



EPUSP

Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ESTUDIOS DE GRAVEDAD Y DEL MODELO DE CUASI-GEOIDE PARA LA AMÉRICA DEL SUR

Denizar Blitzkow

(e-mail: dblitzko@usp.br)

Ana Cristina Oliveira Cancoro de Matos

Gabriel do Nascimento Guimarães

María Cristina Pacino

Eduardo Andrés Lauría

Marcelo Nunes

Carlos Alberto Correia e Castro Junior

Fredy Flores

Arturo Echalar

Nuris Hurihuela Guevara

Ruber Alvarez

Reunión SIRGAS 2015

18 al 20 de noviembre de 2015,

Santo Domingos, Republica Dominicana



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE UBERLÂNDIA



Sumario

- **Observaciones de gravedad en Brasil, Paraguay, Argentina, Ecuador e Venezuela**
- **Modelo de geoide en América del Sur - versión 2015**
- **Red de Gravedad Absoluta en Argentina**
- **Red de Gravedad Absoluta en São Paulo**
- **Red de Gravedad Absoluta en Venezuela**
- **Modelo de marea terrestre**

DATOS DE GRAVEDAD

Actividades desarrolladas por diferentes organizaciones, universidades y institutos de investigación en América del Sur.

- ❖ IBGE (CGED)
- ❖ Instituciones civiles y militares de distintos países de América del Sur.
- ❖ NGA
- ❖ GETECH
- ❖ BGI

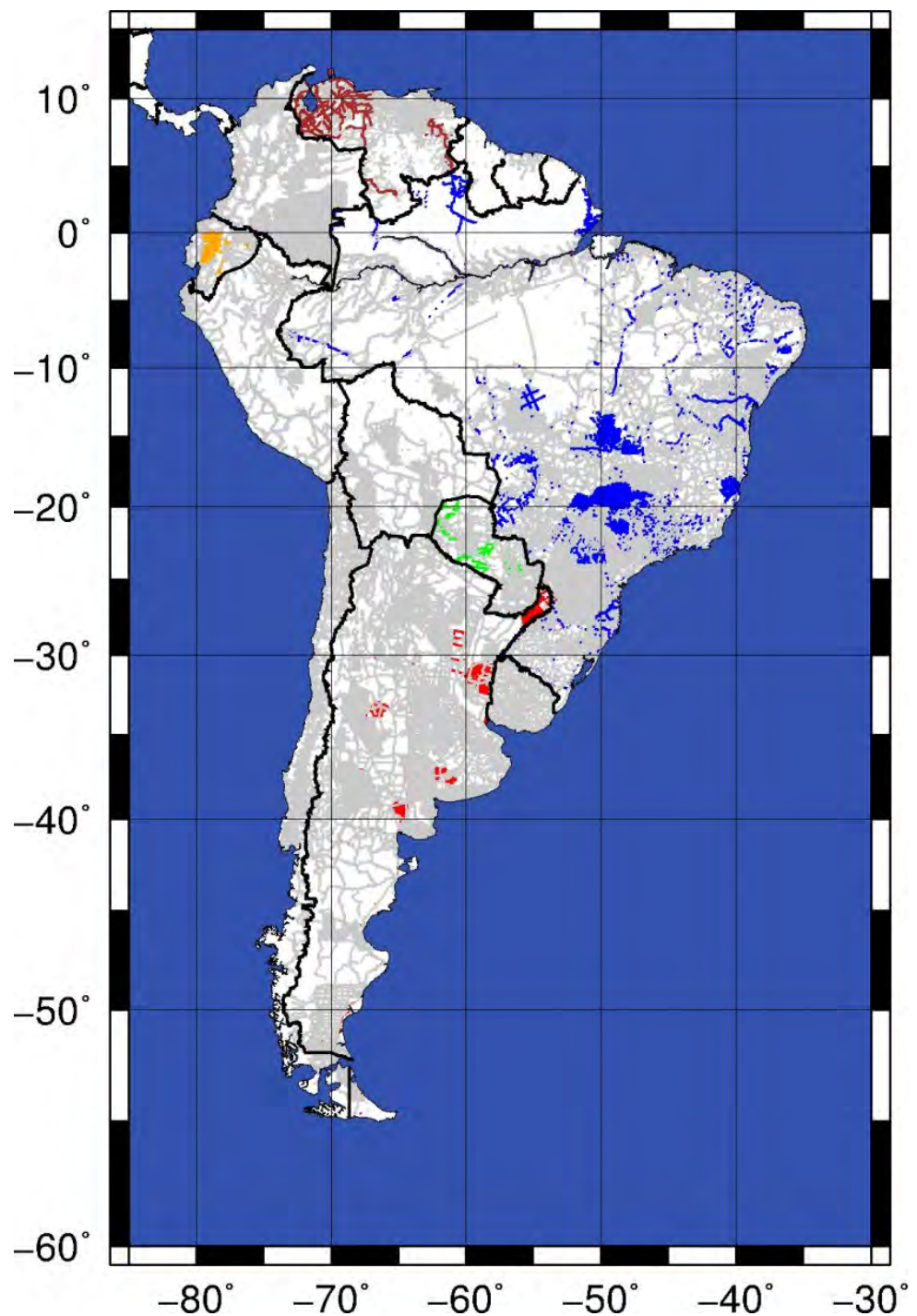
Los grandes esfuerzos realizados por diferentes organizaciones en los últimos años para mejorar la cobertura de los datos de gravedad.

947.953

puntos de gravedad en América del Sur

DISTRIBUCIÓN DE DATOS DE GRAVEDAD

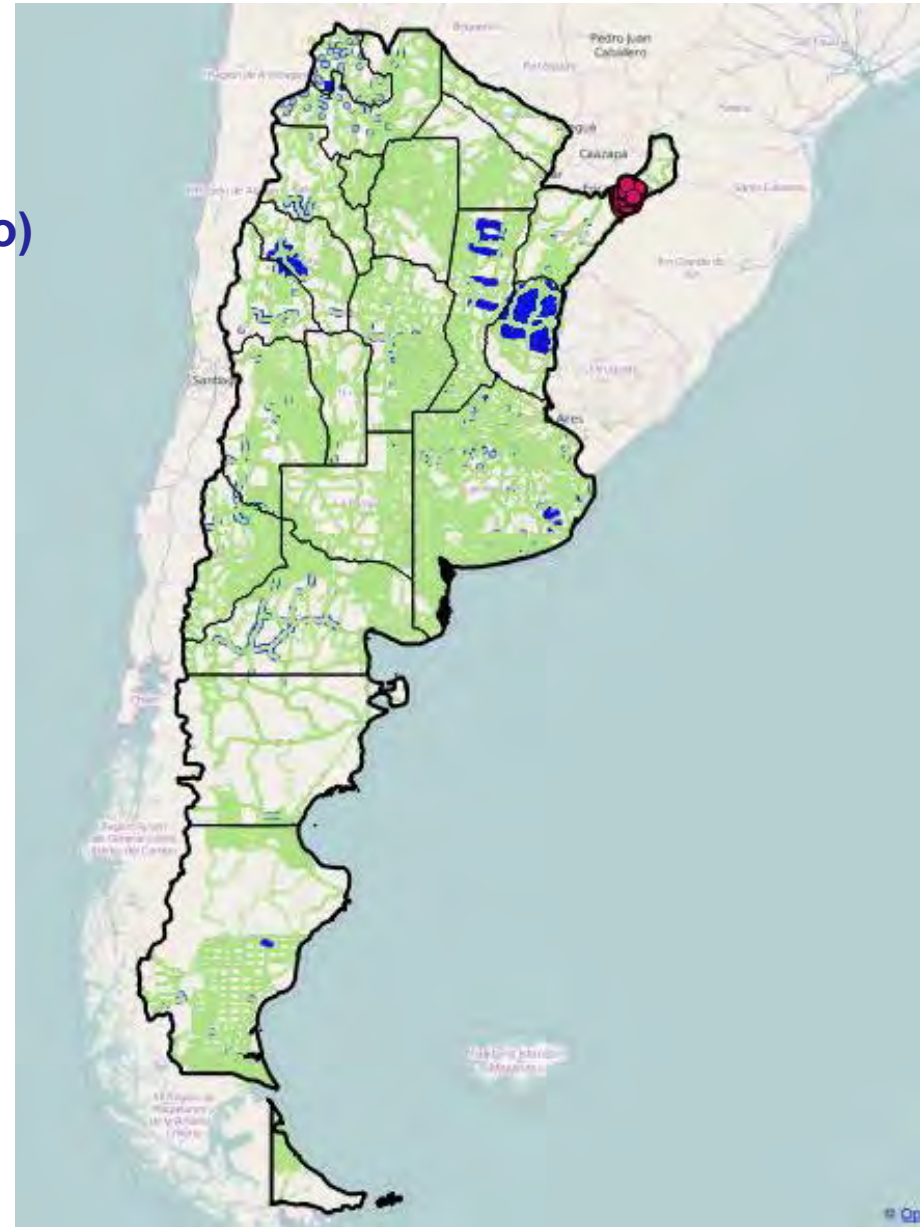
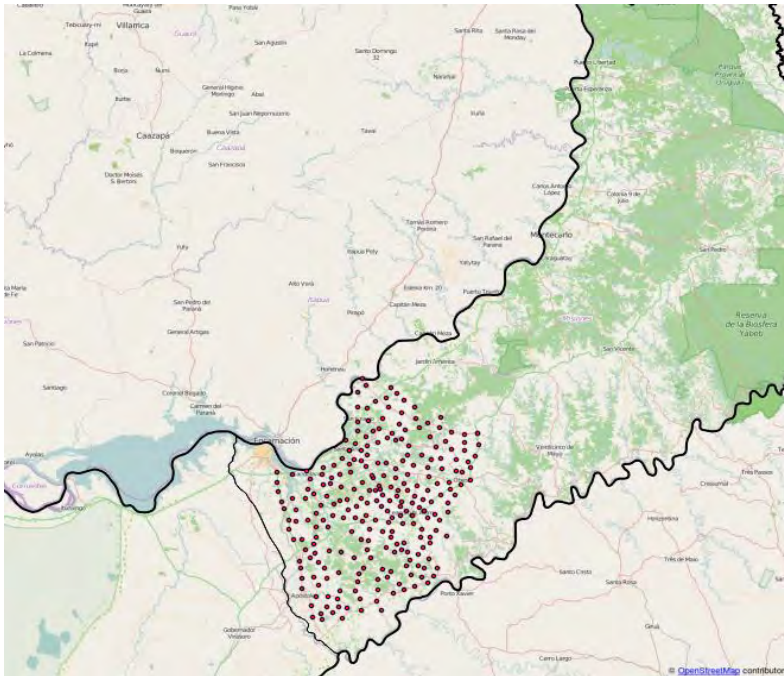
- Las nuevas observaciones de gravedad han sido realizadas con LaCoste y Romberg y/o CG5
- Receptores de doble frecuencia GNSS se han utilizado para obtener las coordenadas geodésicas para las estaciones.
- La 'altura ortométrica' para los estudios recientes se deriva de la altura geodésica utilizando el EGM2008 restringido a al grado y orden 150.



ESFUERZOS RECIENTES ARGENTINA

IGN (Instituto Geográfico Nacional)
UNR (Universidad Nacional de Rosario)
PROYECTO SAGS

600 nuevas estaciones de gravedad se han sido medidas recientemente. En los últimos 10 años varios esfuerzos se llevaron a cabo con la mejora de la distribución de la gravedad.



ESFUERZO RECIENTE BRASIL

SAGS2010-2011

SAGS2011-2012

SAGS2013-2014

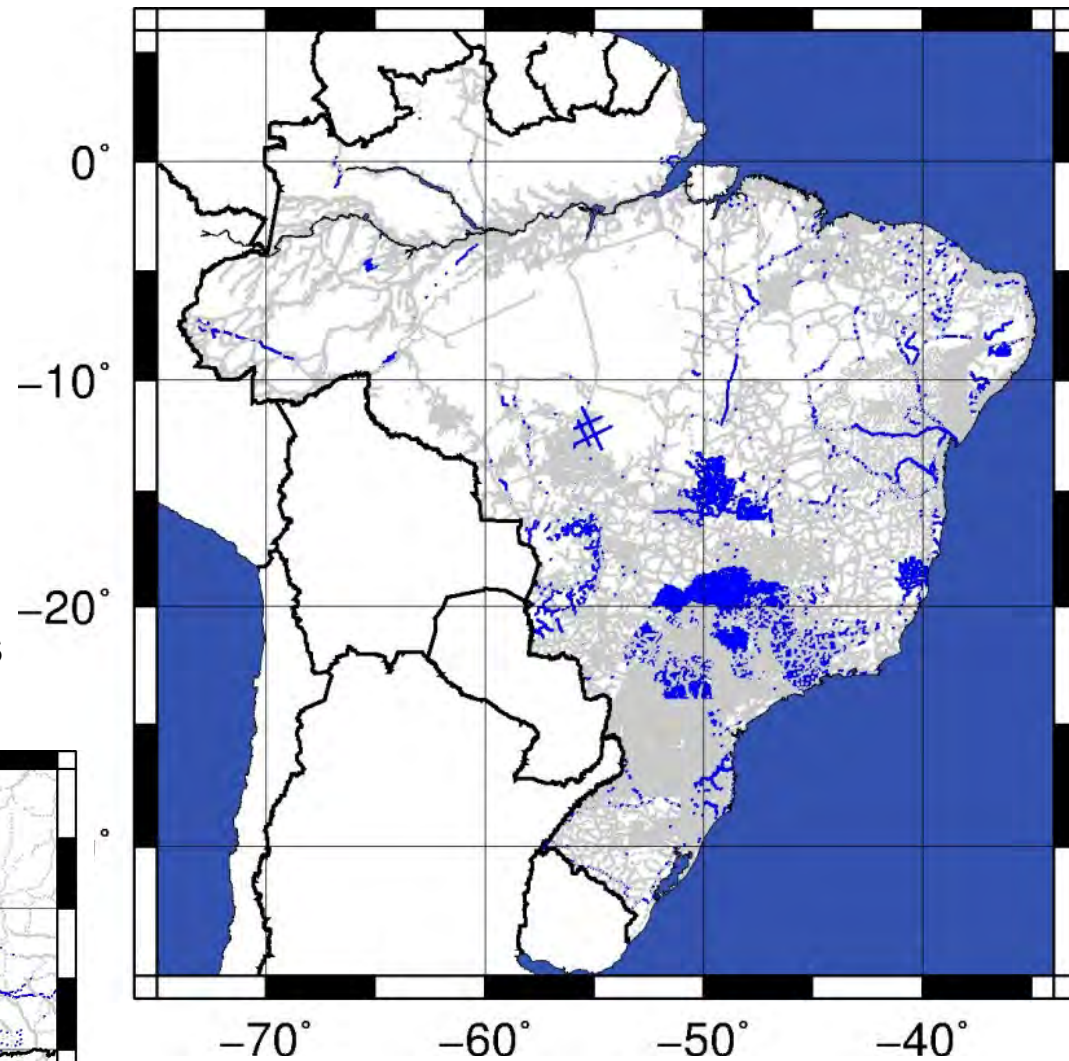
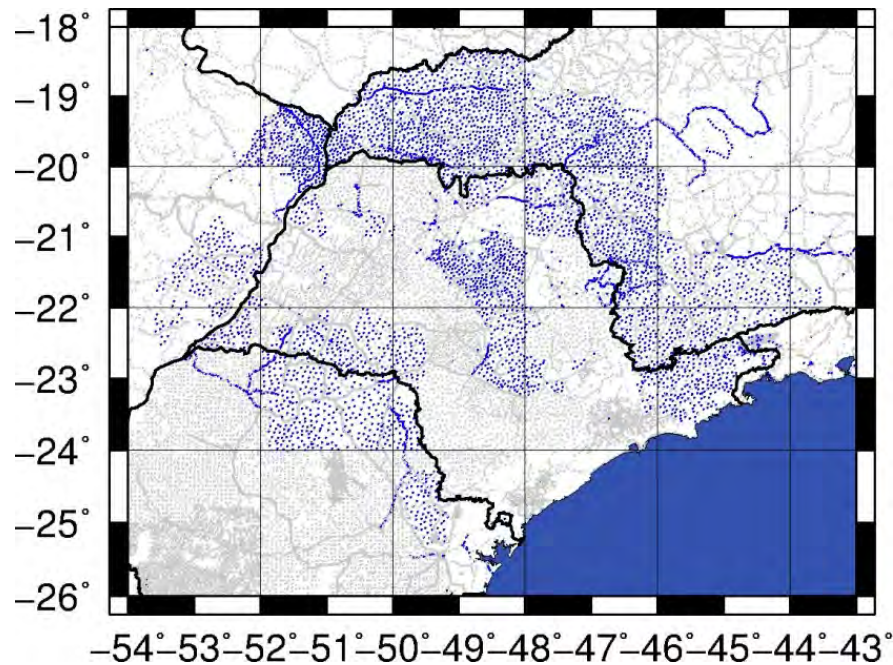
SAGS2015-2016

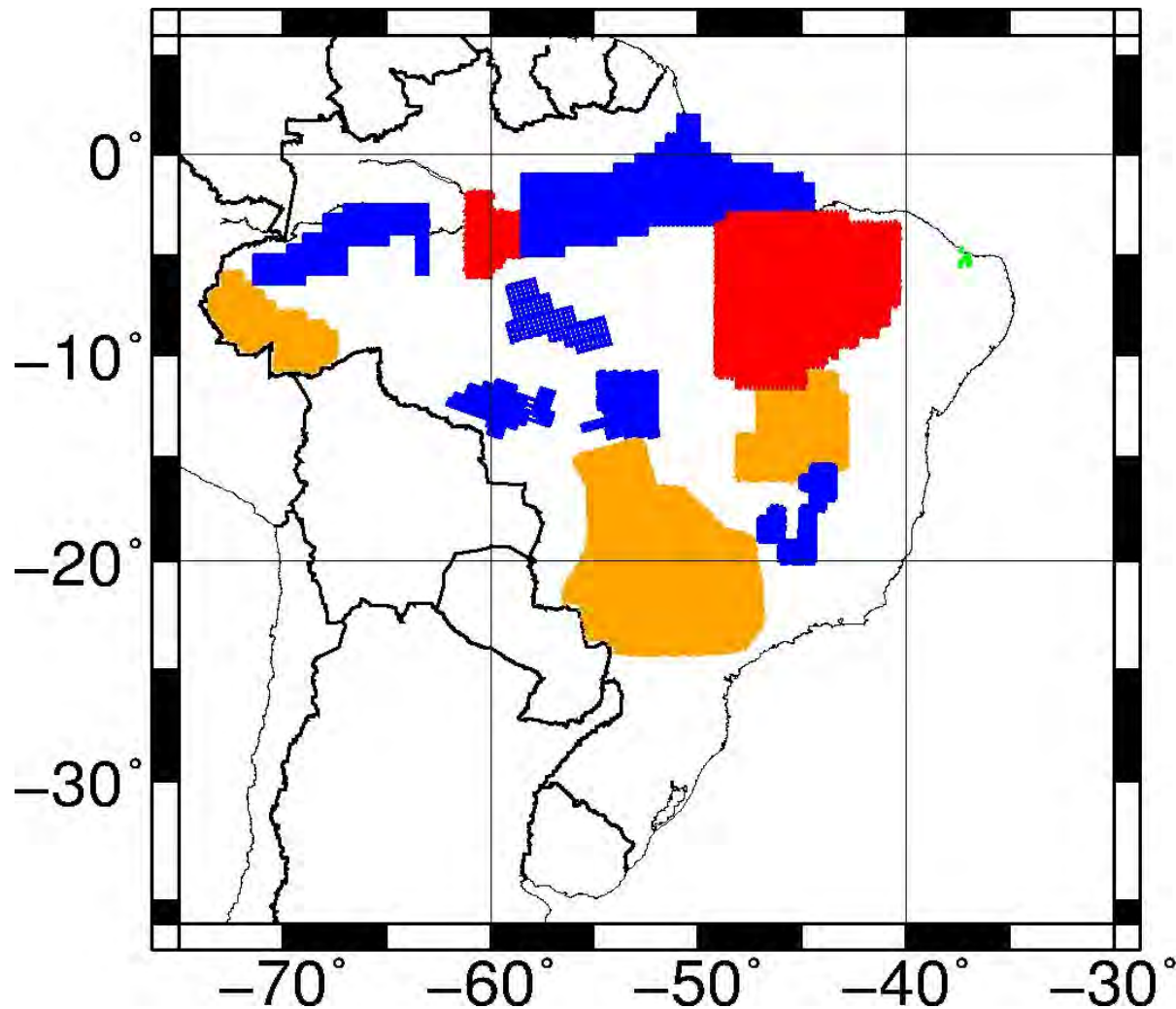
PROYECTO TEMÁTICO

PROYECTOS LTG / USP

IBGE

18.186 nuevas estaciones de
gravedad se han sido medidas en los
últimos cinco años





ESFUERZOS RECIENTES EN BRASIL

Aero gravedad
Los datos transferidos por la ANP para calcular el nuevo modelo de geoide del IBGE

Azul → no informa valor de la gravedad

Rojo → informa el valor de la gravedad

Naranja → informa pseudo valor de la gravedad,

$G_{pobs} = G_n + G_f - 0,3086 * ALT_{GPS}$

ESFUERZO RECIENTE ECUADOR – IGM PROYECTO SAGS

1320 nuevas estaciones de
gravedad se han medido
recientemente.

Datos de gravedad fueron obtenidos por IGM, IBGE y EPUSP en el periodo de 2010 hasta 2015 (proyecto SAGS).

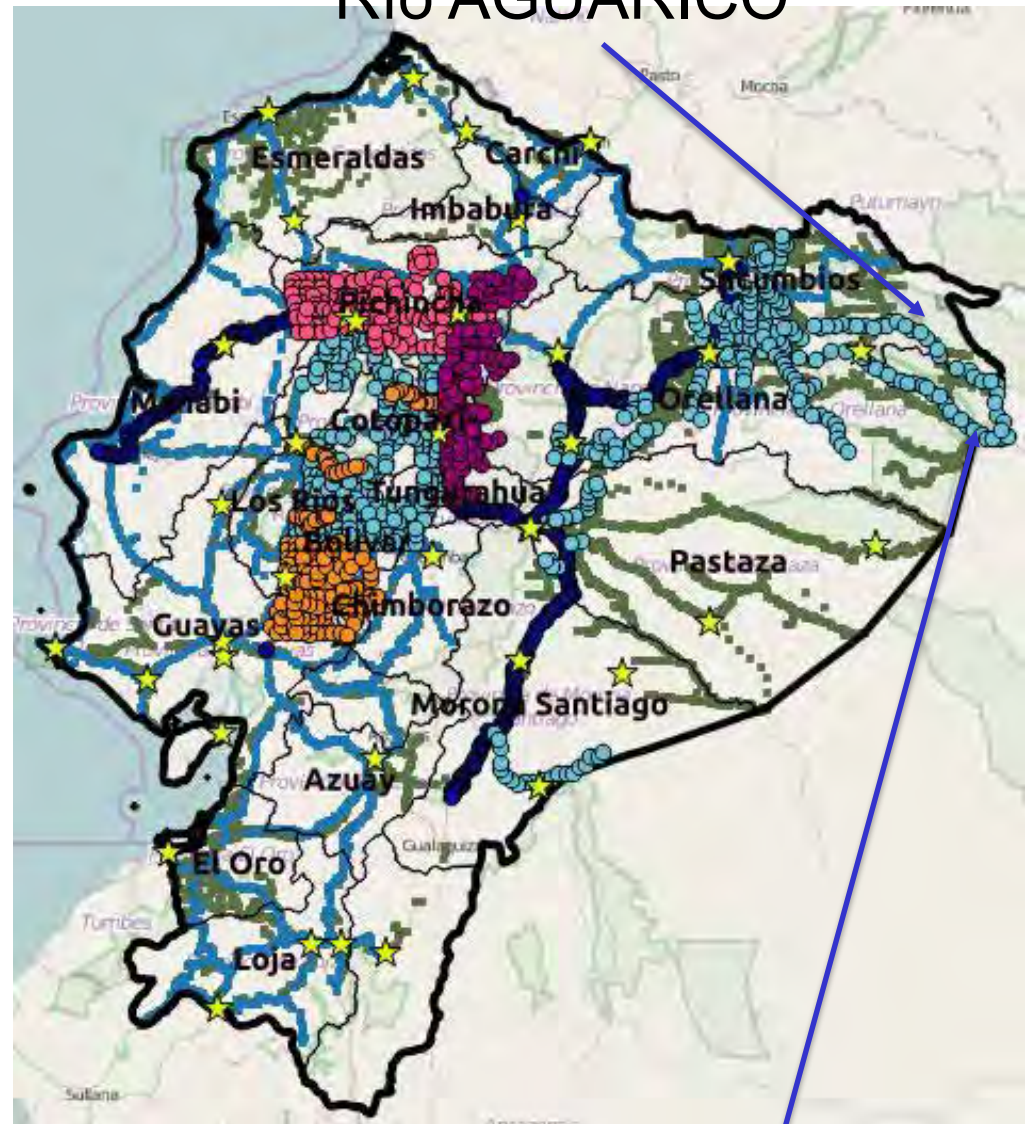
Rios Napo e Aguarico e algunos senderos.

Una logística sofisticada fue creada para apoyar las investigaciones en los ríos. Los valores de gravedad fueron conectados al RFG (Red Fundamental de Gravedad).

En el último año, varios estudios nos fueron realizados en la parte central del país.

Se espera que las mediciones absolutas que sean hechas en el próximo año.

Río AGUARICO



Río NAPO

★ Red Fundamental de Gravedad

ESFUERZOS EN PARAGUAY ÚLTIMOS 10 AÑOS

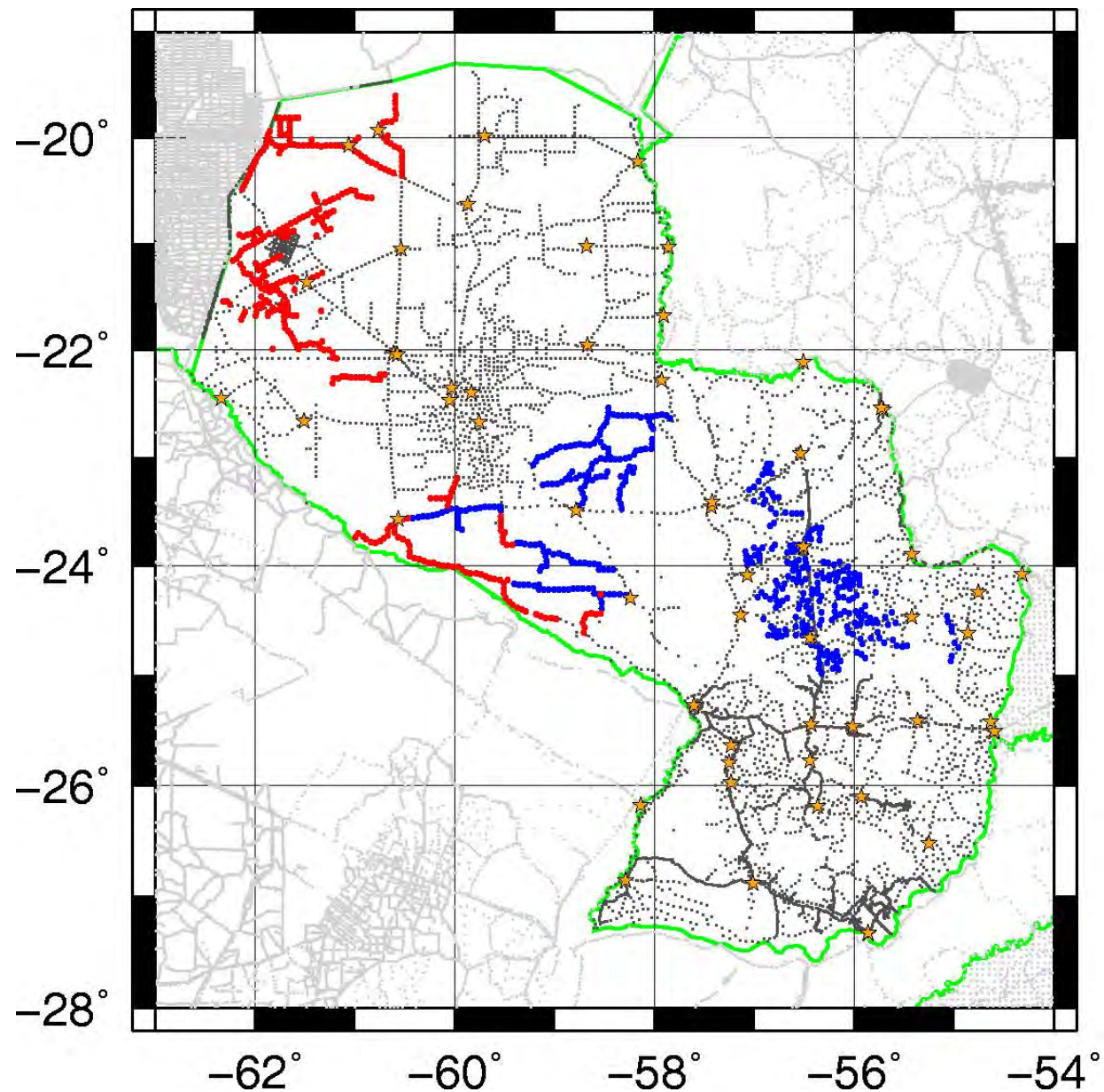
● SAGS2010-2011

● SAGS2011-2012

★ Red Fundamental de
Gravedad

771 nuevas estaciones de
gravedad

Observaciones gravedad
absoluta serán llevadas a
cabo en el futuro.



ESFUERZO RECIENTE Venezuela

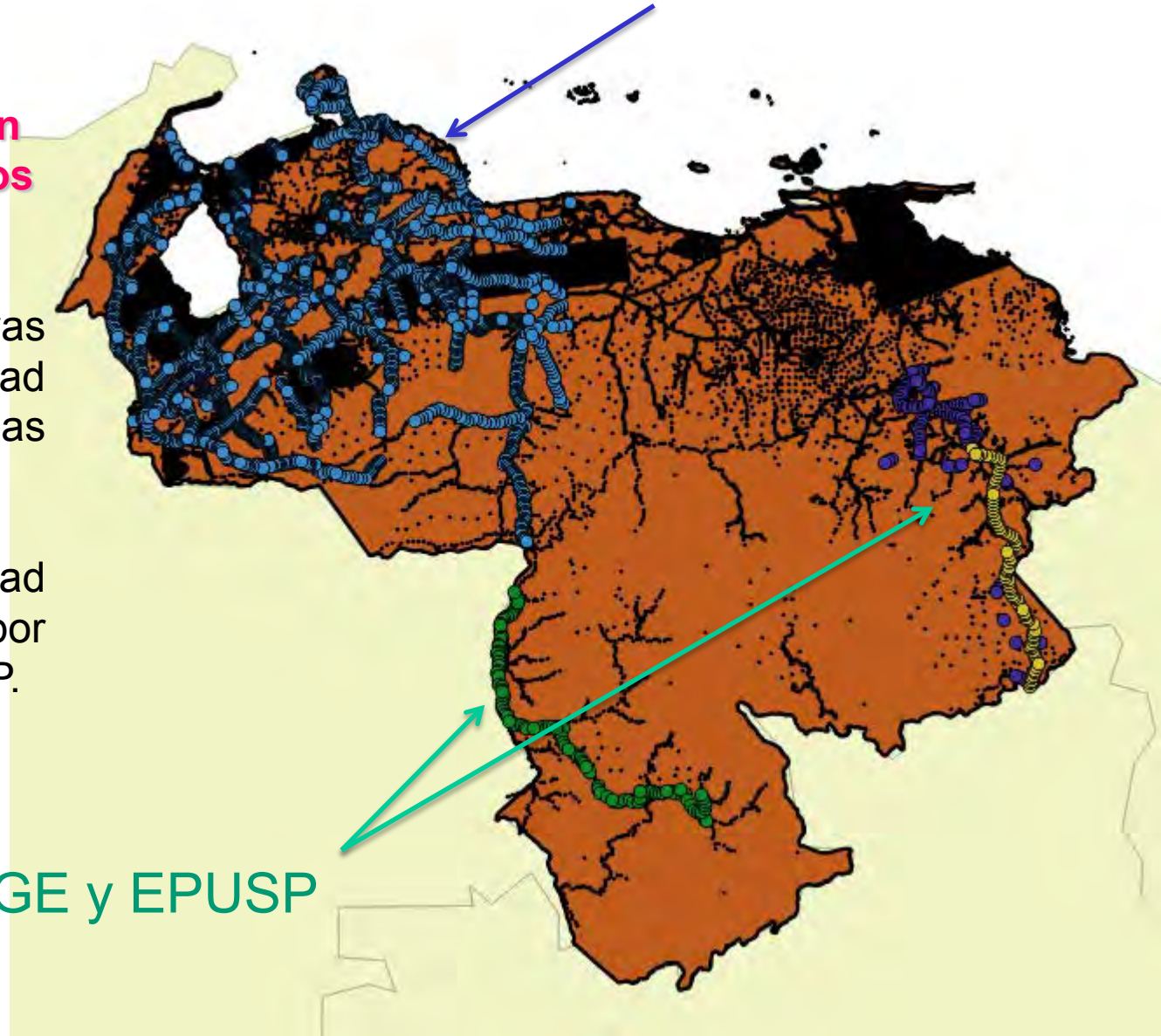
IGVSB (Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar)

**Red de densificación
en las carreteras / ríos
en el Sur.**

Un total de 2.804 nuevas
estaciones de gravedad
han sido medidas
recientemente.

Datos de gravedad
fueron observados por
IGVSB, IBGE y EPUSP.

IGVSB, IBGE y EPUSP



IGVSB (Instituto Geográfico Venezolano Simon Bolivar)

ESFUERZO RECIENTE - Venezuela Equipo de trabajo de campo





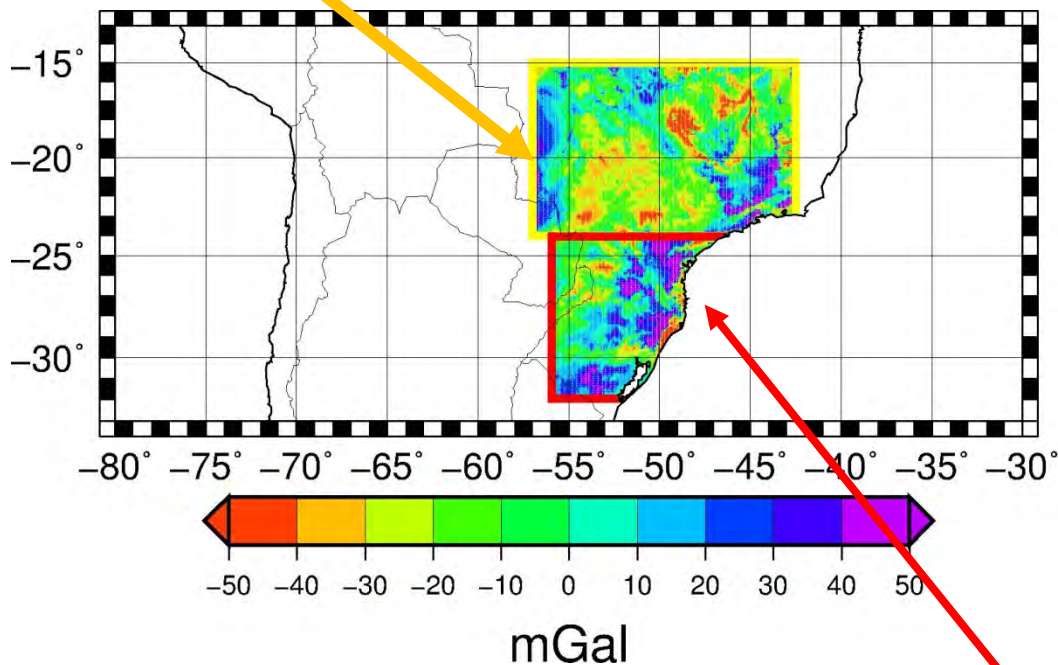
El modelo de geoide GEOID2015

- El modelo fue basado en **EIGEN-6c4*** hasta **grado y orden 200** como campo de referencia.
- La **zona de los océanos** fue completada con la gravedad media aire-libre derivada del **modelo de altimetría de satélite** *Danish National Space Center, DTU10*.
- Las **anomalías completas de Bouguer, las anomalías de gravedad de Helmert y el efecto topográficos indirecto primario** fueron derivado a través del paquete canadiense **SHGEO (DTM → SAM3s_v2)**.
- La **componente de longitud de onda corta** fue estimada por **FFT** con la modificación del Kernel propuesta por Featherstone.

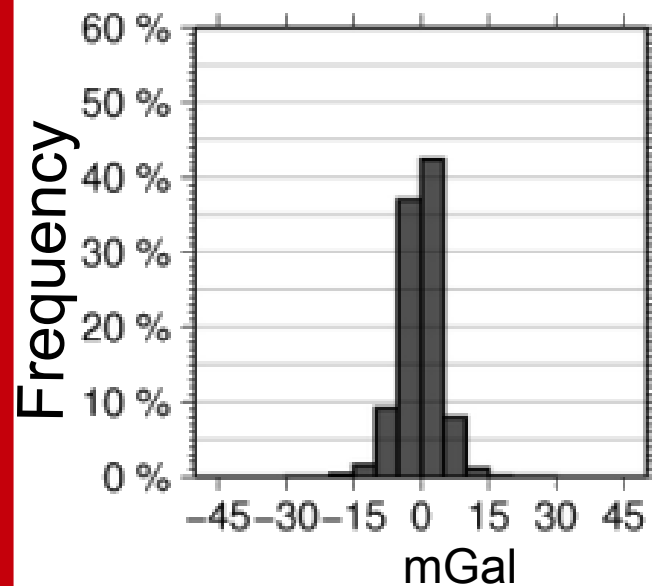
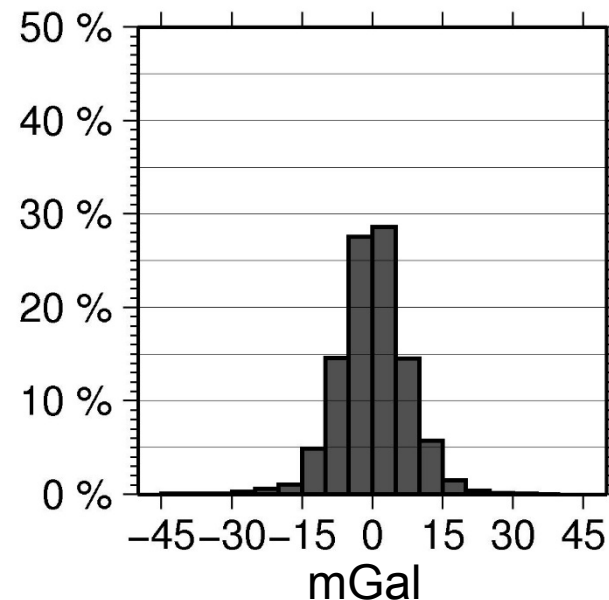
Red neuronal

Anomalía de Helmert

18.691 puntos para la estimación, 4.627 puntos utilizados para la validación, en un total de 23.363.



16.686 puntos para la estimación, 4.171 puntos utilizados para la validación, por un total de 20.857.



**Modelo geoidal
(cuasi-geoide)
en América del Sur**

GEOID2015

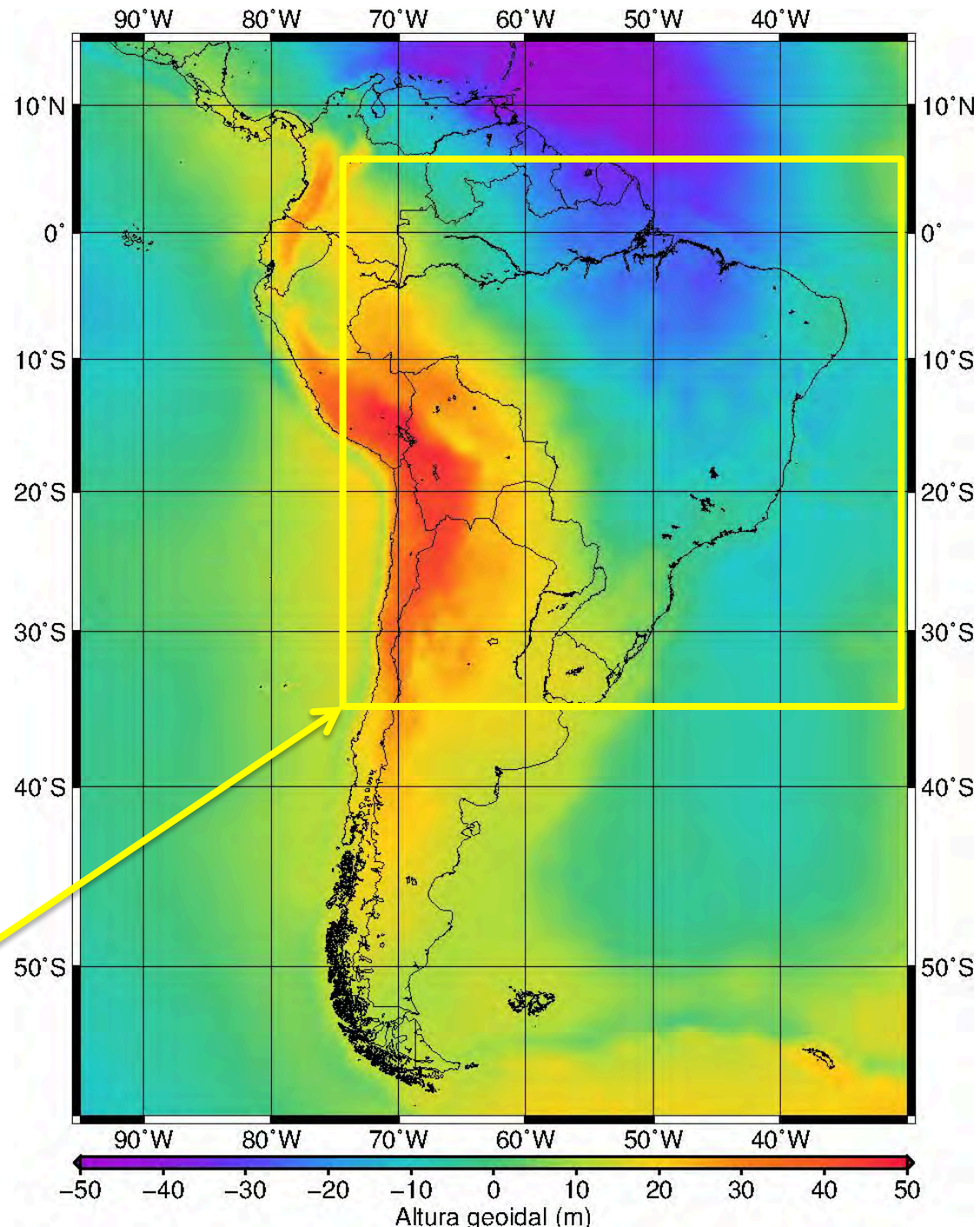
**Dimensión de la red
5' x 5'**

15° N y 57° S
en latitude

95° W y 30° W
en longitude

International Service for the
Geoid (ISG)

MAPGEO2015



El análisis estadístico de **1.319** GNSS/nivelación en América del Sur

	EGM2008 (2190)	EIGEN-6C4 (2190)	DIR_R5 (300)	GEOID2015	GEOID2015 Sin grau- cero
Mean	0.11	0.09	0.09	0.23	-0.18
RMS diff	0.40	0.34	0.50	0.46	0.49
Max.	2.51	2.57	3.00	2.30	1.86
Min.	-3.01	-3.31	-2.63	-2.52	-2.97

EIGEN-6C4 presenta un mejor resultado.

En **GEOID2015** y **MGGs** fue agregado un **termo de grau-cero de -41cm.**

Diferencia RMS entre alturas geoidales de puntos GNSS /Niv y anomalías de altura de los MGGs (grado máximo) para cada país en metros.

País (Número de puntos GNSS/RN)	EGM2008 (2190)	EIGEN-6C4 (2190)	DIR_R5 (300)	GEOID2015	GEOID2015 Sin grau-cero
Argentina (296)	0.32	0.32	0.36	0.60	0.29
Brazil (592)	0.27	0.19	0.30	0.17	0.44
Chile (173)	0.63	0.62	0.72	0.77	0.57
Ecuador (60)	0.74	0.66	0.97	1,17	0.87
Uruguay (11)	0.55	0.57	0.58	0.65	0.56
Venezuela (187)	0.43	0.43	0.69	0.47	0.64

EIGEN-6C4 y **EGM2008** muestran resultados similares en Argentina e Venezuela.

EIGEN-6C4 muestra mejores resultados en Chile y Ecuador

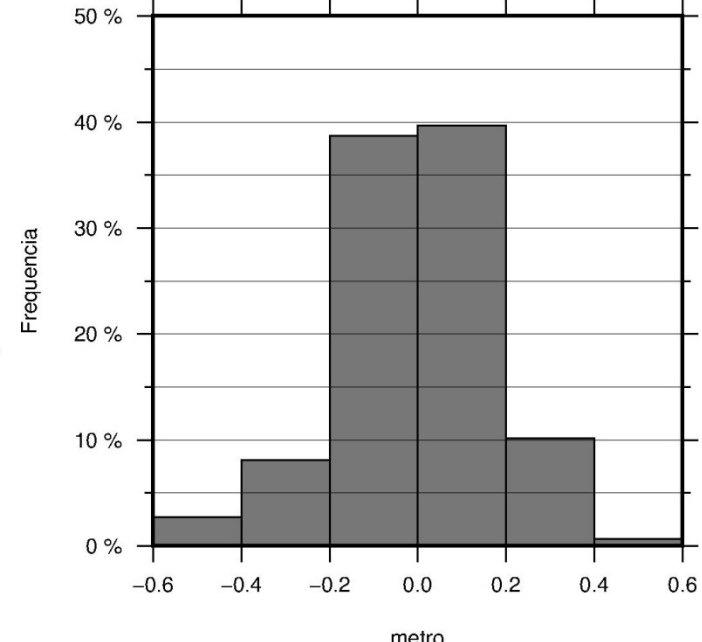
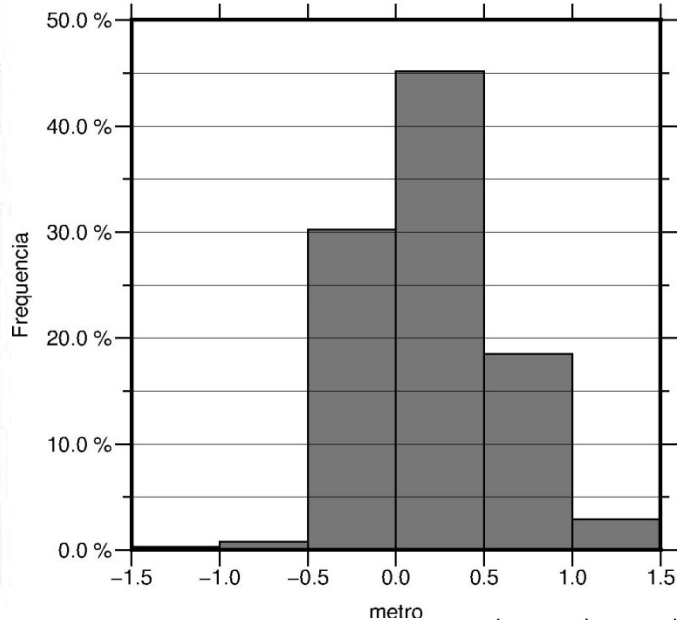
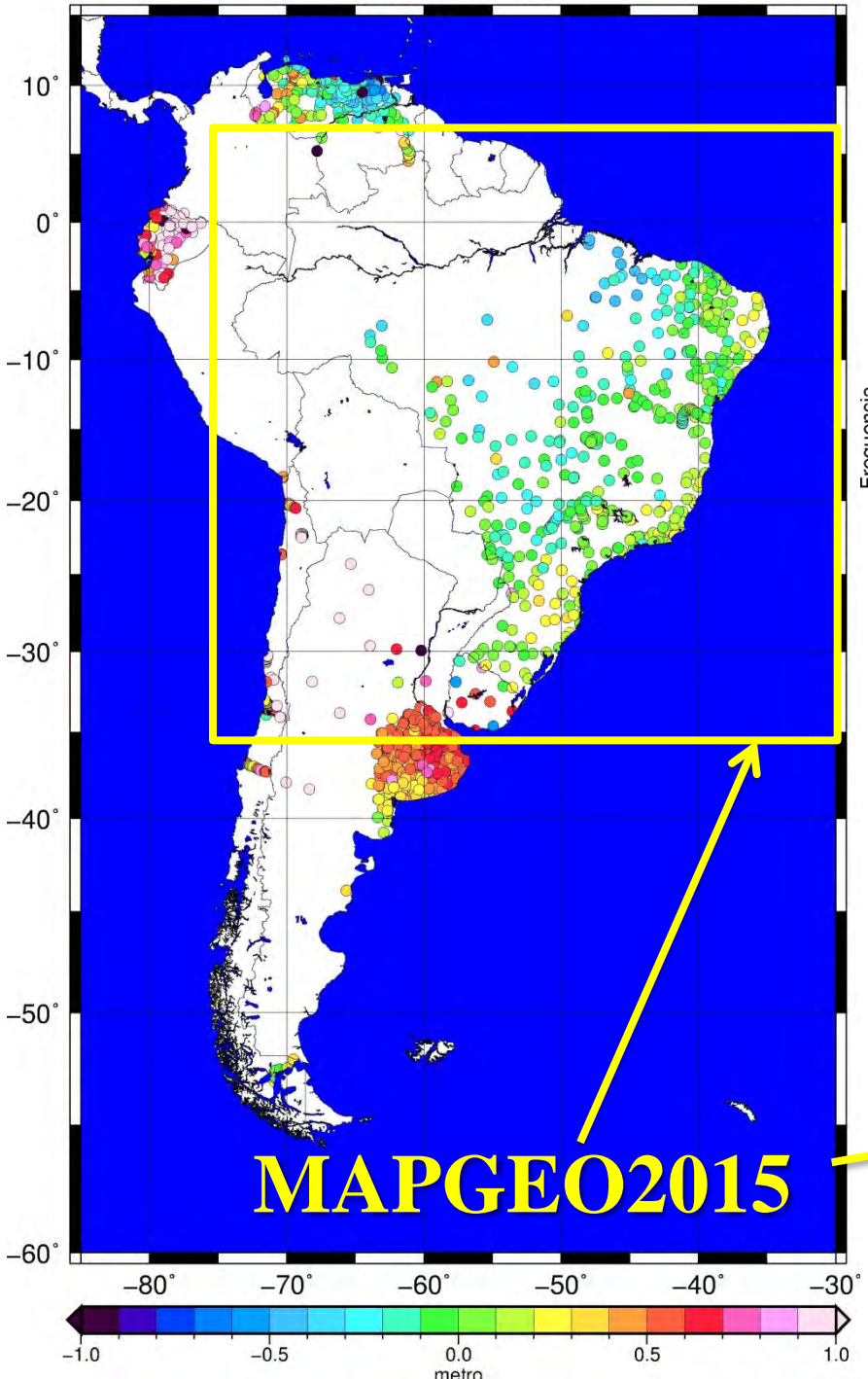
El **GEOID2015** muestra los mejores resultados para Brasil.

En **GEOID2015** y **MGGs** fue agregado un **termo de grau-cero de -41cm.**

PROBLEMA: diferencias entre los diferentes sistemas de altura de los países estudiados.

$\Delta N(\text{GNSS}/\text{NIV} - \text{GEOID2015})$

El análisis estadístico de 1.319 GNSS/NIV ubicado en América del Sur GEOID2015 - EIGEN-6C4 (200)



CONCLUSIÓN – GEOID2015

- ❖ A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años, por las diferentes organizaciones, universidades e institutos de investigación para llenar las áreas sin datos de gravedad terrestre, todavía hay grandes vacíos.
- ❖ Las alturas del geoide asociados con GNSS/NIV tienen su inexactitud debido al error del espíritu de nivelación geométrica, así como del GNSS. Sin embargo, la comparación es muy útil para cuidar la coherencia entre las dos alturas.
- ❖ Se espera que los estudios de nueva gravimetría y GPD/NIV en Estado de Amapá (Brasil) para 2015/2016. Acuerdo entre el gobierno del estado de Amapá, IBGE, LTG ya está establecido.

Gravedad absoluta

El proyecto en Brasil, Argentina y Venezuela con la coordinación de EPUSP/LTG y CENEGEO (Centro de Estudios de Geodesia) para establecer la red absoluta

Soporte:

IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico) en Brasil

IGN (Instituto Geográfico Nacional) en Argentina

IGVSB (Instituto Geográfico Venezolano Simon Bolivar) em Venezuela



Gravímetro absoluto Micro-g LaCoste A-10/32



Observatório Astronómico
Valinhos – SP

El gravímetro absoluto A-10 está trabajando en Brasil, Argentina y Venezuela para establecer puntos fundamentales de gravedad con gran precisión.

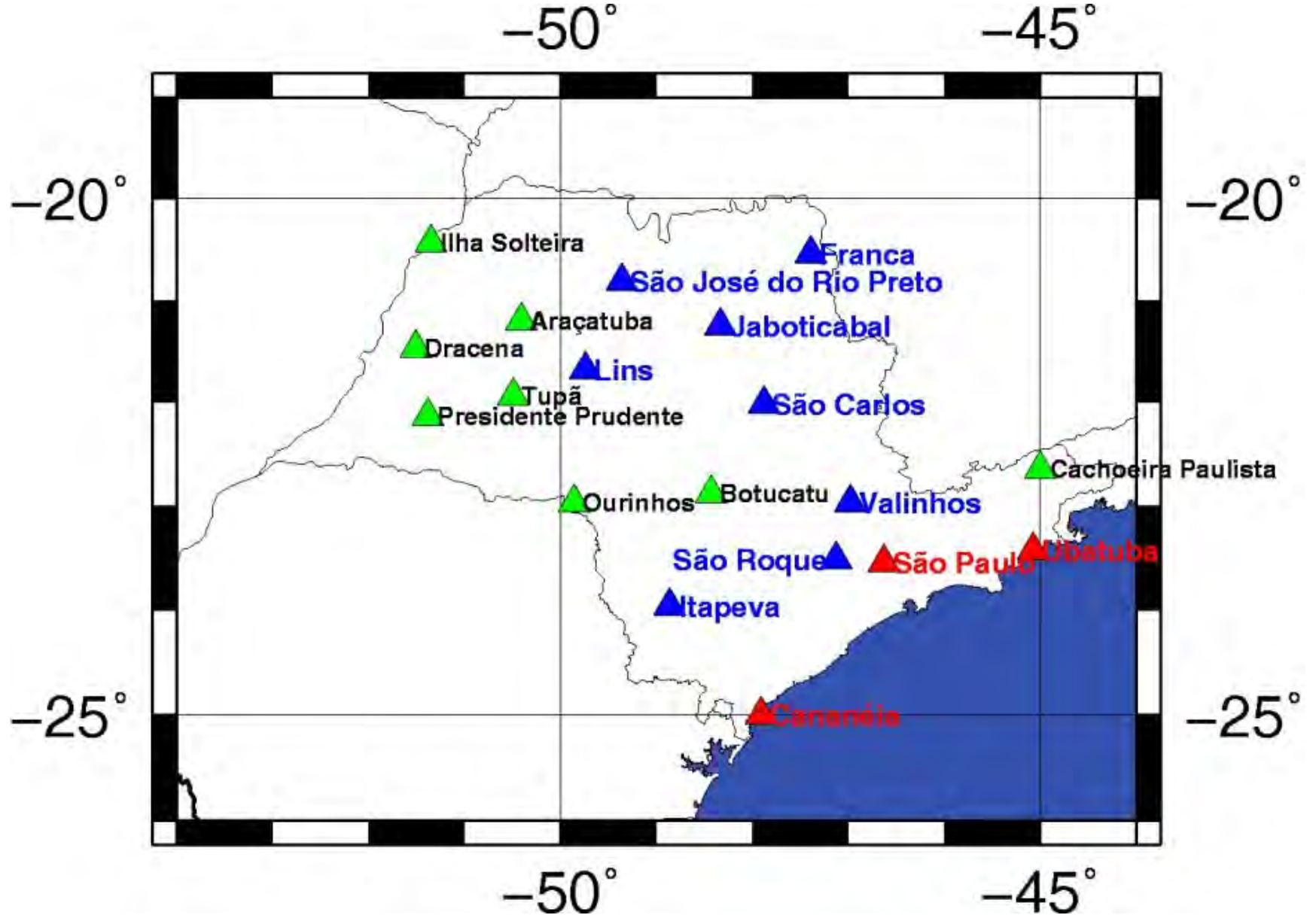
También se utiliza para controlar la deriva de la gPhone cuando necesario.

Gravedad absoluta – Vehículo usado



Gravedad absoluta – Interior del vehículo





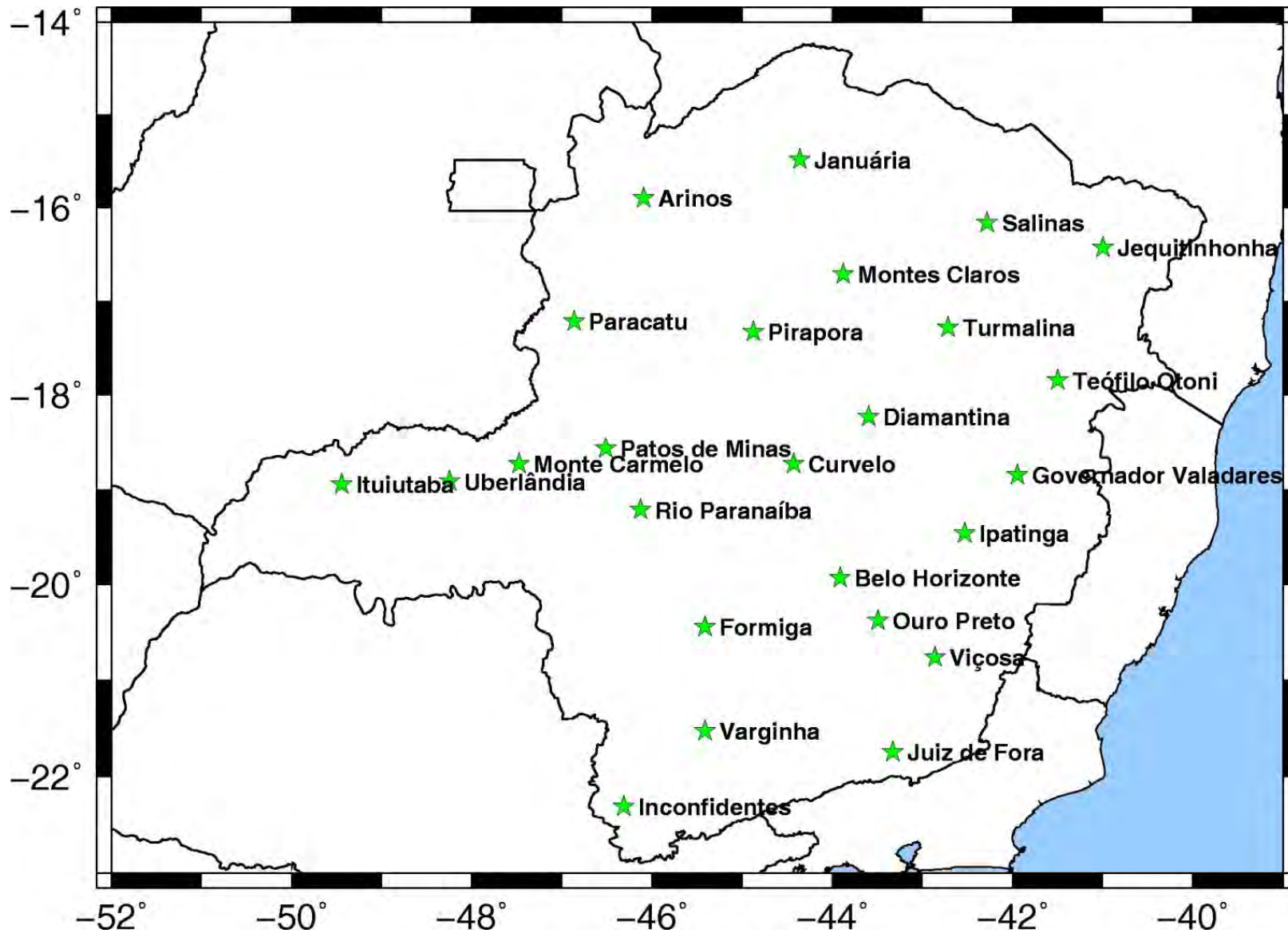
Re observación (3)

Nuevas estaciones (8)

Futuro (8)

Red absoluta en Minas Gerais

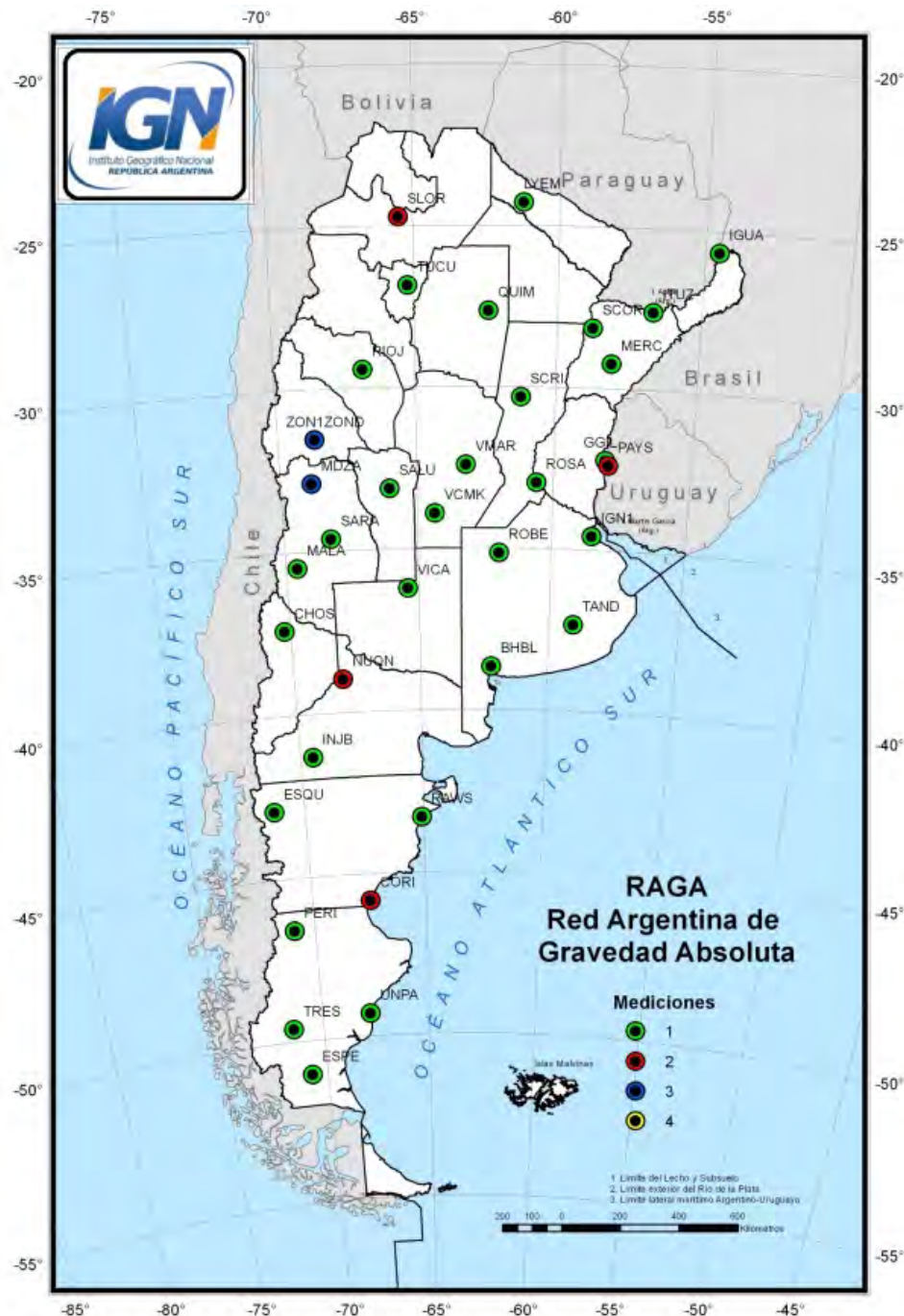
Está previsto un total de 25 puntos



2. IGN (Instituto Geográfico Nacional) proyecto en Argentina

2 campañas:
Norte (17 puntos)
Sur (15 puntos)

Una red de gravedad absoluta (RAGA) se establecieron en dos campañas diferentes en **2013 y 2014**. El total de 35 estaciones fueran observadas con el **A-10 (32)**. Parte de las estaciones fue una contribución de **BGI**.



IGVSB (Instituto Geográfico Venezuelano Simon Bolivar)

Proyecto de mediciones absolutas

Está previsto un total de 10 puntos que se establecerá en dos campañas.

En el momento en que un primer esfuerzo está en marcha.



Modelo de marea terrestre

**Un proyecto en Brasil
coordinado por
EPUSP / LTG y CENEGEO
(Centro de Estudios de
Geodesia) para establecer un
modelo de marea de la Tierra**

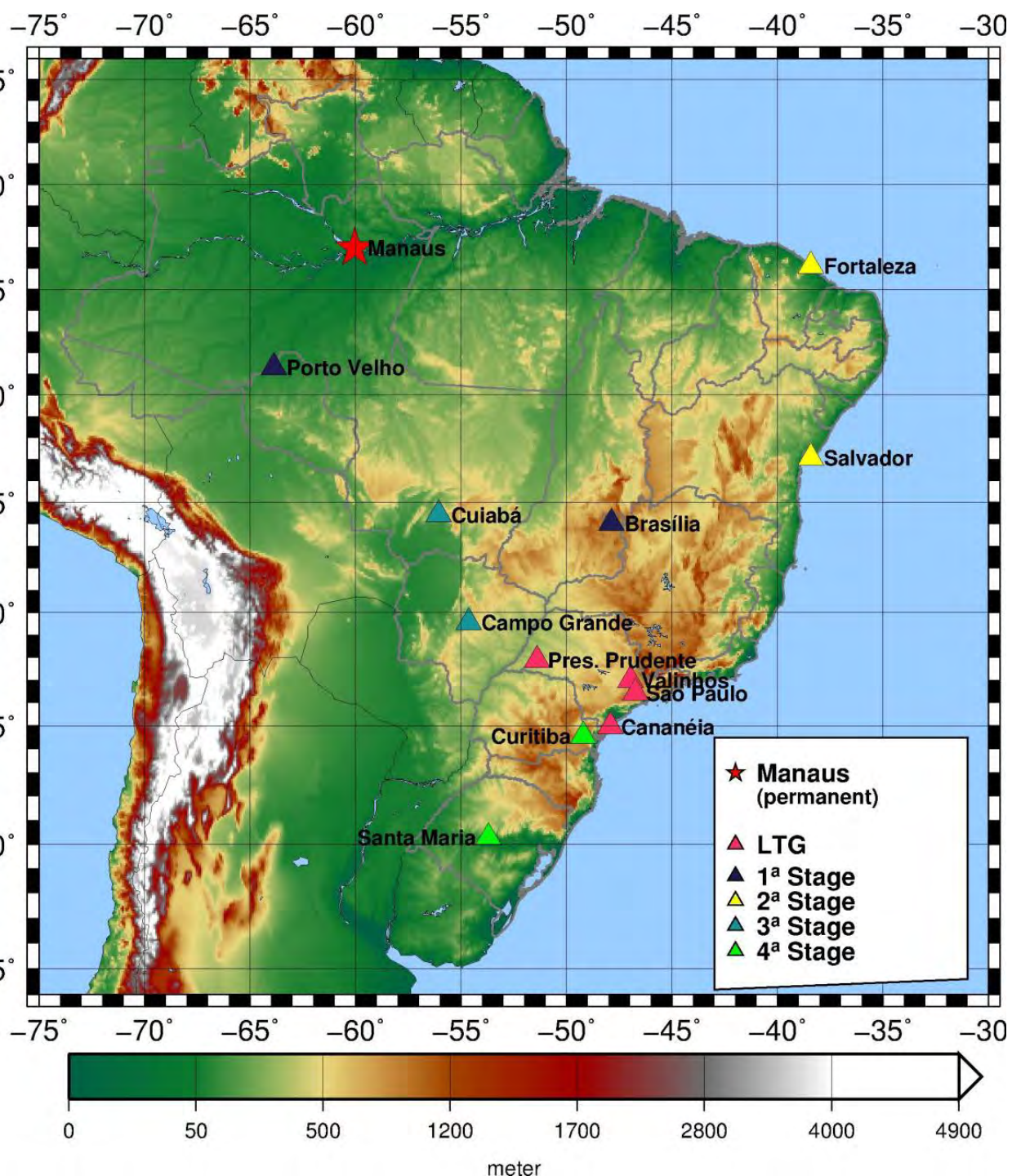


Soporte:
GEORADAR Levantamentos Geofísicos S.A.



gPhone Micro-g LaCoste 105 – Presidente Prudente - UNESP





2012 – São Paulo y Valinhos

2013/2014 – Presidente Prudente y Cananéia

2014/2015 - Porto Velho

2015 - **Manaus** (CENSIPAM)

2016 – Brasília

Estamos utilizando programas de computadora TSoft y ETERNA para la preparación de los datos y para el análisis de las mareas.

Los proyectos proporcionarán información para las mejoras de los modelos de geoide.

Permitirán transformar altura geodésica, obtenidos en las investigaciones con Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS), en altura ortométrica con el mismo nivel de precisión de la determinación geodésica.

Agradecimientos

Los autores agradecen:

- Prof. Dr. Arthur Ellmann (Universidad Tecnológica de Tallinn), el Prof. Dr. Peter Vanicek Dr. y Prof. Marcelo Carvalho dos Santos (Universidad de New Brunswick) para enseñar el uso del paquete informático SHGEO.
- Fundación del Estado de São Paulo (FAPESP) por el soporte al proyecto temático;
- GETECH (Ian Somerton), NGA (Steve Kenyon);
- Las organizaciones civiles y militares en América del Sur (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Uruguay y Venezuela) por los inestimables esfuerzos para la Cooperación;
- GEORADAR Levantamentos Geofísicos S.A;
- Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo (IGC).