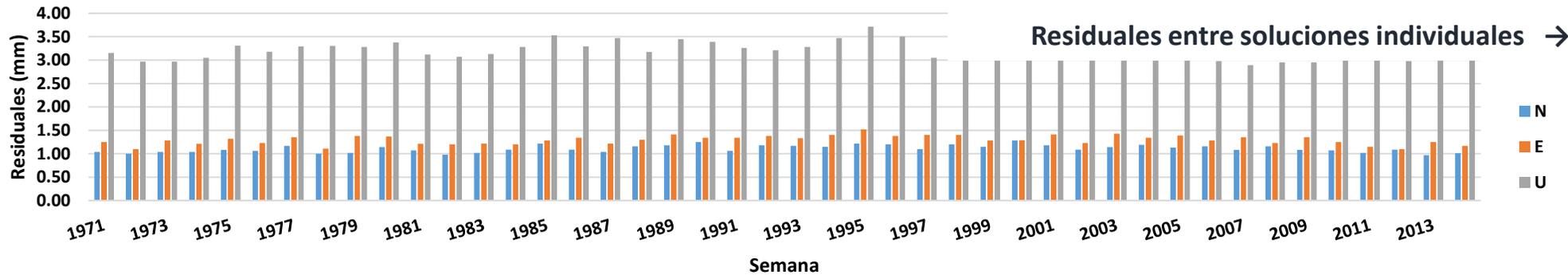
## Consistencia entre soluciones individuales, octubre-2017 a octubre-2018

- Las soluciones individuales de cada Centro de Procesamiento mantienen su consistencia luego de ser alineadas al ITRF.

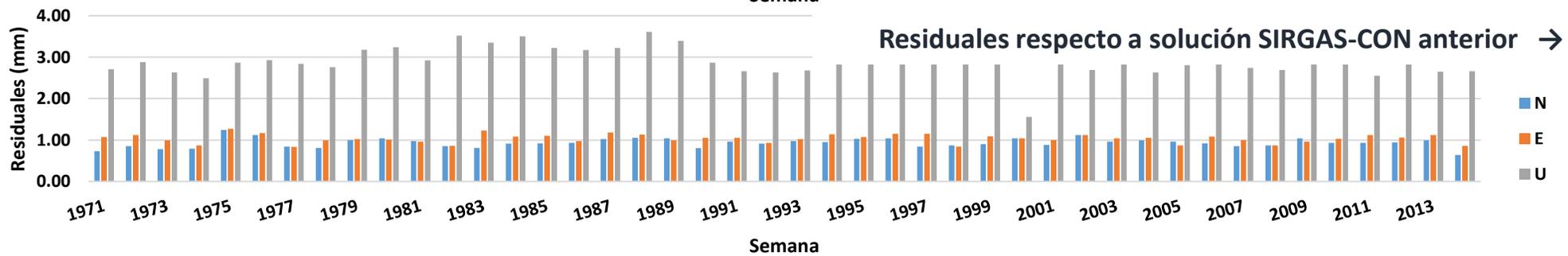
➔ ± 1,6 mm



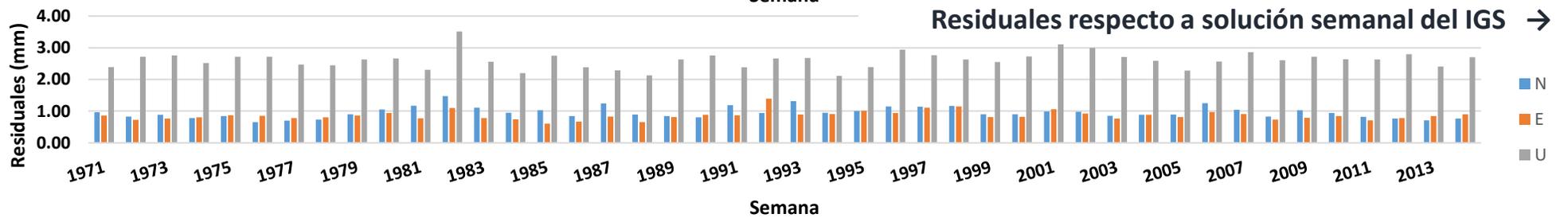
### Consistencia interna y externa de la red, octubre-2017 a octubre-2018



**Horizontal: ± 1,20 mm**  
**Vertical: ± 3,19 mm**



**Horizontal: ± 0,98 mm**  
**Vertical: ± 2,94 mm**



**Horizontal: ± 0,91 mm**  
**Vertical: ± 2,62 mm**

**Calidad de la red** →

**Horizontal: ± 1,03 mm**  
**Vertical: ± 2,92 mm**

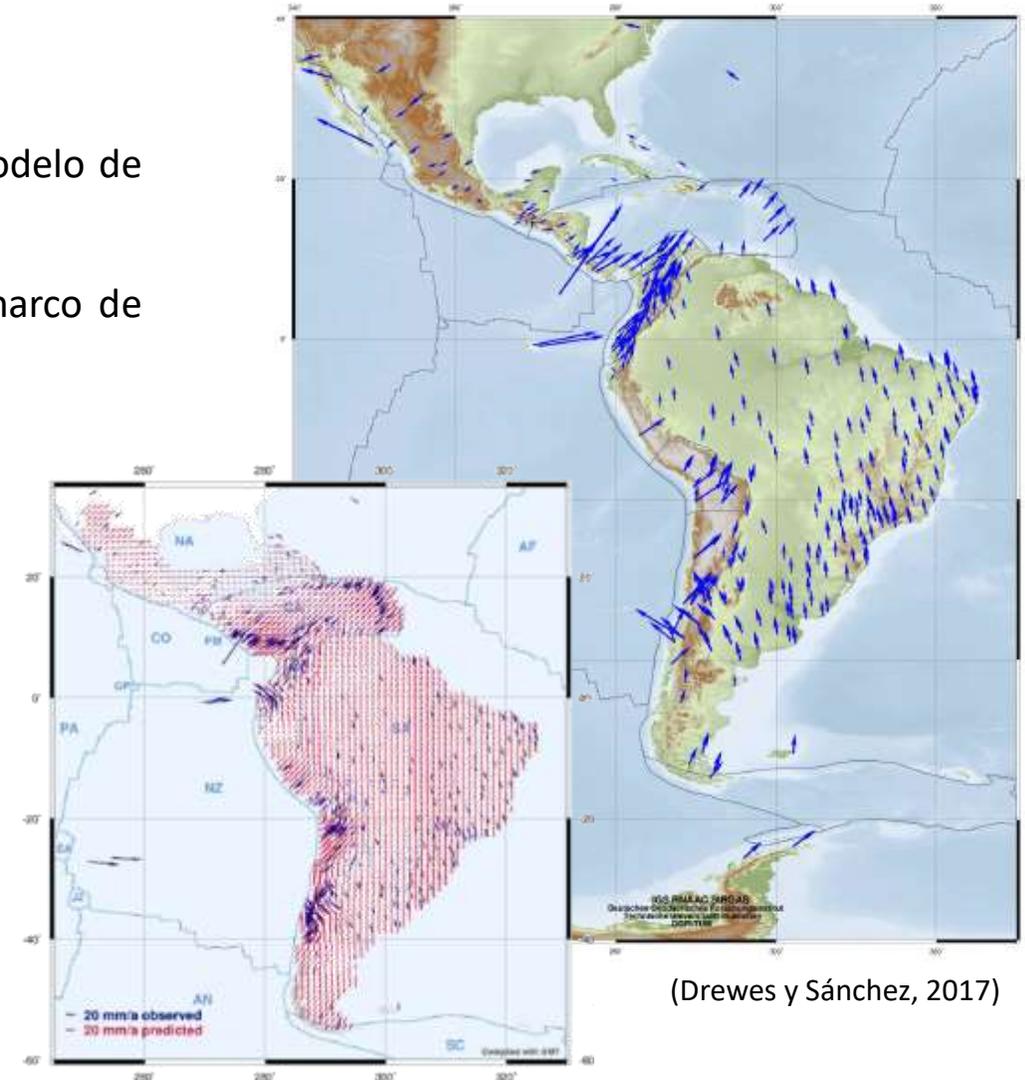
## Sobre las soluciones multianuales SIRGAS

- Constituyen una materialización a largo plazo del marco de referencia.
- Permiten la evaluación de sus cinemática y la consecuente confección del modelo de velocidades para la región.
- El efecto de deformaciones no-lineales es objeto de estudio en cuanto al marco de referencia se trata.
- Solución multi-anual más reciente: **SIR17P01**
- Modelo de velocidades más reciente: **VEMOS2017**

**SIR17P01**

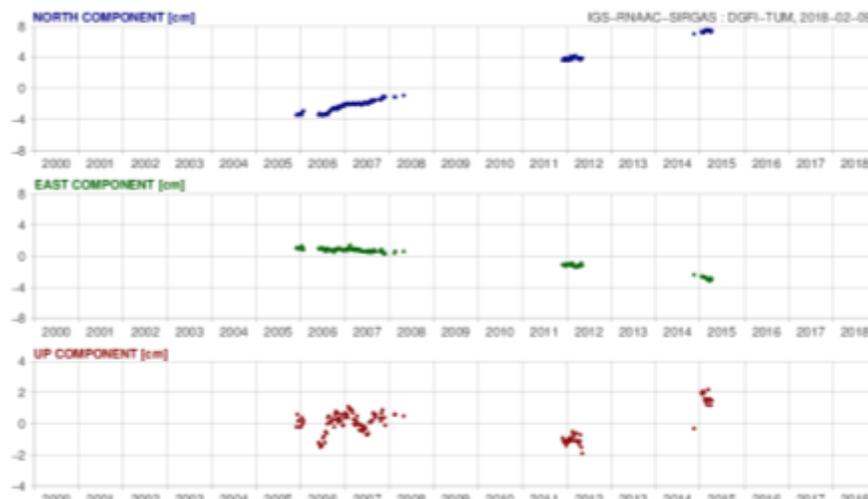
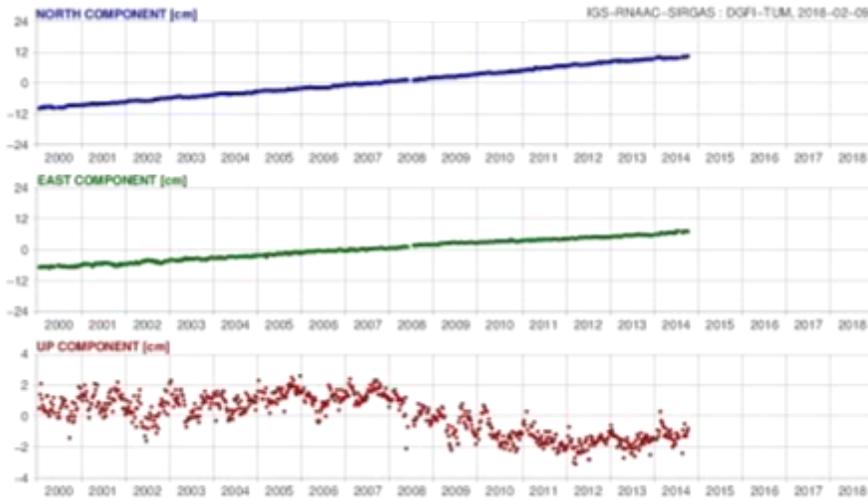
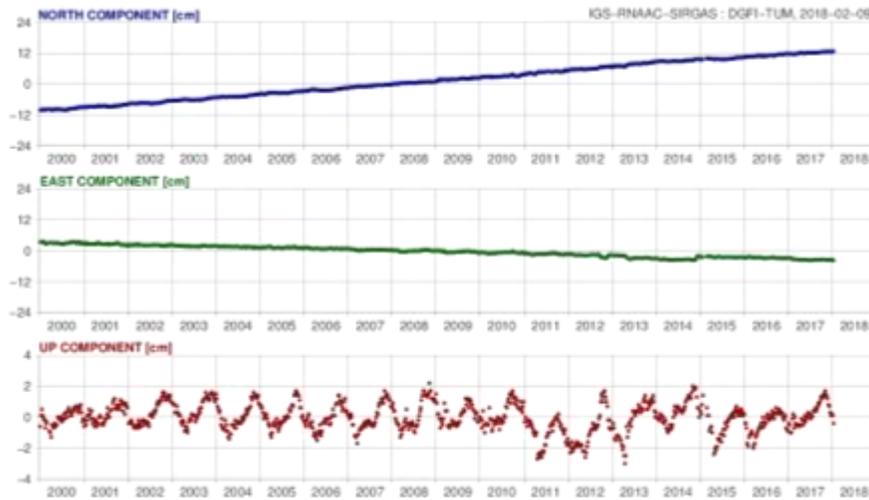


- Considera observaciones GPS+GLONASS de 345 estaciones
- Cubre un periodo que va desde 17.04.2011 hasta el 28.01.2017
- Calidad en posición:  $\pm 1,2$  mm (horizontal) and  $\pm 2,5$  mm (vertical)
- Calidad en velocidades:  $\pm 0,7$  mm/yr (horizontal) and  $\pm 1,1$  mm/yr (vertical)
- Referida al ITRF2014/IGS14, época 2015.0



(Drewes y Sánchez, 2017)

## Sobre el funcionamiento continuo



## 4. Comentarios finales

- Latinoamérica cuenta con un marco de referencia altamente confiable y consistente con el ITRF, capaz de brindar soporte a cualquier aplicación técnica o científica en el ámbito de las geociencias.
- Esto es posible gracias a la labor coherente y organizada de diversas instituciones académicas, de investigación y gubernamentales que convergen en el Grupo de Trabajo I de SIRGAS.
- Con el procesamiento y análisis semanal de la red SIRGAS-CON, coordenadas para 413 estaciones están disponibles con incertidumbres de  $\pm 1$  mm (horizontal)  $\pm 3$  mm (vertical), y con ellas:
  - Se ofrecen productos (i.e. posición y velocidad) con la mejor calidad en la región
  - La consistencia de la información geoespacial queda garantizada
  - Quedan establecidas las bases para el desarrollo de la geodesia en los países miembros
- Los logros actuales en cuanto al desarrollo de la infraestructura SIRGAS de observación continua GNSS son el resultado de años de fructífera cooperación internacional.



*Por su atención...  
...muchas gracias!  
muito obrigado!*

*<http://www.sirgas.org>*