2022 San José, Costa Rica

XVI CONGRESO INTERNACIONAL de Topografía, Catastro, Geodesia y Geomática

CONTRIBUICIONES DE LA TECNOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA GEODESIA GLOBAL

Sonia Costa

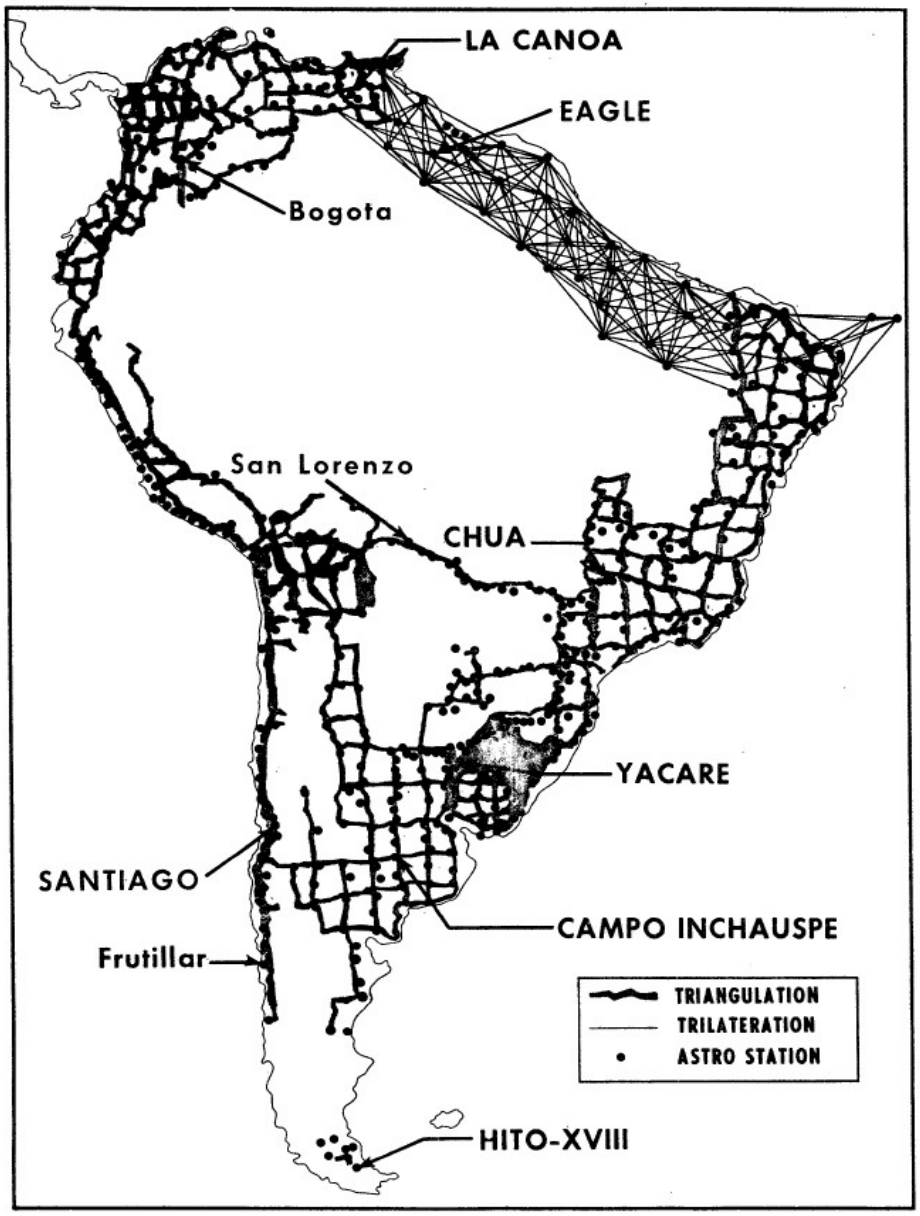
TOPOGRAFÍA 4.0... PRINCIPIO Y FIN

Organiza: COLEGIO DE INGENIEROS TOPÓGRAFOS DE COSTA RICA

¿Cómo éramos antes del GNSS?

Los datum geodésicos clásicos:
Triangulación
Trilateración

PSAD56
SAD69
Yacaré
Campo Inchauspe



¿Cómo la tecnología cambió la geodesia?

Factores de cambio:

- GNSS
- Computadoras más potentes
- Internet

¿Porque necesitamos cambiar?

- Interoperabilidad de la información geoespacial
- Monitorear los cambios que occuren en nuestro planeta

Pasado	Presente
Triangulación	GNSS
Datum Horizontal(2D)	Marco de Referencia Tridimensional (3D)
Local	GLOBAL
Coordenadas	Coordenadas y Velocidades
Soluciones pós-processadas	Soluciones en tiempo real
Coordenadas	Productos y Servicios

Servicios de la IAG sobre geometría

IERS: International Earth Rotation and Reference Systems´ Service

IGS: International GNSS Service

ILRS: International Laser Ranging Service

IVS: International Service for Geodesy and Astrometry

IDS: International DORIS

- ✓ Los centros de procesamiento ITRF del IERS calculan continuamente coordenadas de las estaciones de cada técnica
- ✓ La solución combinada de todas las técnicas produce las realizaciones del ITRF – ITRFyy >> ITRF2020/ IGS20

Observatorios geodésicos de América del Sur

- ✓ AGGO >> SLR/VLBI/GNSS
- ✓ Fortaleza >> VLBI/GNSS
- ✓ Brasilia >> SLR
- ✓ Arequipa >> SLR/DORIS/GNSS
- ✓ OAFA >> SLR/DORIS/GNSS (VLBI in 2021?)
- ✓ Kourou >> DORIS/GNSS
- ✓ Cachoeira Paulista >> DORIS/GNSS
- ✓ Rio Grande >> DORIS/GNSS

Imagenes:
https://ilrs.gsfc.nasa.gov/network/stations/index.html
https://ids-doris.org/doris-system/tracking-network/site-logs.html
http://www.iag-ggos.org/

IGS: International GNSS Service

https://igs.org/

El IGS colecta, archiva y distribuye datos GNSS de alta calidad para satisfacer los objetivos de una gran cuantidad de aplicaciones científicas (observaciones e investigación de la Tierra) y practicas (posición, navegación y tiempo) en beneficio de la ciencia y de la sociedad .

Estos datos son utilizados por el IGS para generar los siguientes productos:

- ✓ Efemérides de satélites para la constelación GNSS;
- ✓ Parámetros de rotación terrestres;
- ✓ Coordenadas y velocidades de las estaciones de rastreo;
- ✓ Datos de reloj, rastreo y sincronización de satélites GNSS;
- ✓ Información de la ionósfera;
- ✓ Información de la tropósfera;

IGS: International GNSS Service

https://igs.org/

¿Dónde usamos los productos IGS?

- ✓ Cálculo preciso de coordenadas;
- ✓ Contribuye en el monitoreo de las de las variaciones que se producen en la corteza terrestre;
- ✓ Contribuye en el monitoreo de la atmosfera;

¿Como podemos mejorar los productos IGS?

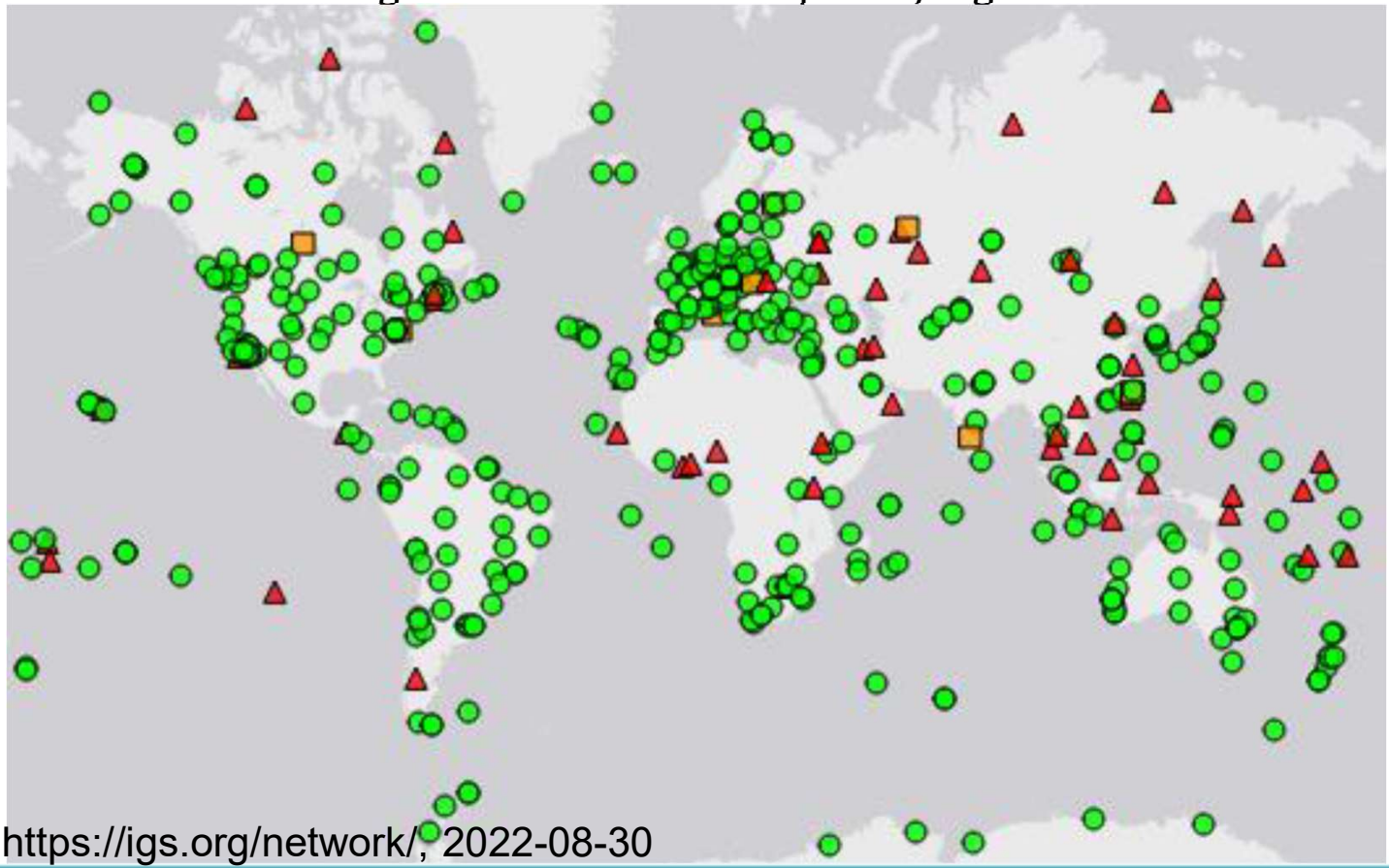
- ✓ Contribuyendo con los datos GNSS de tu Red

IGS: International GNSS Service

https://igs.org/

Red Global IGS - 512 estaciones GNSS

Contribución voluntaria y con recursos propios de cerca de 350 organismos, universidades e instituciones de investigación en más de 115 países/regiones.



Red actual, https://igs.org/network/, 2022-08-30

BOAV-Boa Vista

IGS, IGS-RT –
International GNSS
Service

¿Como fueron los cambios en las Américas?

Sistema de Referencia Geodésico para las Américas - SIRGAS

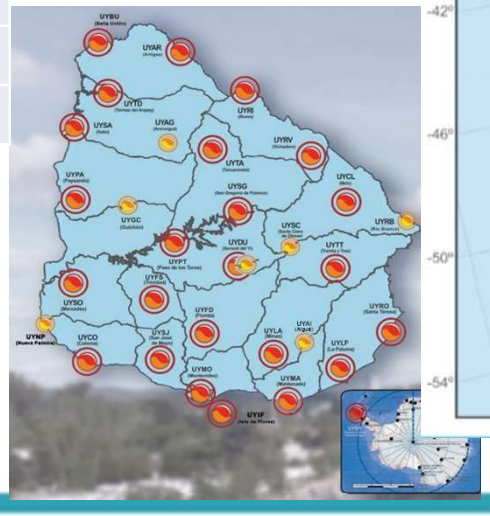
- ✓ És una contribución voluntaria de organizaciones científicas y las agencias nacionales geodésicas, cartográficas o geográficas de los países miembros

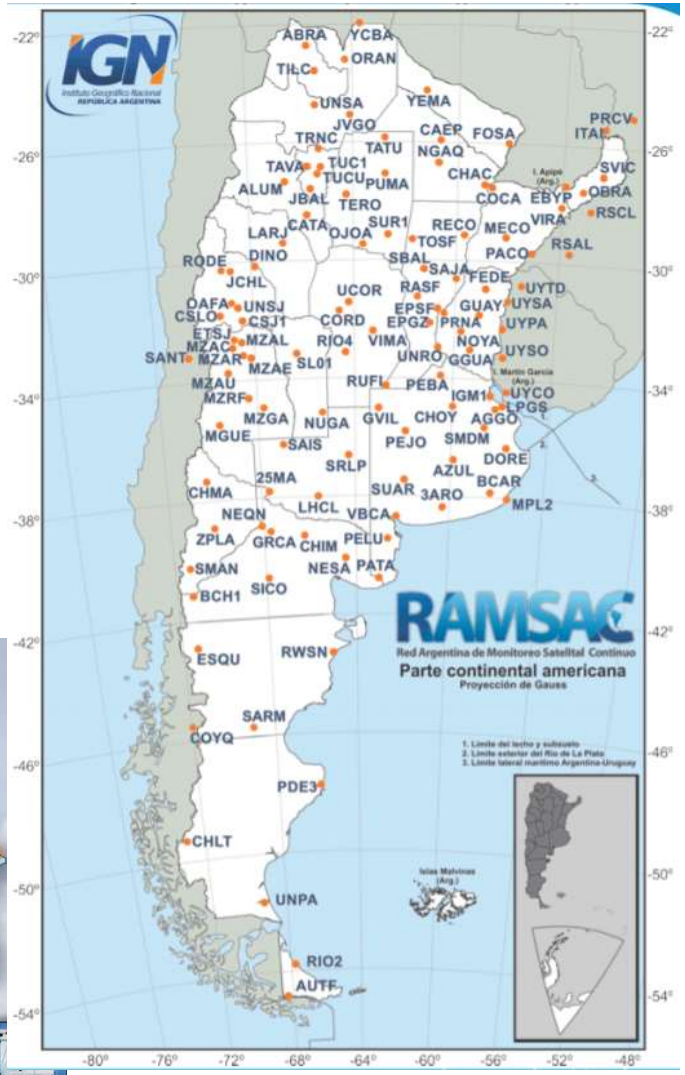
- ✓ SIRGAS fue establecido en 1993 con el propósito de reemplazar (o modernizar) los datum geodésicos clásicos con un marco de referencia geocéntrico unificado llamado SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.

- ✓ Inclusión de la parte física: GT III – Un compromiso de trabajar en un Sistema de Referencia Vertical unificado.

Redes GNSS de Operación Continua
Centros de Datos GNSS

Argentina	RAMSAC
Bolivia	MARGEN
Brasil	RBMC
Chile	IGS, CSN, CAPES
Colombia	MAGNA-ECO
Costa Rica	RGNA-CR
Ecuador	REGME
México	RGNA
Panamá	Panama-CORS
Perú	REGPMOC
Uruguay	REGNA-ROU





¿Quales son las nuevas tareas?

- ✓ Instalar las estaciones (monumento y equipo GNSS conectado a la Internet);
- ✓ Operar las estaciones de forma automática (transferencia de los datos);
- ✓ Evaluar los datos diariamente;
- ✓ Mantener el metadato de la estación actualizado;
  (qualquer cambio debe ser registrado)
- ✓ Processamiento contínuo de los dados GNSS para el mantenimiento del Marco de Referencia del país;

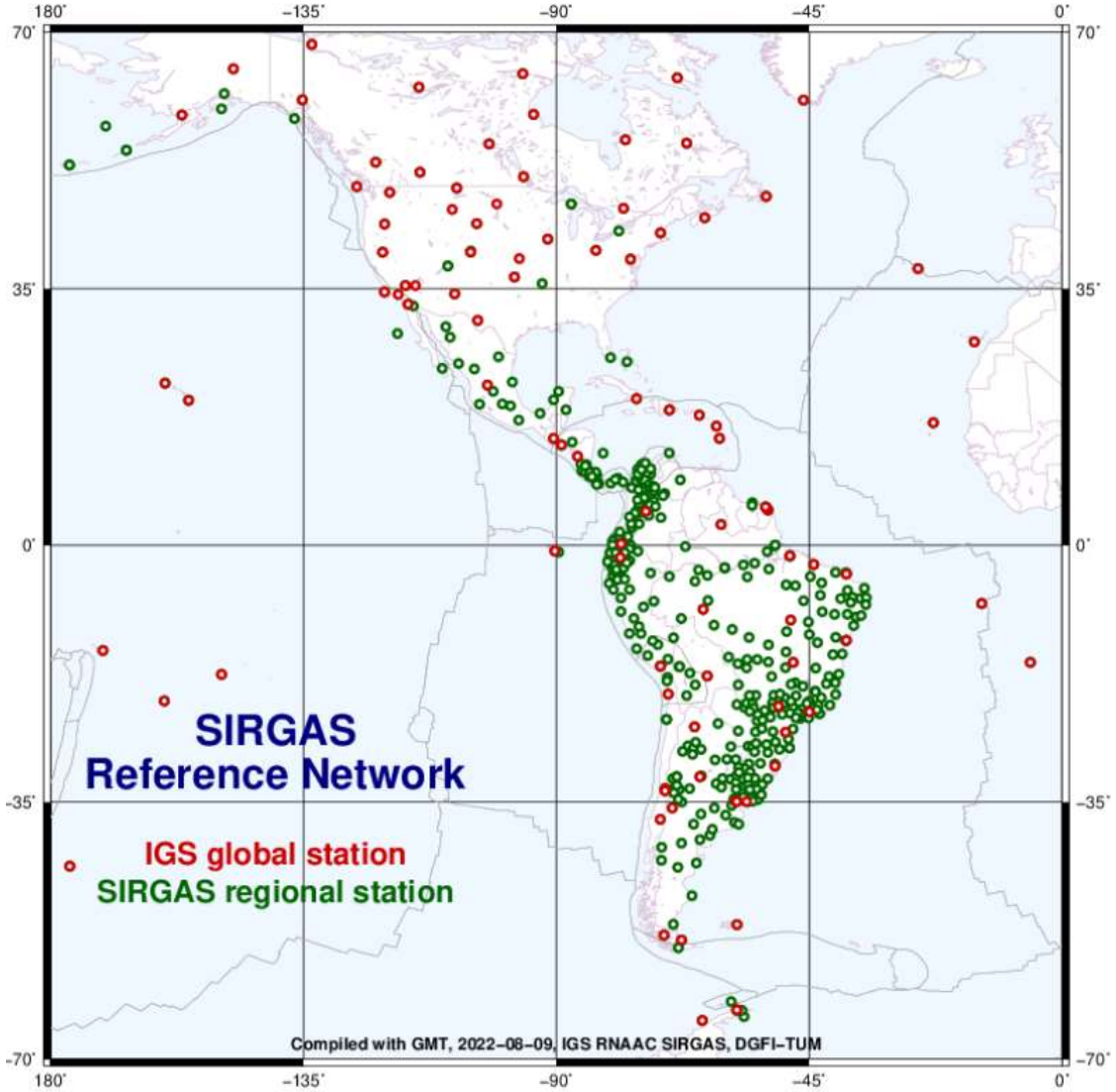
Red SIRGAS - Grupo de Trabajo I

Densifica el ITRF en LAS AMERICAS

~ 440 estaciones permanentes - Coordenadas calculadas semanalmente por los centros de analisis SIRGAS

El marco de referencia SIRGAS garantiza:

- ✓ accesibilidad al sistema de referencia global a nivel regional, nacional y local; y
- ✓ total coherencia con el sistema de referencia de las órbitas combinadas de los satélites (GNSS).



Centros de Análisis SIRGAS

9 instituciones Americanas
1 institución europeia (DGFI-TUM

- ✓ **DGFI-TUM: Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen Universität München** (Alemania) - Centro IGS RNAAC SIRGAS
- ✓ **CEPGE: Centro de Procesamiento de datos GNSS del Ecuador, Instituto Geográfico Militar** (Ecuador)
- ✓ **IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica** (Brasil)
- ✓ **IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi** (Colombia)
- ✓ **IGM-Cl: Instituto Geográfico Militar** (Chile)
- ✓ **IGN-Ar: Instituto Geográfico Nacional** (Argentina)
- ✓ **IGN-Per: Instituto Geográfico Nacional** (Perú)
- ✓ **INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía** (México)
- ✓ **IGM-Uy: Instituto Geográfico Militar** (Uruguay)
- ✓ **USC: Universidad de Santiago de Chile: Centro de Procesamiento y Análisis Geodésico USC** (Chile)

- ✓ Centro Experimental – **IGN - Costa Rica**

Centros de Análisis SIRGAS

9 instituciones Americanas
1 institución europeia (DGFI-TUM

- ✓ Cada estación SIRGAS es calculada por tres centros de procesamiento;

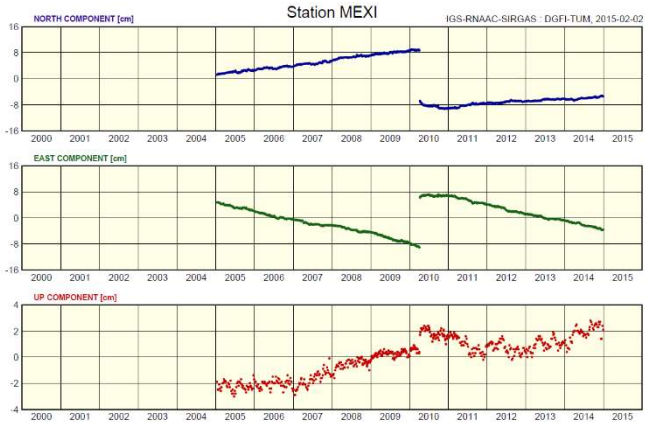
- ✓ Las soluciones individuales son combinadas por los Centros de Combinación SIRGAS**: IBGE (Brasil) y DGFI-TUM (Alemania)**;
- ✓ Consistencia interna y externa de las soluciones semanales : 1mm (N,E) y 3mm (vertical)

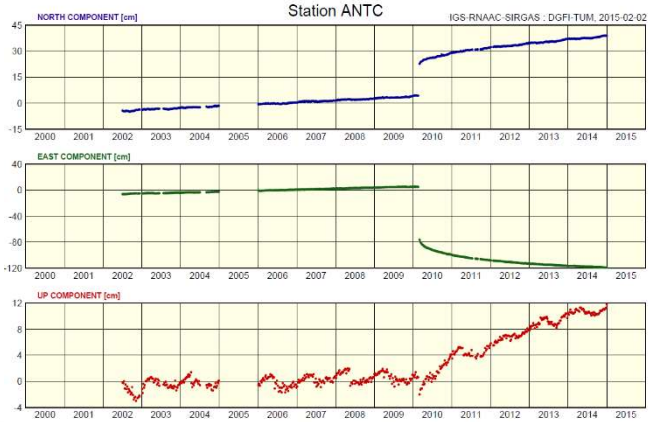
- ✓ Software para procesamiento GNSS:

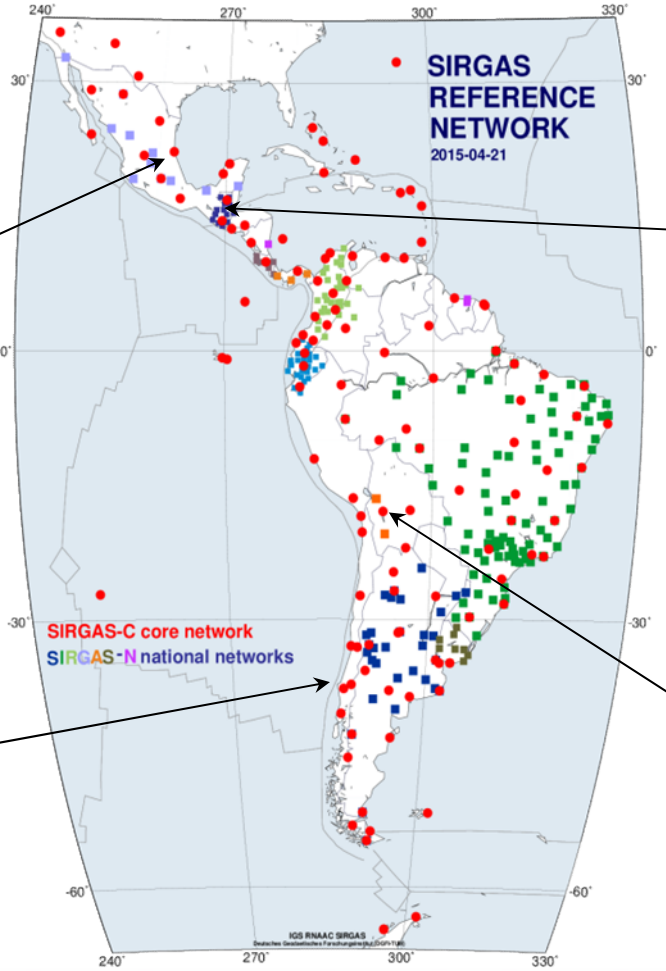
  - Argentina, México y Perú >> **GAMIT / GLOB K 10.71**
  - Brasil, Chile (2), Colombia, Ecuador, Uruguay >> **Bernese GNSS 5.2**

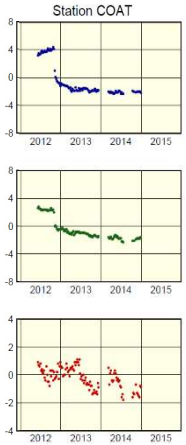
Series Temporales

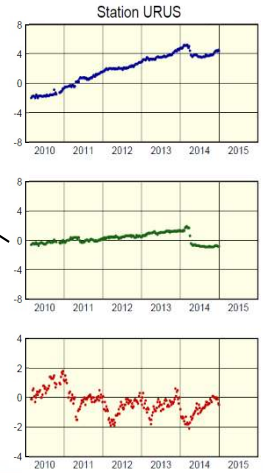
Efectos sísmicos en series temporales de estaciones de referencia





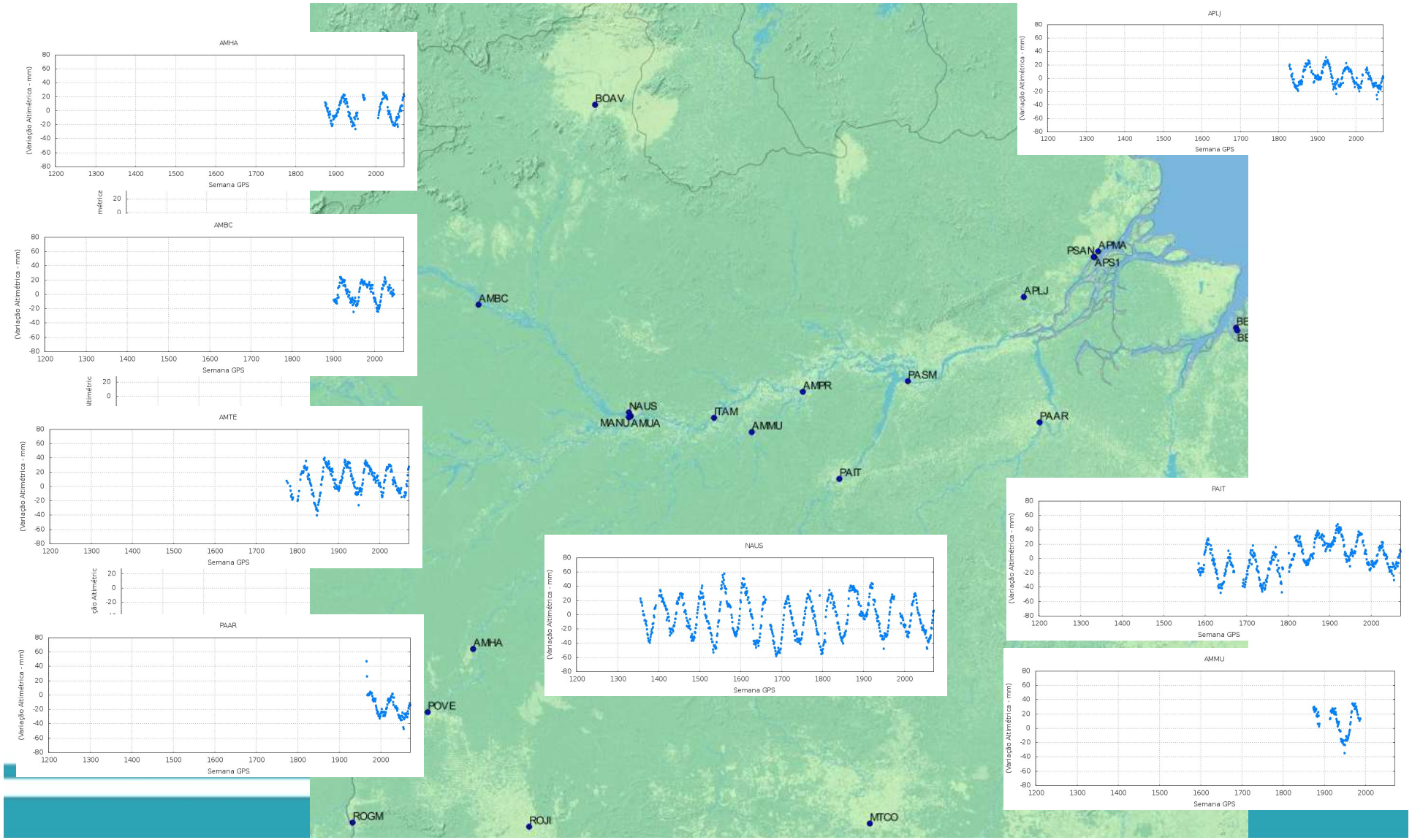






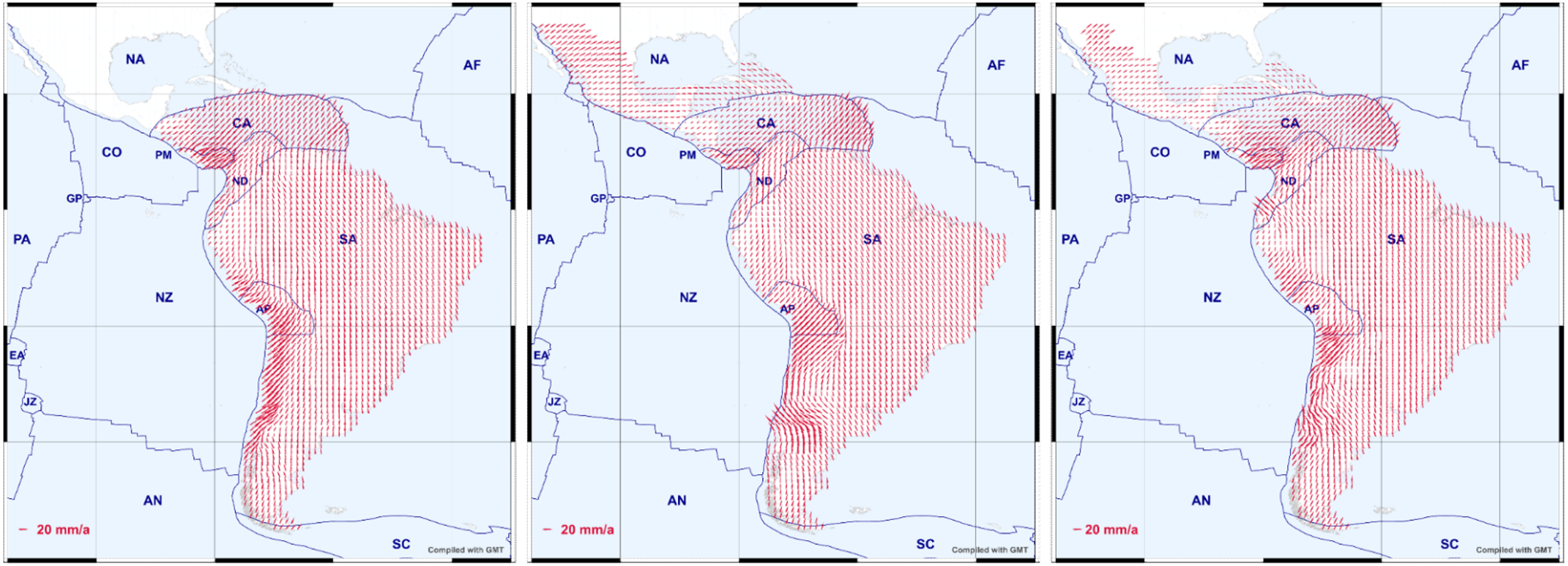
Series Temporales

Variación estacional de la componente vertical en la región amazónica - series temporales de estaciones de referencia



Modelos de Velocidad

Modelo	Realizaciones	Región	Estaciones	Validez
VEMOS2009	SIR09P01	56°S to 20°N	96 stations (400 aditional velocities)	January 2, 2000 to june 30, 2009
VEMOS2015	SIR15P01	55°S, 110°W to 32°N, 35°W	456 stations	March 14, 2010 to abril 11 2015
VEMOS2017	SIR17P01	55°S, 120°W to 32°N, 35°W	515 stations	January 1, 2014 to January 28, 2017



VEMOS2009 (Drewes H., Heidbach O., 2012) VEMOS2015 (Sánchez L., Drewes H., 2016) VEMOS2017 (Drewes H., Sánchez L., 2017)

Soluciones multianuales (coordenadas y velocidades) SIRGAS

Reprocesamiento de la red SIRGAS en ITRF2014 (DGFI-TUM)

SIRGAS Regional Network Associate Analysis Centre – IGS RNAAC SIRGAS

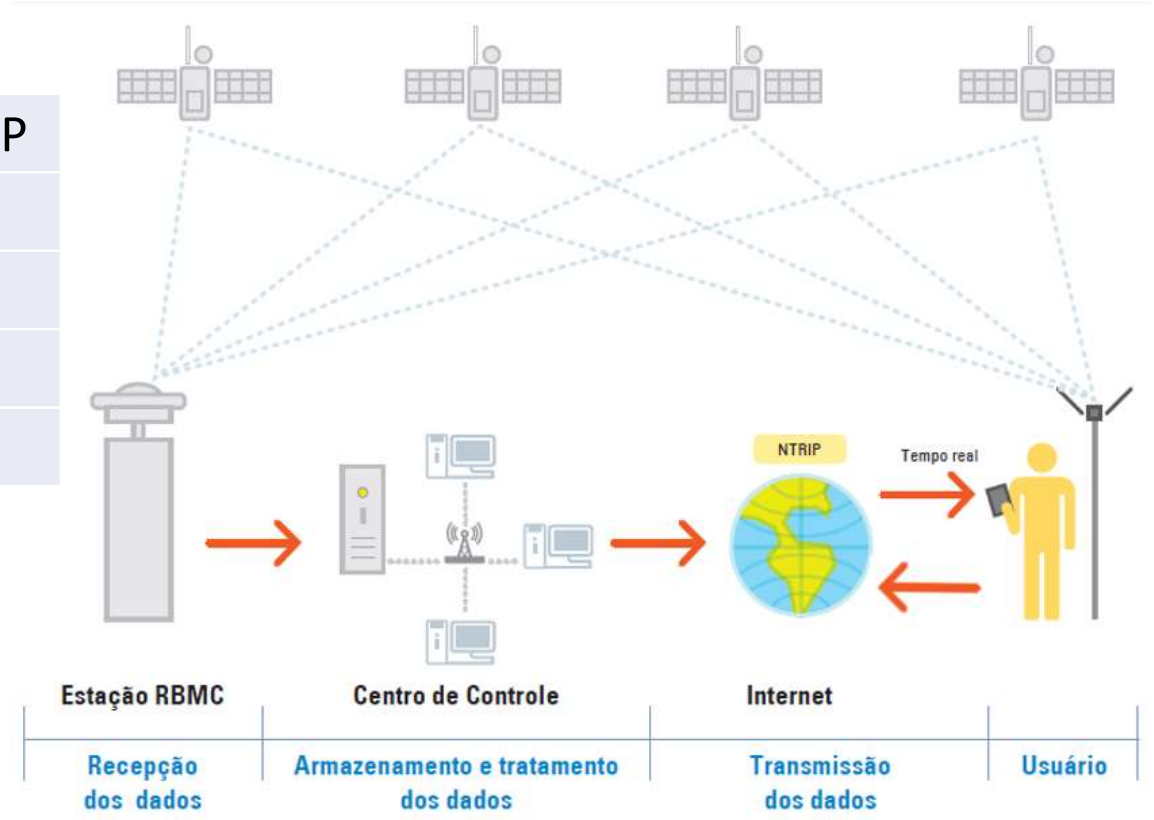
- ✓ Para garantizar la estabilidad y confiabilidad a largo plazo del marco de referencia SIRGAS, es necesario **reprocesar los datos GNSS históricos utilizando un ITRF único a través del tiempo;**
- ✓ **1070** semanas reprocesadas;
- ✓ Se dispone de ecuaciones normales semilibres (diarias y semanales) comprendidas entre las semanas **1042 a 2112 (02.01.2000 a 04.07.2020);**
- ✓ TRF: IGS14/ITRF2014 (igs14.atx, orbitas y relojes del JPL)
- ✓ Junto a las aprox. **500 estaciones SIRGAS**, se incluyeron estaciones globales del IGS colocalizadas con VLBI y SLR (apoyo a la iniciativa de incorporar datos SLR para materializar el marco de referencia;

¿Cómo podemos mejorar la georreferenciación?

Servicio en Tiempo Real

La distribución en tiempo real de correcciones y datos GNSS utilizando el protocolo NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol).

Argentina	RAMSAC-NTRIP
Brasil	RBMC-IP
Uruguay	REGNA-IGM
Ecuador	REGME-IP
IGS	IGS-RT

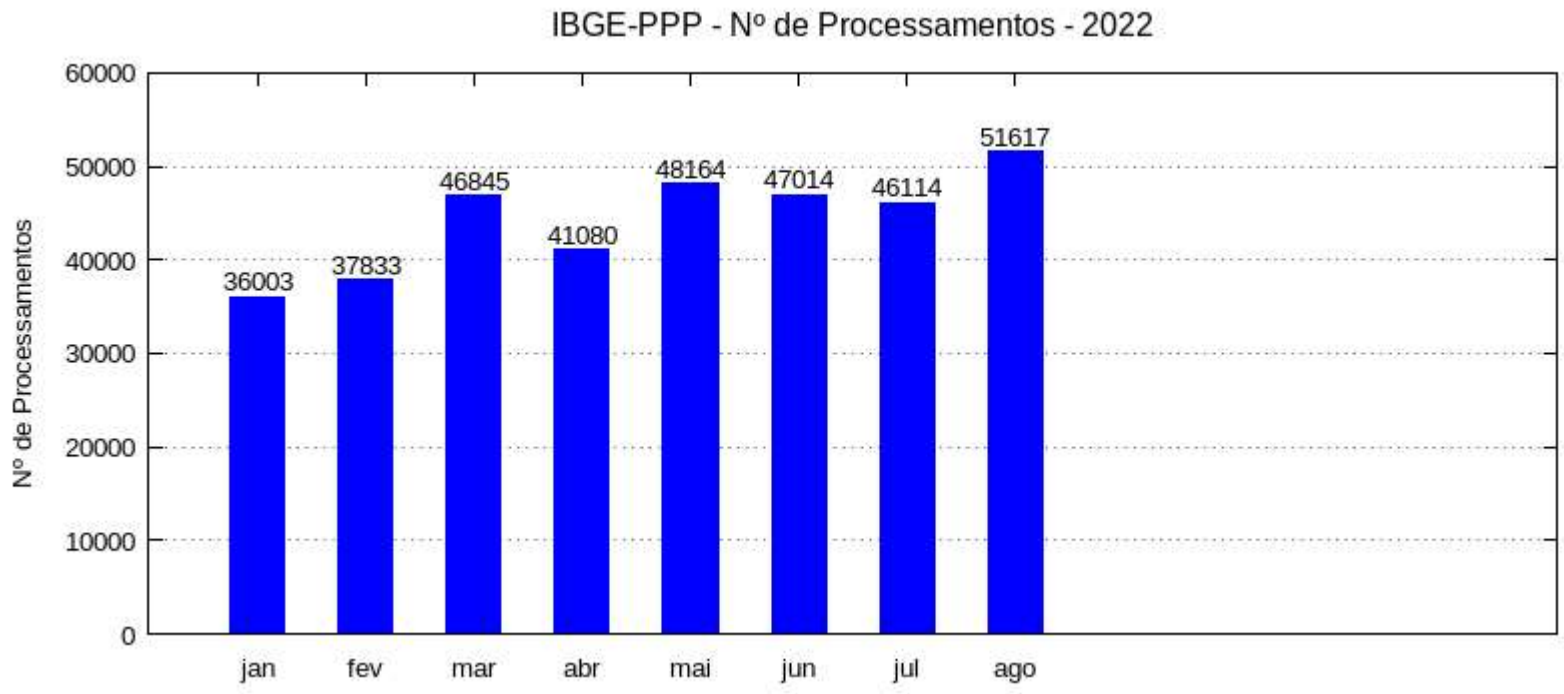


Servicio online para el cálculo de coordenadas

- ✓ basados en la técnica de posicionamiento puntual preciso (PPP) o relativo preciso
- ✓ Coordenadas de alta precisión vinculadas al marco de referencia geodésico oficial del país

- ✓ Exemplos en países:
- ✓ PPP-AR (Argentina) https://www.ign.gob.ar/ppp/auth/login
- ✓ IBGE-PPP (Brasil) http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm
- ✓ OPUS (Estados Unidos) https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/
- ✓ CSRS-PPP (Canadá) https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php

Servicio online para el cálculo de coordenadas IBGE-PPP

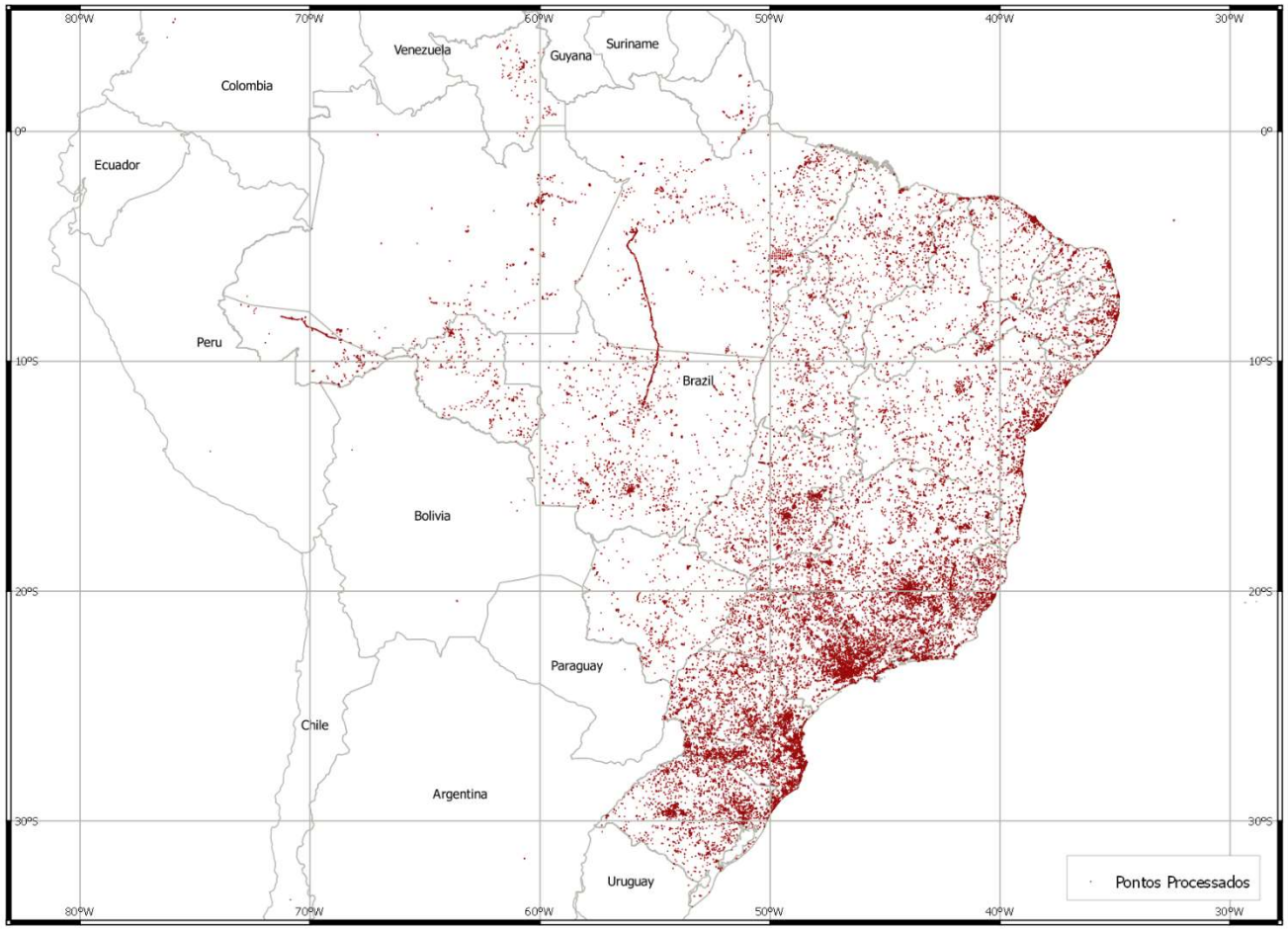


+ 1700 processamentos por dia

Espera de 3 horas para para enviar los archivos de observación y obtener los resultados

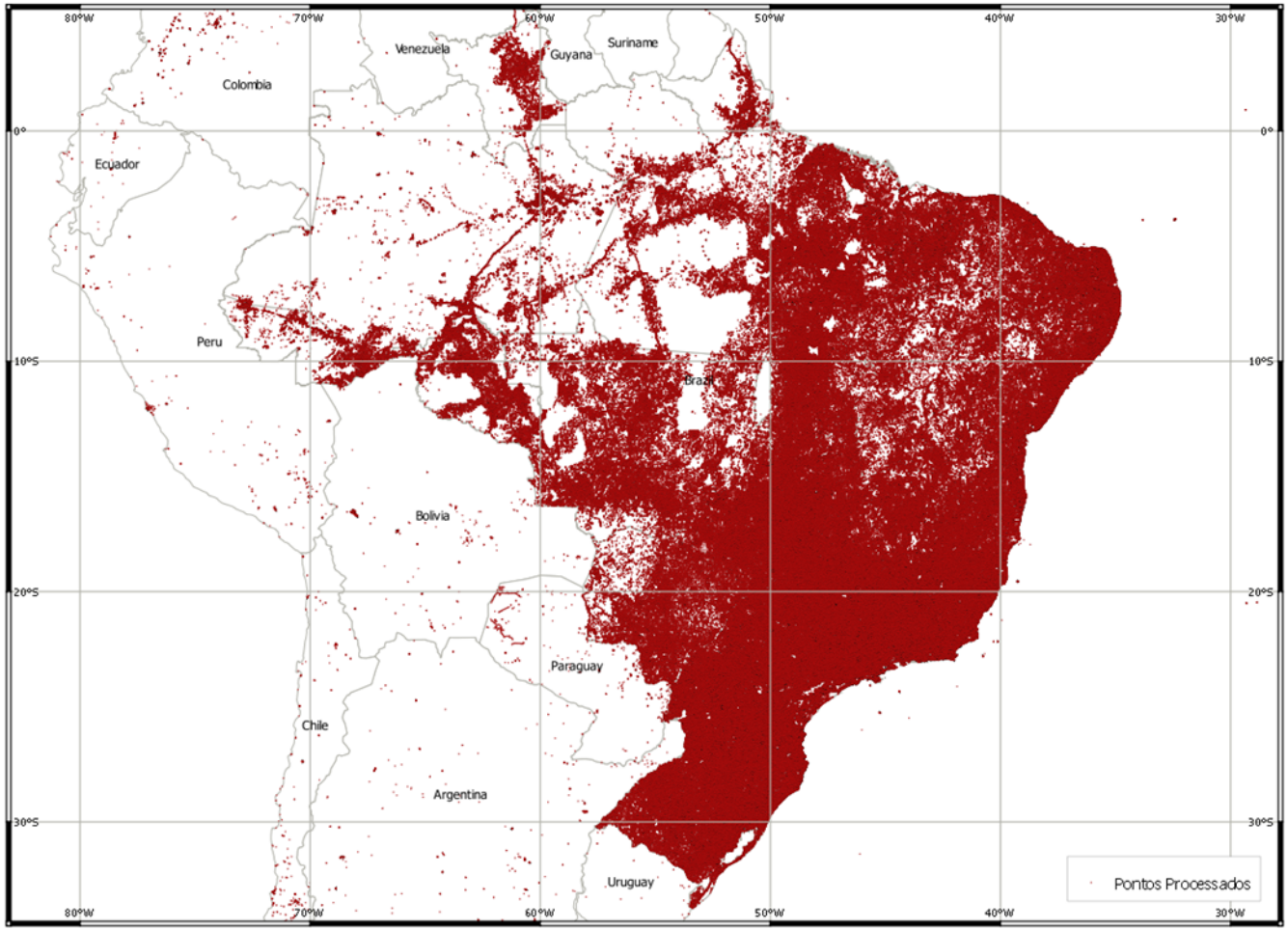
Servicio online para el cálculo de coordenadas IBGE-PPP

IBGE-PPP: Localização dos pontos processados - Agosto 2022 - 51.617 pontos processados



Servicio online para el cálculo de coordenadas IBGE-PPP

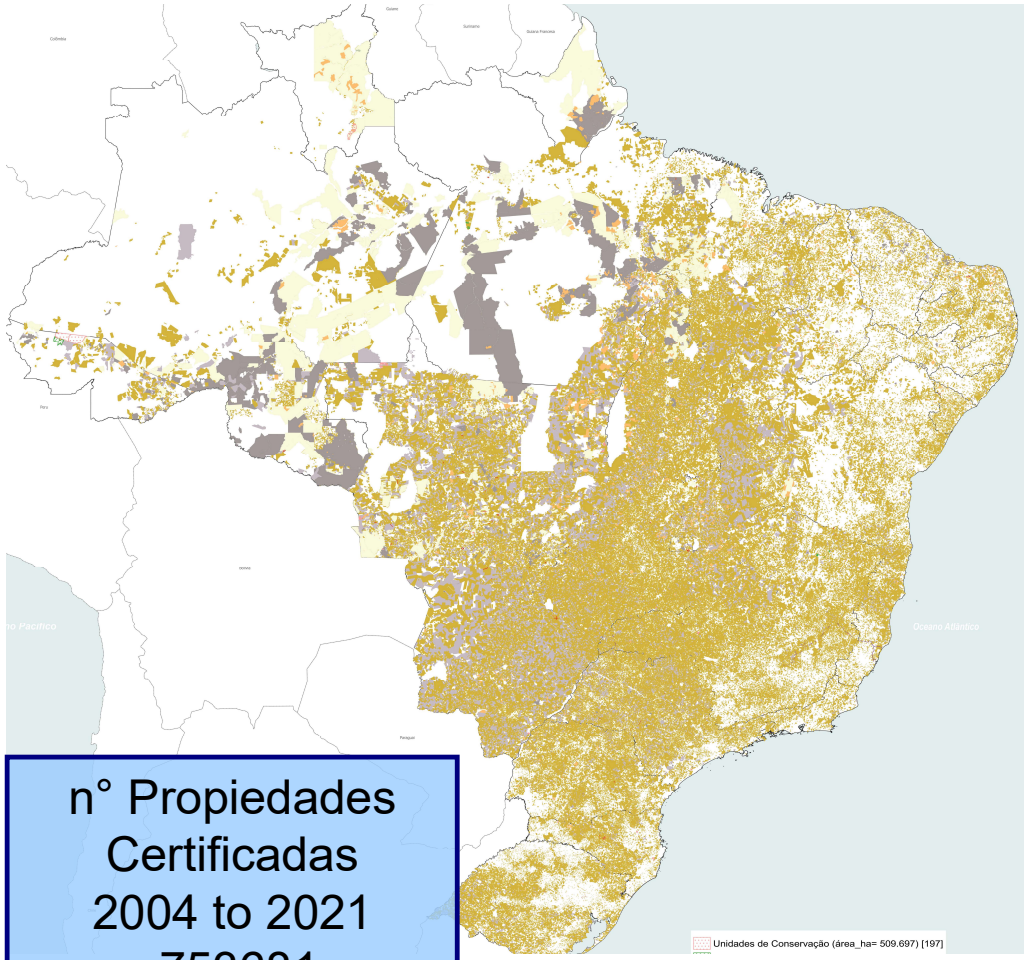
IBGE-PPP: Localização dos pontos processados - Abril de 2009 a Agosto de 2022 - Cerca de 3,5 milhões de pontos processados



- ✓ **Area Territorial brasileña 8.515.767,049 km²**

- ✓ **INCRA**: **SIGEF** - Sistema de Gestion Fundiária

- ✓ **IBGE:** Marco Geodesico oficial
- ✓ **Ley 10267/01** – Ley federal que obliga a todo propietario de una propiedad rural a proporcionar una planta georreferenciada cuando deba realizar algún trámite relacionado con notariado. La georreferenciación debe estar conectada al Marco Geodésico Brasileño.



n° Propiedades Certificadas
2004 to 2021
753681
3.410.424,00 km²

Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas titulada "Marco de referencia geodésico global para el desarrollo sostenible" (A/RES/69/266)

Reconoce "**la importancia económica y científica y la creciente necesidad de contar con un marco de referencia geodésico mundial exacto y estable para la Tierra**

Escenario actual en las Américas

¡La tecnología lleva a una geodésia en su "sentido global".

Tenemos que seguir construyendo ...

- ✓ Desarrollo de capacidades y capacitación bajo una fuerte cooperación y colaboración entre los países , SIRGAS y UN-GGIM:Americas;
- ✓ Comunicación/difusión clara y sencilla sobre la geodesia y la importancia de la interoperabilidad de la información;
- ✓ Mejores infraestructuras geodésicas: Observatorios Geodésicos, Redes Nacionales CORS;
- ✓ **Intercambio de datos geodésicos** para modelos, productos y servicios confiables,

Sitio web: https://sirgas.ipgh.org/

Redes Sociales : *@SirgasAmericas*

Simposio SIRGAS – 2022

https://sirgas.ipgh.org/simposio/

7 a 9 de noviembre – Santiago de Chile