

SIMPOSIO SIRGAS 2018



Análisis de alternativas para el modelamiento del geopotencial en regiones con escasez de observaciones gravimétricas in situ: Caso de estudio ecuatoriano

José Carrión¹; Sílvio R. C. de Freitas²; Riccardo Barzaghi³

¹INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DE ECUADOR
DEPARTAMENTO DE GEODESIA



²UNIVERSIDAD FEDERAL DE PARANÁ
DEPARTAMENTO DE GEOMÁTICA



³POLITECNICO DE MILÁN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL



POLITECNICO
MILANO 1863

Aguascalientes, 11 de octubre de 2018



SIRGAS2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

CONTENIDO:

I. Introducción

II. Área de estudio y fuentes de datos

III. Métodos

IV. Análisis de resultados

V. Conclusiones y recomendaciones



COMENTARIOS GENERALES:

- La escasez de registros gravimétricos y una distribución espacial no homogénea de los mismos, son problemas recurrentes en países con características geográficas como las de Ecuador.
- La información gravimétrica constituye un insumo fundamental para el establecimiento de Sistemas Verticales de Referencia con características físicas.
- La realización de un Sistema Vertical de Referencia Global implica el establecimiento de estaciones fundamentales (estaciones IHRF), las cuales materializan al Datum Vertical.
- Para el establecimiento del IHRF es necesario el conocimiento de W_0^i y la respectiva discrepancia en términos de geopotencial con W_0 .
- **Es necesario buscar alternativas para mejorar la distribución de datos gravimétricos en zonas montañosas, con vegetación densa, con pobre infraestructura vial, regiones oceánicas y en general, de difícil acceso.**



SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

OBJETIVO: Analizar alternativas para la inclusión de información gravimétrica proveniente de modelos globales y de aerogravimetría para el cálculo del geopotencial en el contexto del establecimiento del IHRF.

JUSTIFICACIÓN:

La escasez de registros gravimétricos en regiones contiguas a las estaciones IHRF, genera la necesidad de incorporar en las soluciones para el cálculo del geopotencial, información colectada desde sensores aerotransportados o desde plataformas orbitales.

IGAG Resolution No. 1 (2015) for the definition and realization of an International Height Reference System: “the vertical reference level is an equipotential surface of the Earth gravity field with the geopotential value W_0 ”

$$W_0 = 62\,636\,853.4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$$

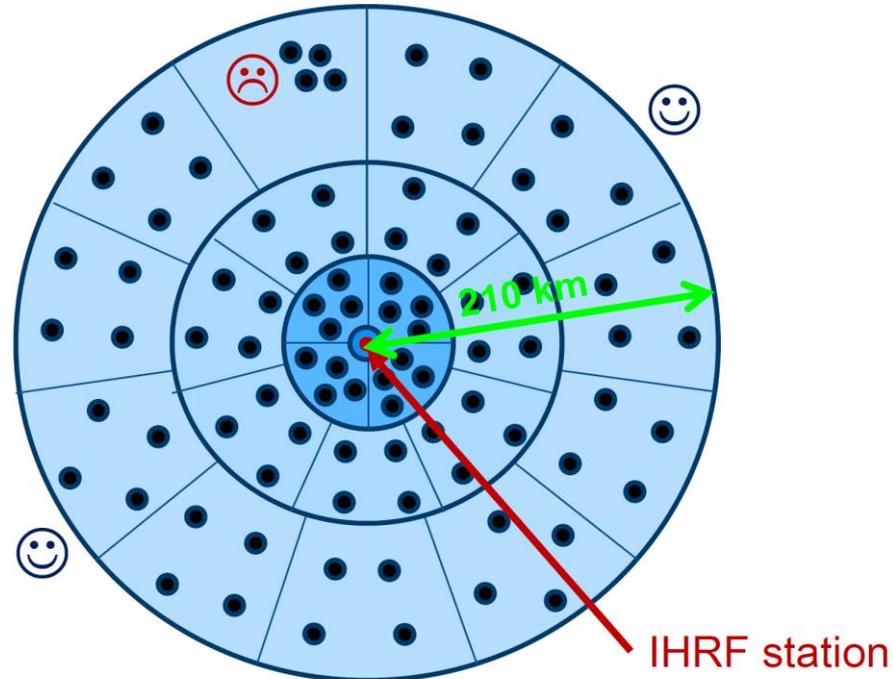
HIPÓTESIS:

Constituye la información gravimétrica proveniente de modelos globales y de aerogravimetría, una fuente de información válida para complementar registros gravimétricos observados *in situ* y utilizados en el modelamiento del geopotencial en estaciones IHRF?



SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

Distribución de registros gravimétricos alrededor de las estaciones IHRF



Fuente: Sánchez L., 2016

Región	Radio (km)	Compartimentos	N° registros	
			Plano	Montañoso
I	10	1	4	8
II	50	4	20	30
III	110	7	30	45
IV	210	11	50	75
TOTAL		23	104	158

Fuente: Sánchez L., 2016

*Estimation of the Geopotential Value W_0 for the Local Vertical Datum of Argentina
Using EGM2008 and GPS/Levelling Data W_0^{LVD} (2015)*

C. Tocho; G.S. Vergos

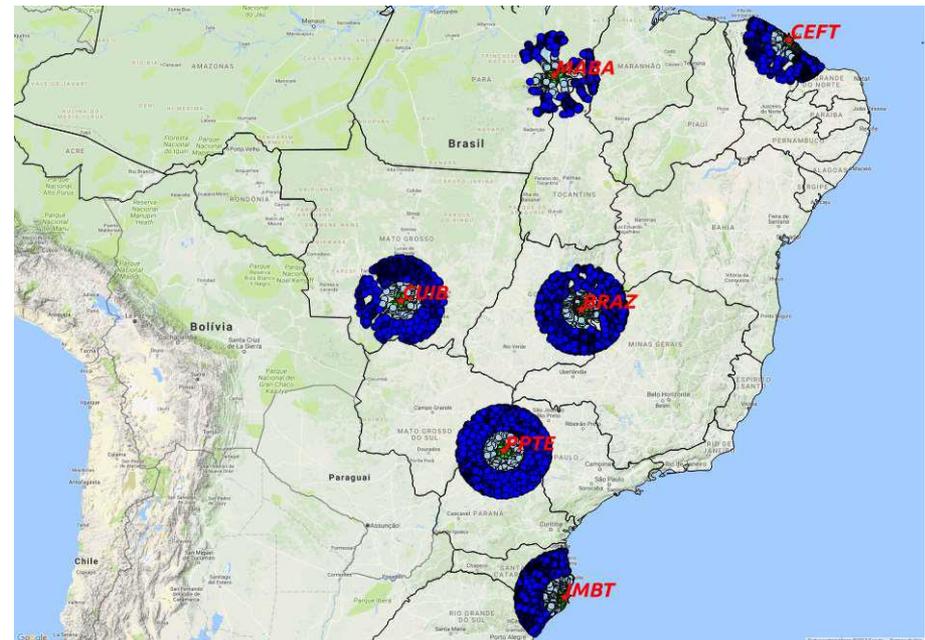
Estimación del *offset*
vertical

Primeros esfuerzos para el establecimiento del IHRF en Brasil (2017)

D. Blitzkow; A.C.O.C. de Matos; S.M.A. Costa

Distribución de
estaciones IHRF

Cálculo preliminar del
potencial perturbador





ESTADO DEL ARTE

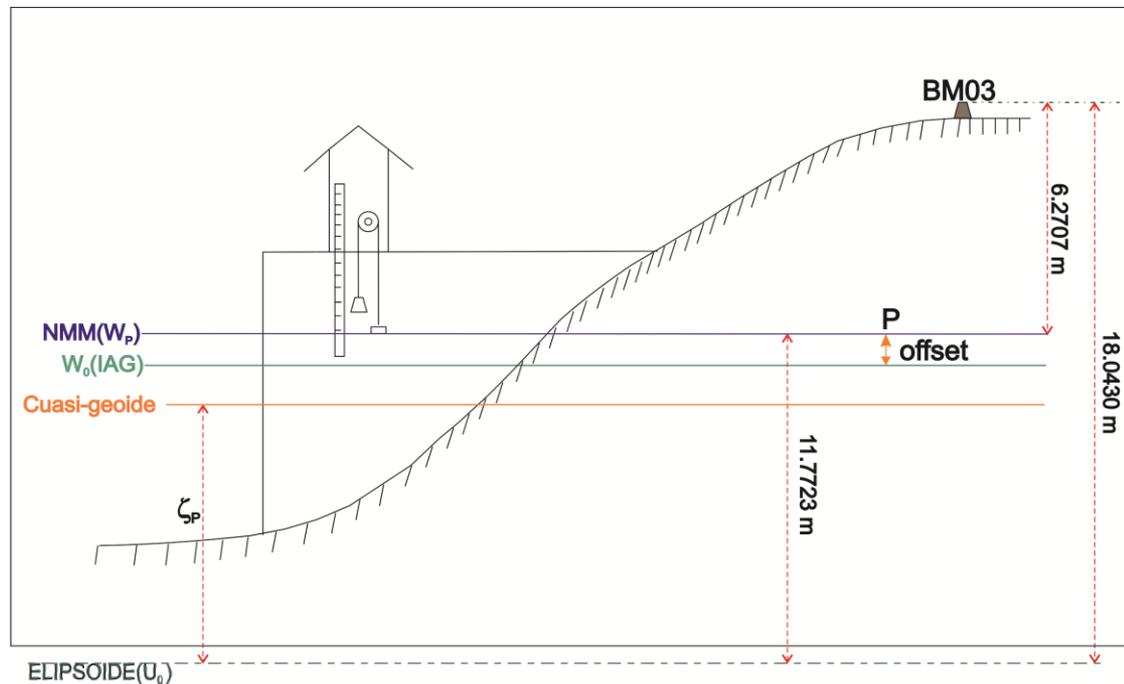
Vínculo do Datum Vertical Equatoriano ao IHR5 (2017) J.L. Carrión; S.R.C. de Freitas; R. Barzaghi

Solución libre del PVCG

Solución fija del PVCG



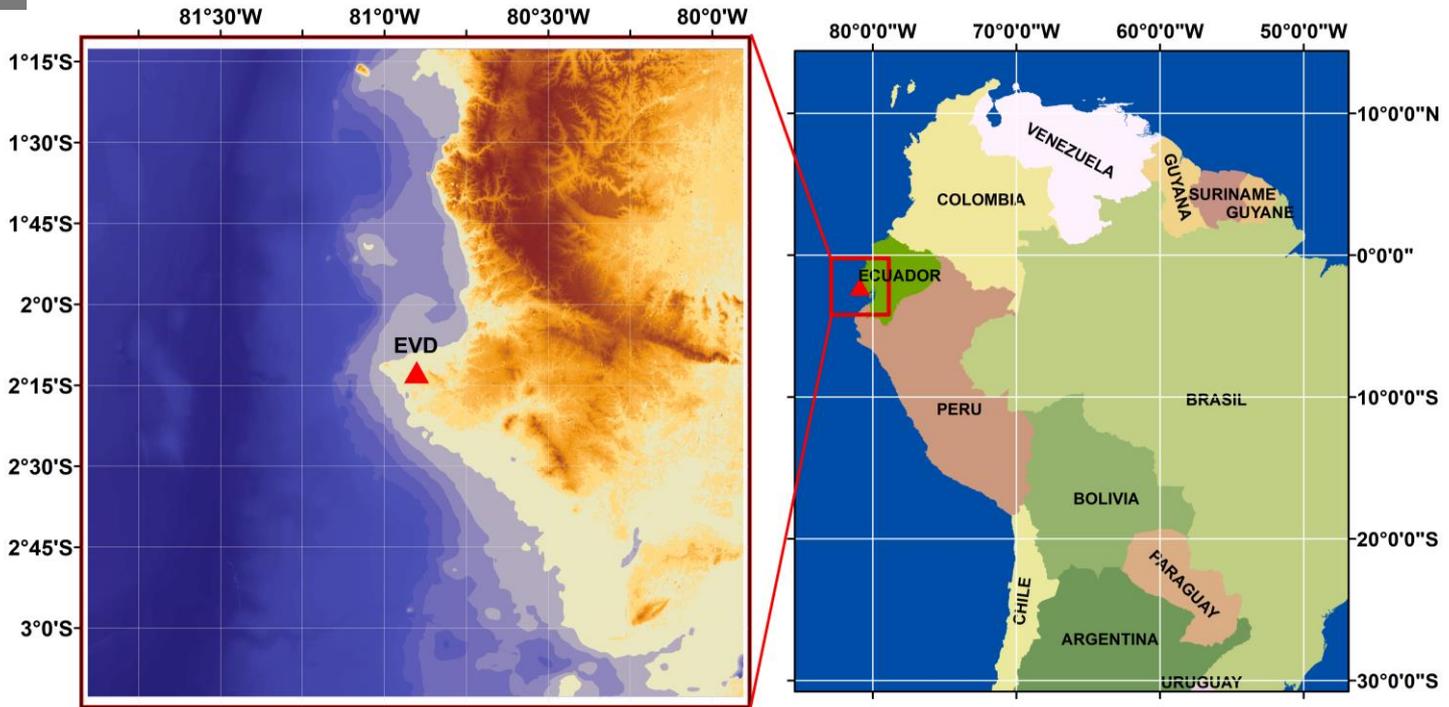
Estimación de W_0^i





SIRGAS 2018
 SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS
 Aguascalientes, México

La situación en Ecuador



Gravimetría terrestre			
Fuente	Motivación	Época	N°
Instituto Geográfico Militar	Propósitos geodésicos	~ 1960 - 2015	4808
Compañías petroleras	Prospección petrolera		
Gravimetría oceánica			
Buró Gravimétrico Internacional(BGI)	Usos generales	1959 - 1987	8549

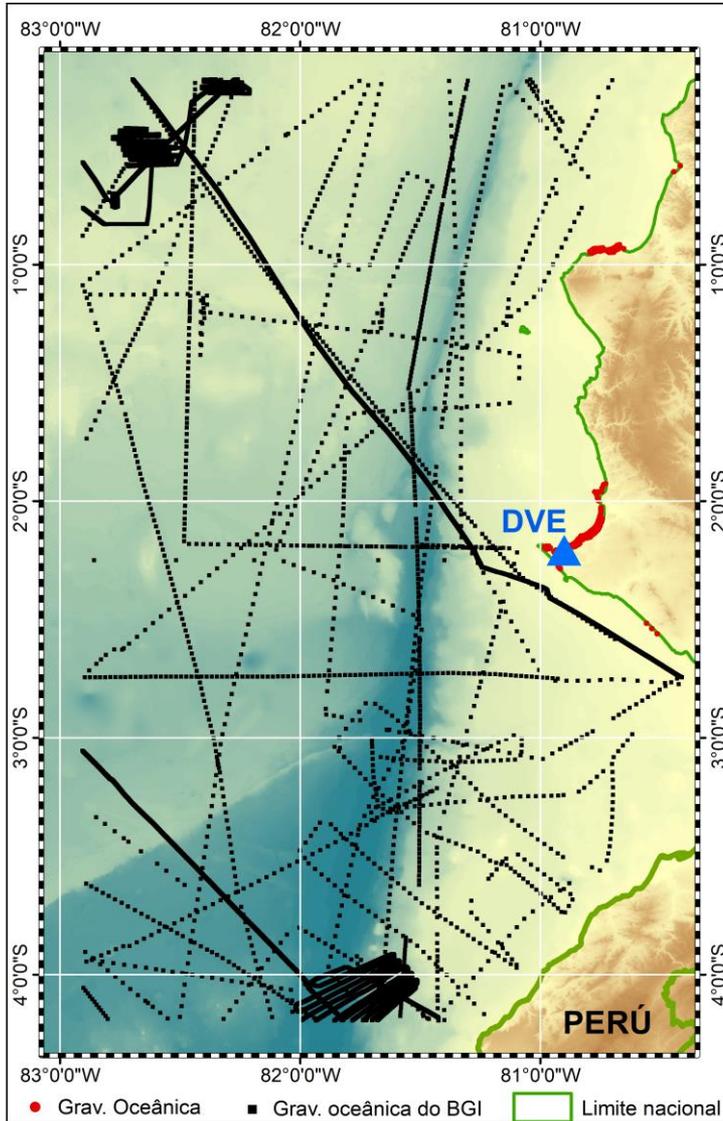


SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

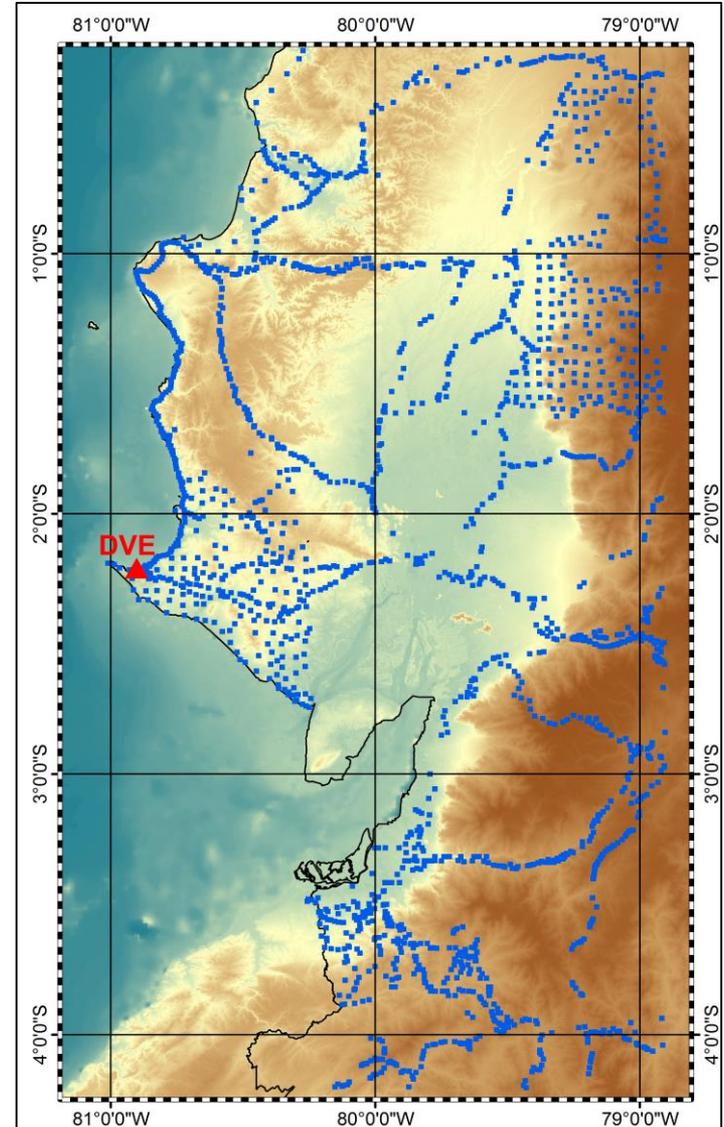
II. ÁREA DE ESTUDIO Y FUENTES DE DATOS

La situación en Ecuador

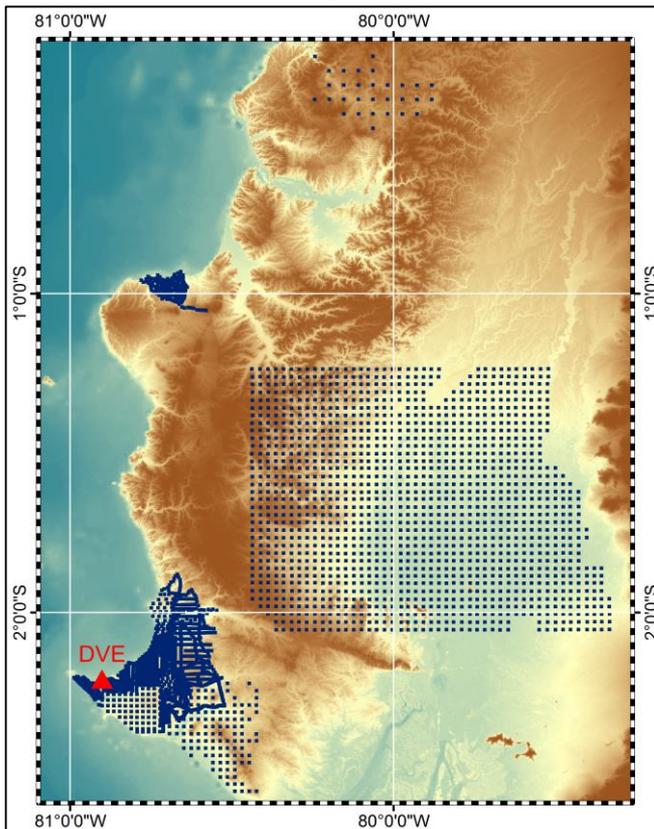
Gravimetría oceánica



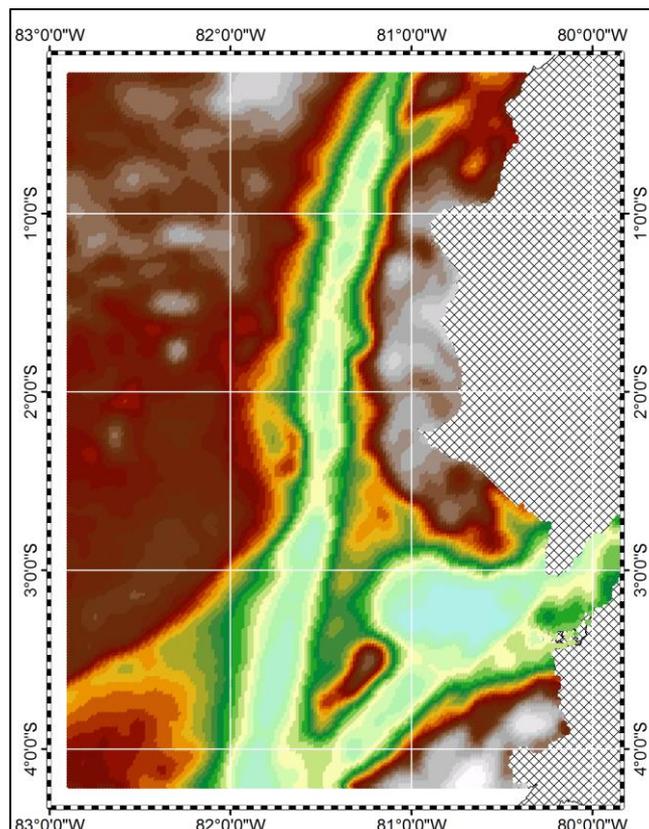
Gravimetría terrestre



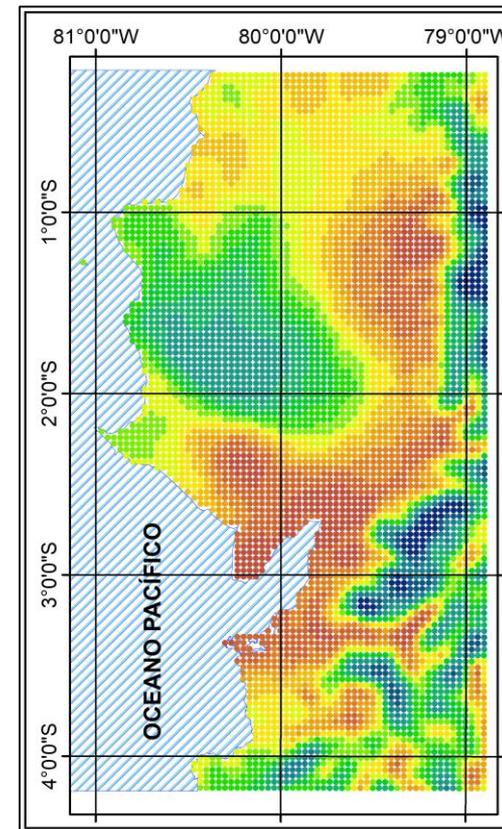
Aerogravimetría



DTU15



WGM2012

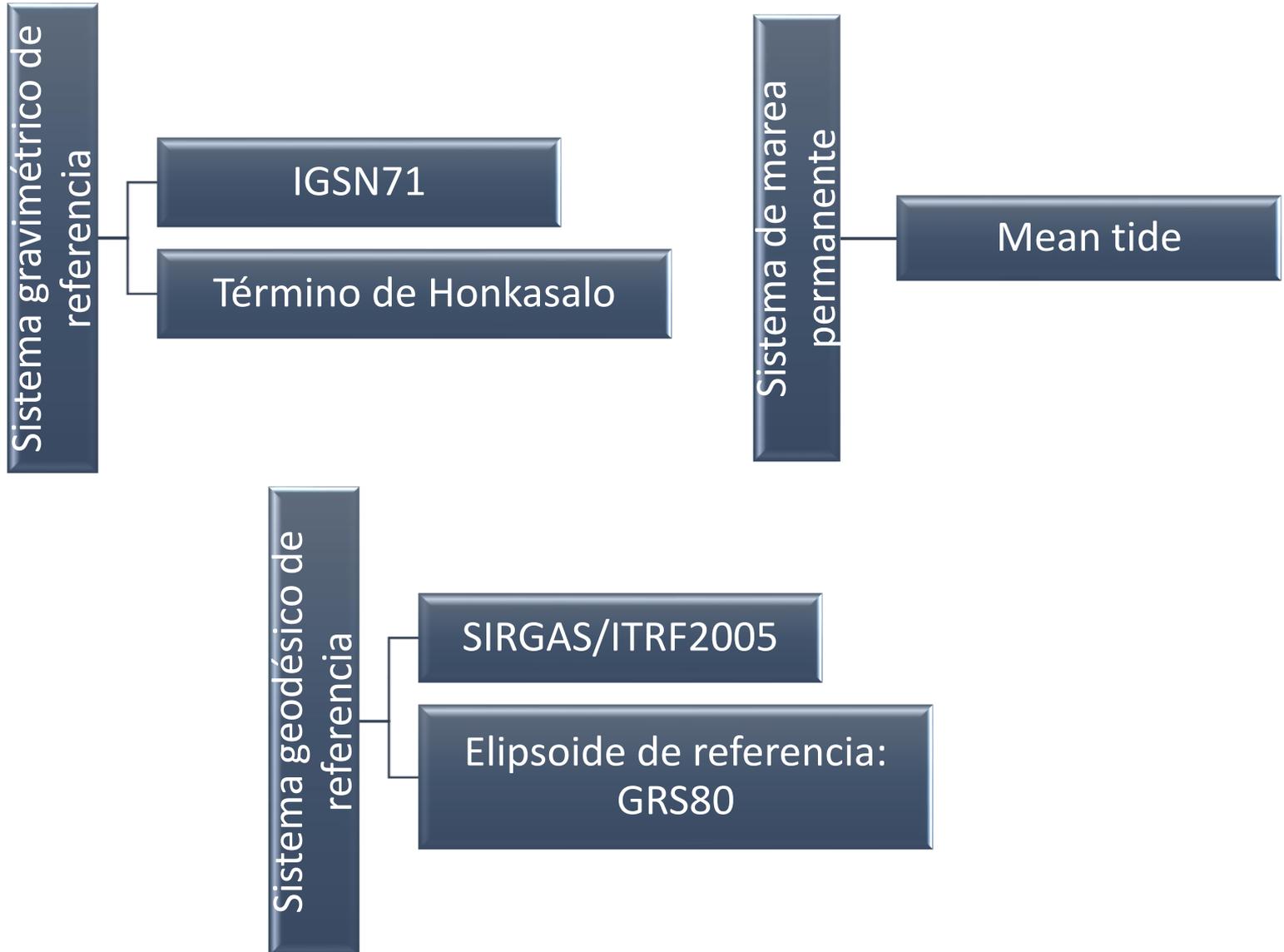


Fuente	Motivación	Época	N°
<u>Aerogravimetría</u>			
Subcomité de Gravimetría y Geoide para Sudamérica	Usos generales	—	3443
<u>DTU15</u>			
DTU space	Modelamiento del campo de gravedad	2015	1332
<u>WGM2012</u>			
Buró Gravimétrico Internacional (BGI)	Modelamiento del campo de gravedad	2012	712



SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

Homogeneización de la base de datos gravimétrica



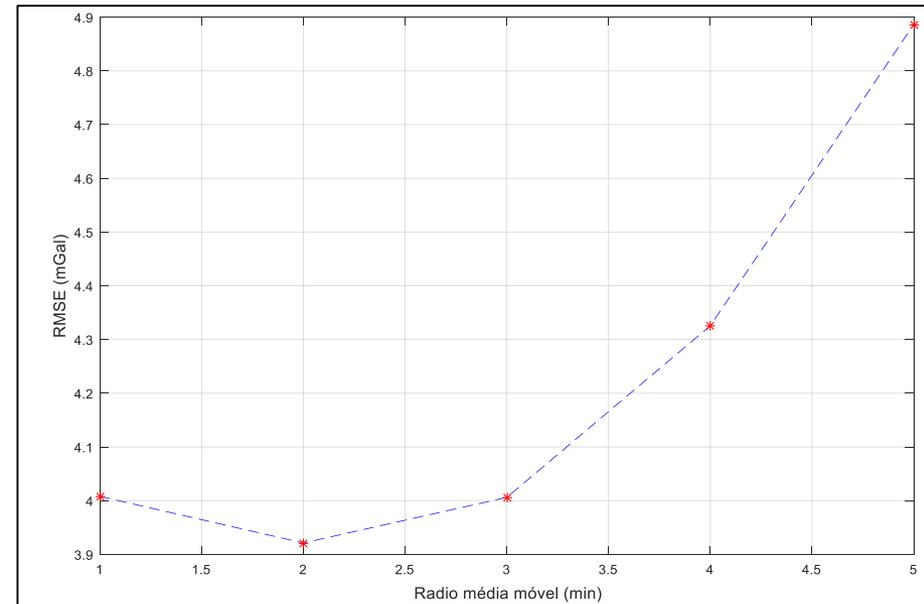


Análisis de DTU15: Modelamiento de la topografía residual

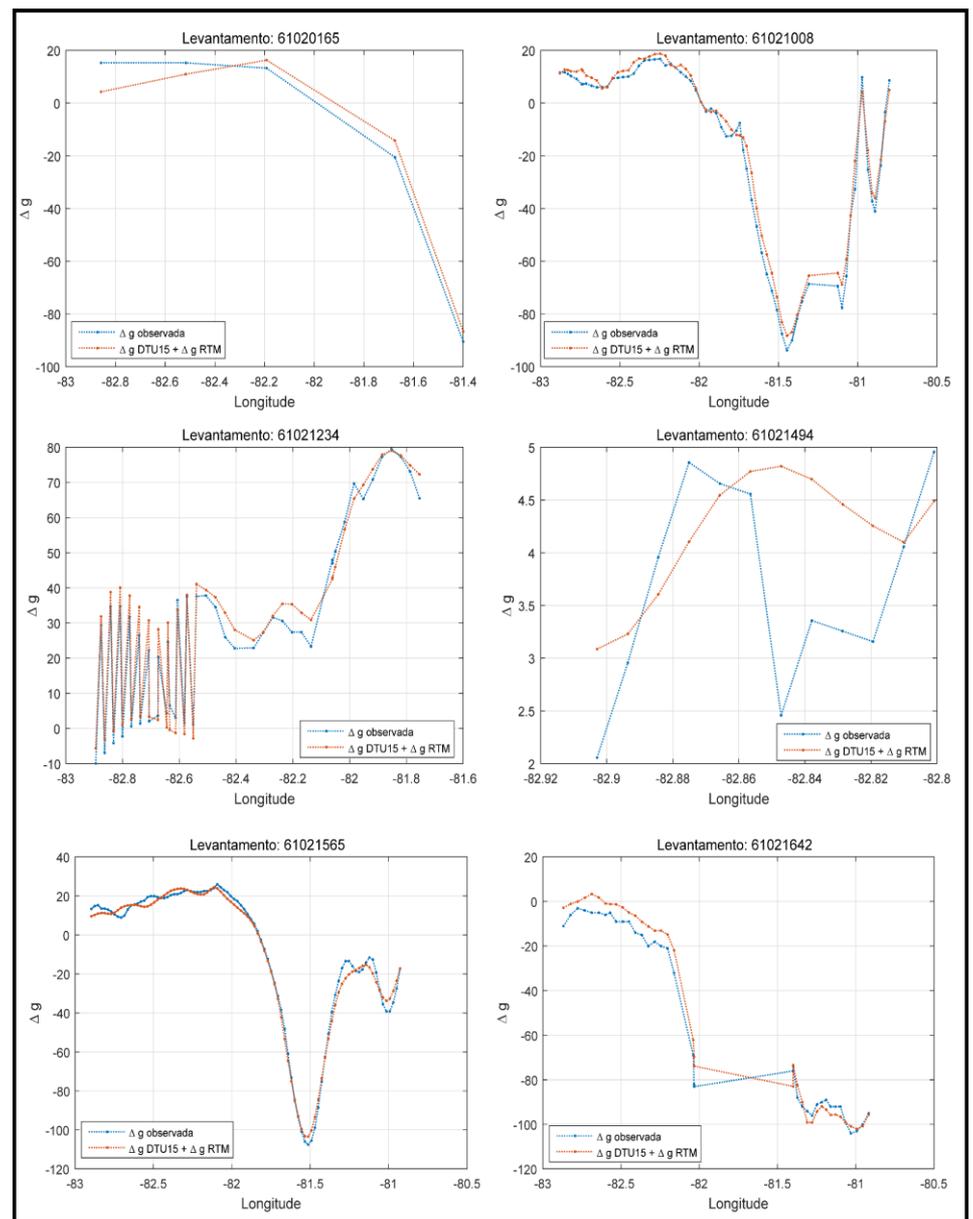
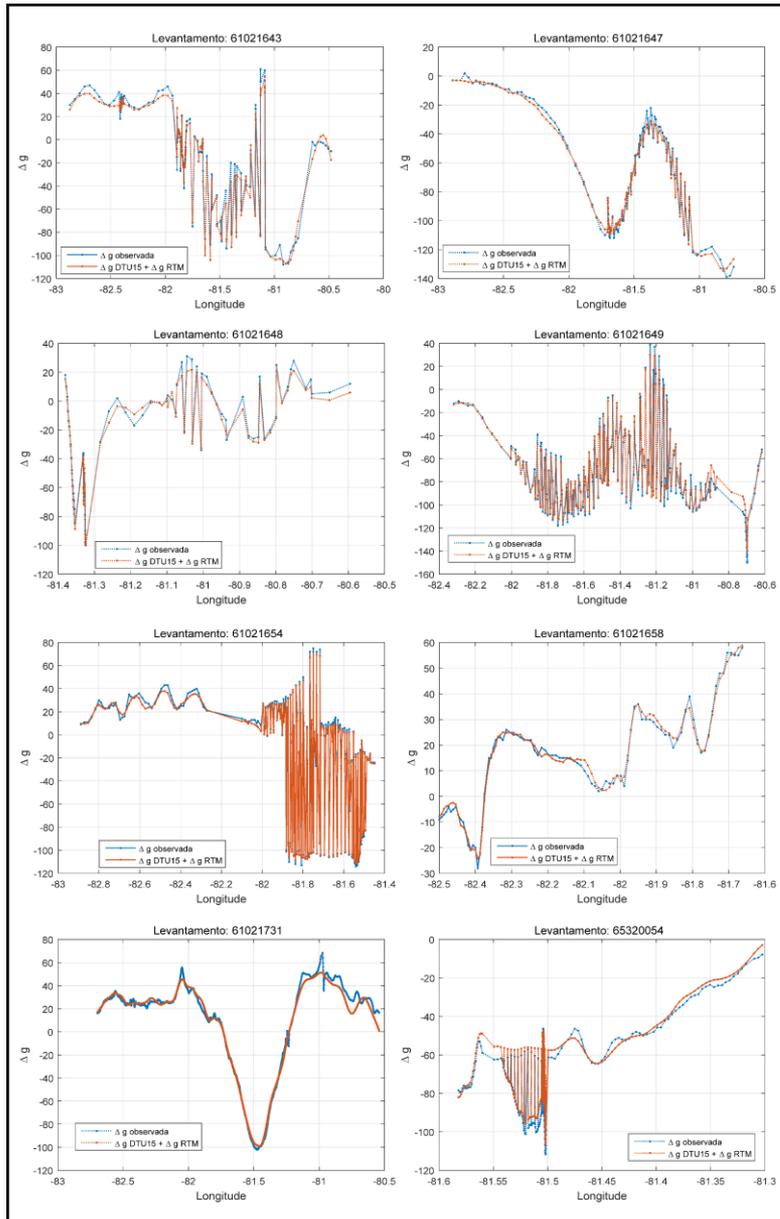
$$\Delta g_{res} = \Delta g_{obs} - \Delta g_{DTU15} - \Delta g_{RTM}$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta g_{obs}^i - \Delta g_{modelo}^i)^2}$$

Solución RTM	Radio media móvil (minutos)	RMS (mGal)
RTM1	1	4.01
RTM2	2	3.92
RTM3	3	4.01
RTM4	4	4.32
RTM5	5	4.88



Análisis de DTU15: Δg Vs. $\Delta g_{DTU15} + \Delta g_{RTM}$

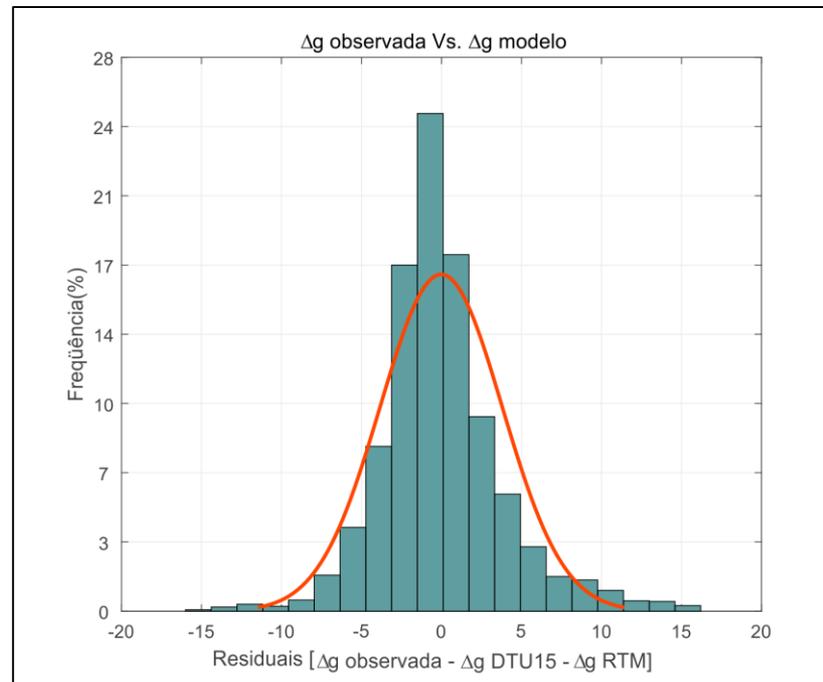




SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

Análisis de DTU15: Modelamiento de la topografía residual

	Antes	Después
Mínimo (mGal)	-59.91	-15.13
Máximo (mGal)	101.83	16.01
Media (mGal)	0.15	-0.02
Desviación estándar (mGal)	7.02	3.82
Coef. de correlación	0.98976	0.9968
N° Registros	8549	2891





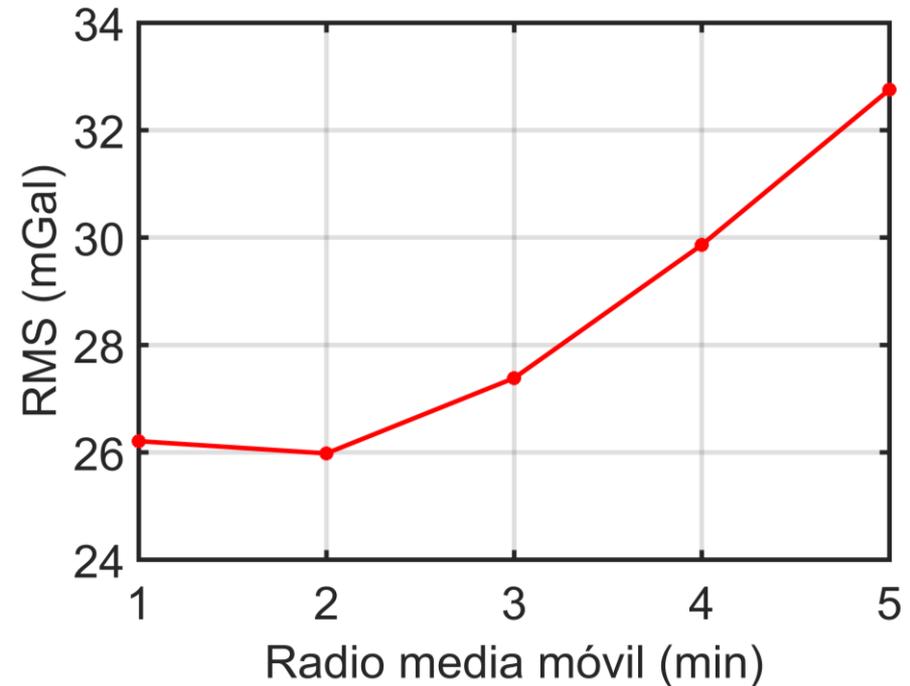
SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

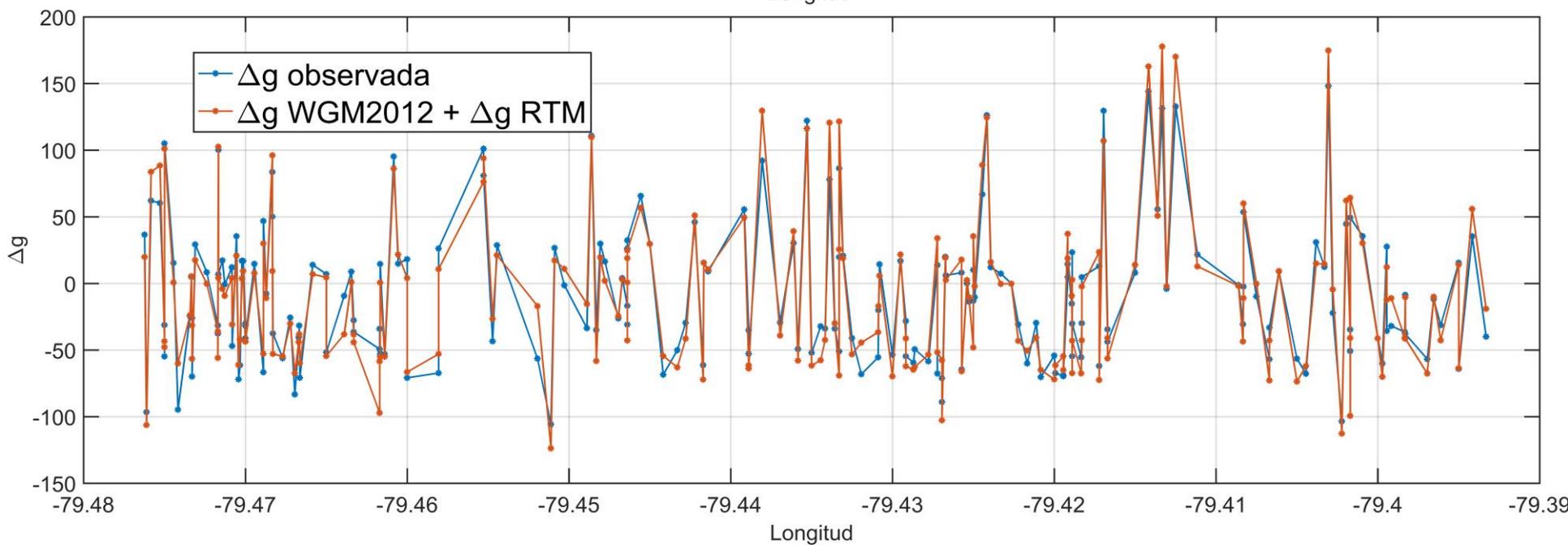
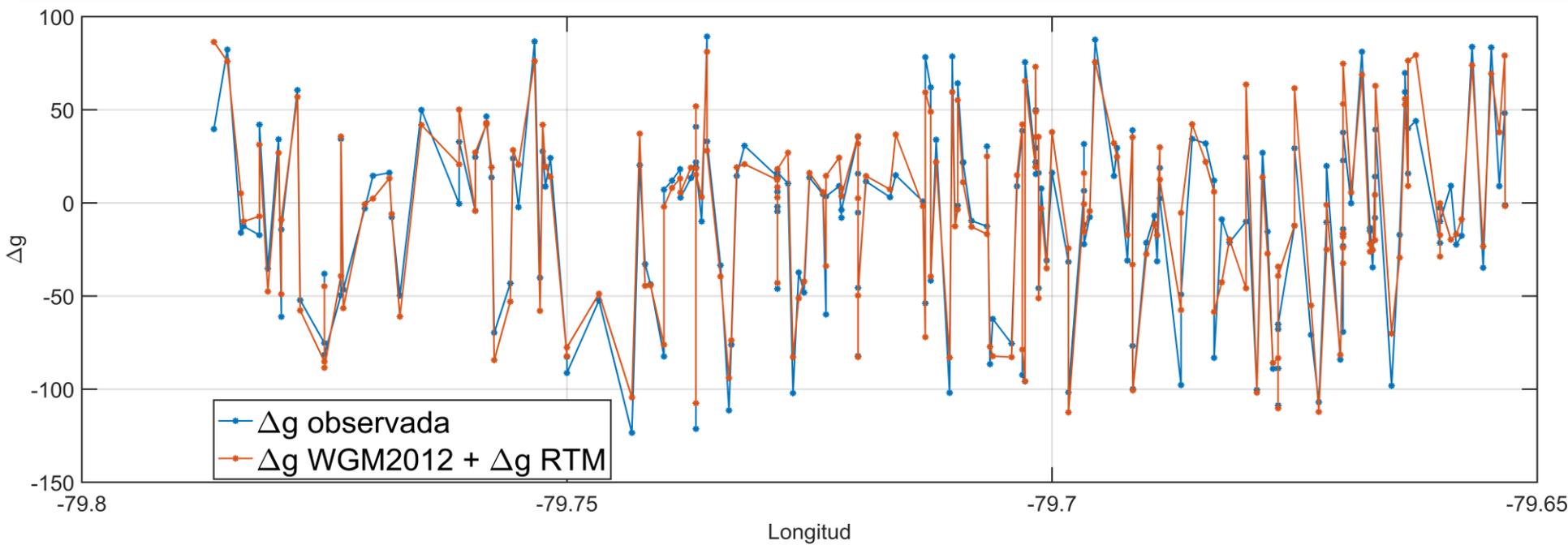
Análisis de WGM2012: Modelamiento de la topografía residual

$$\Delta g_{res} = \Delta g_{obs} - \Delta g_{WGM2012} - \Delta g_{RTM}$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta g_{obs}^i - \Delta g_{modelo}^i)^2}$$

Solución RTM	Radio media móvil (minutos)	RMS (mGal)
RTM1	1	26.21
RTM2	2	25.98
RTM3	3	27.38
RTM4	4	29.86
RTM5	5	32.76



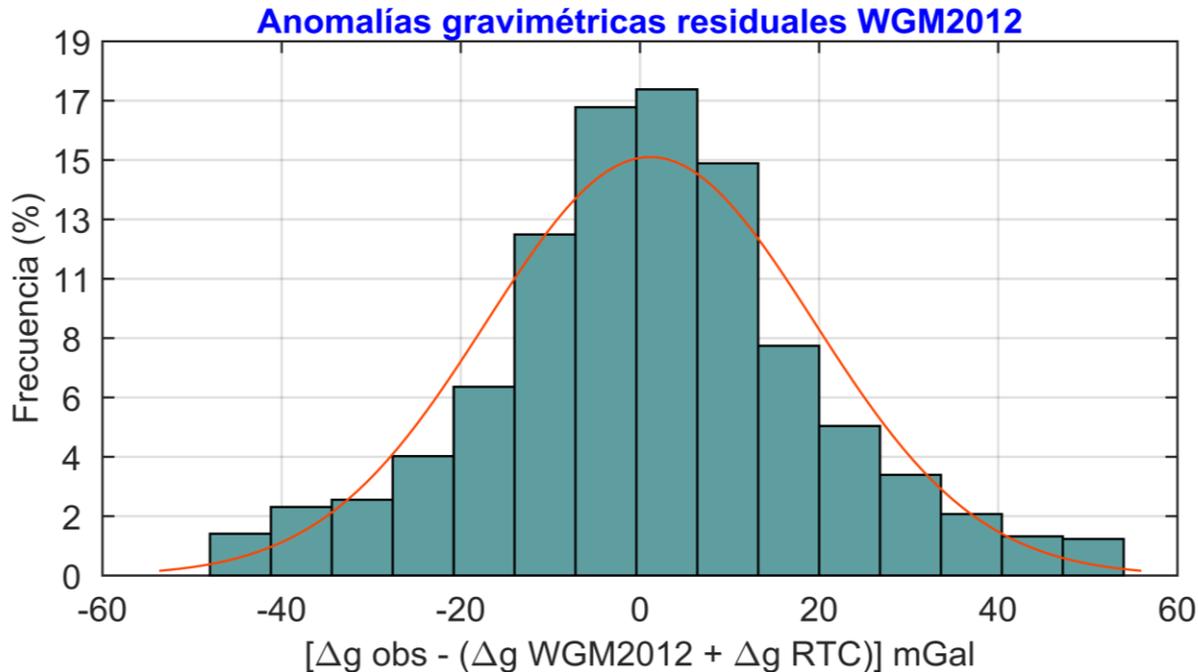




SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

Análisis de DTU15: Modelamiento de la topografía residual

	Antes	Después
Mínimo (mGal)	-156.99	-47.78
Máximo (mGal)	106.81	52.55
Media (mGal)	0.60	1.17
Desviación estándar (mGal)	25.97	18.27
Coef. de correlación	0.95	0.97
N° Registros	3384	3166

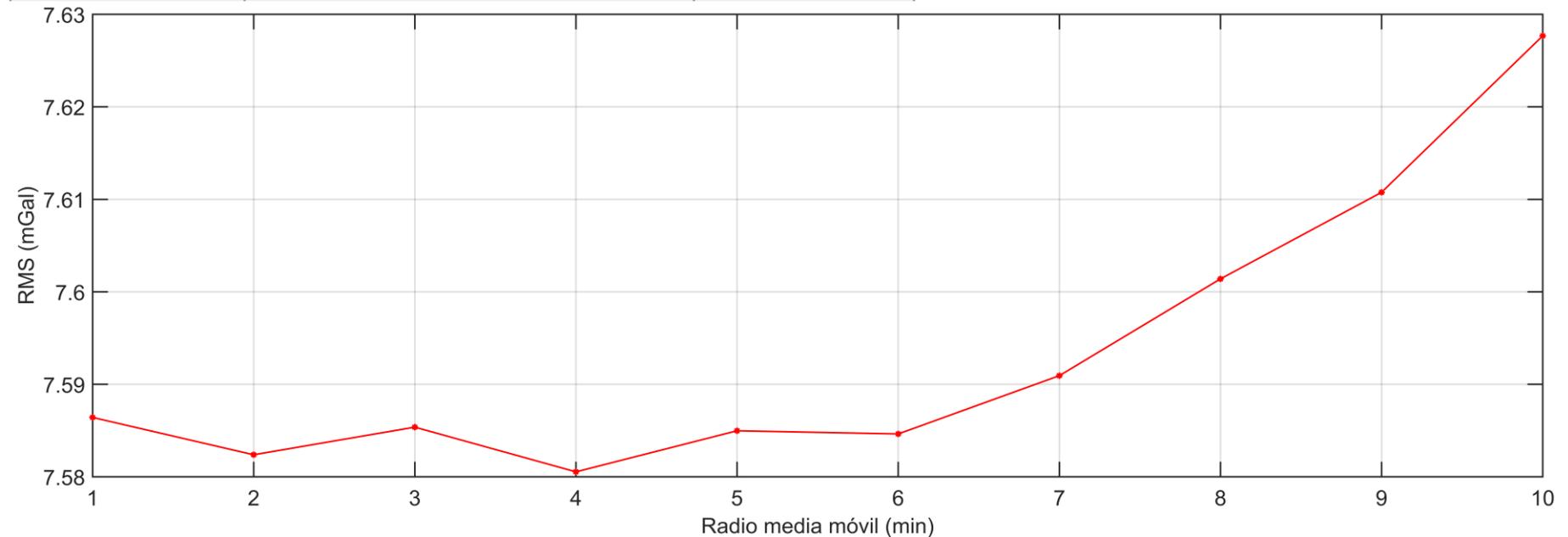


Análisis de Aerogravimetría: Modelamiento de la topografía residual

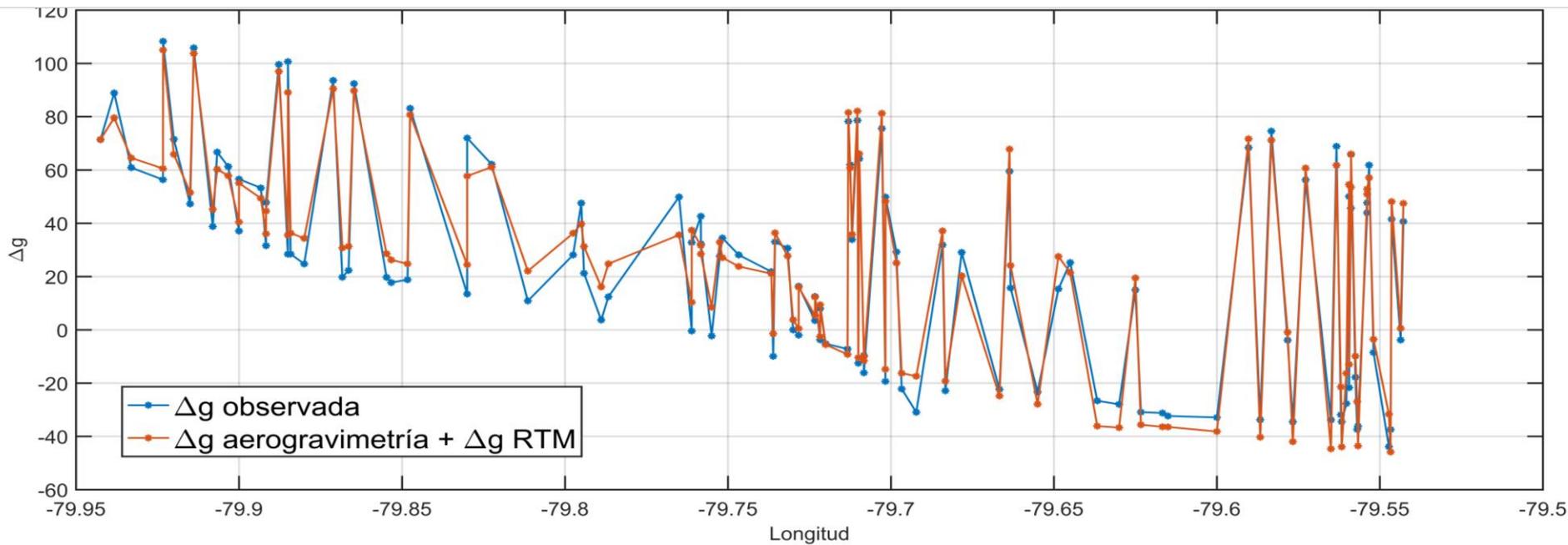
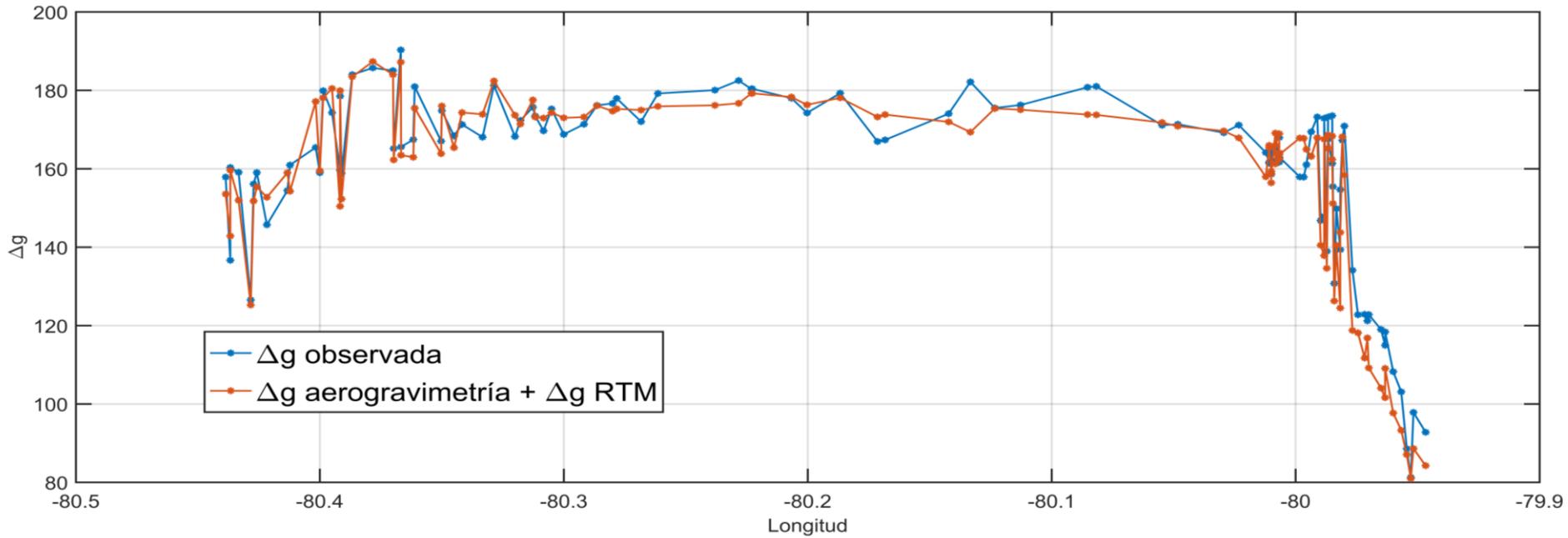
Solución RTM	Radio media móvil (minutos)	RMS (mGal)
RTM1	0.1	7.586417
RTM2	0.2	7,582379
RTM3	0.3	7,585364
RTM4	0.4	7,580533
RTM5	0.5	7,584972
RTM6	0.6	7,584629
RTM7	0.7	7,590929
RTM8	0.8	7,601397
RTM9	0.9	7,610757
RTM10	1.0	7,627666

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta g_{obs}^i - \Delta g_{aerograv}^i)^2}$$

$$\Delta g_{res} = \Delta g_{obs} - \Delta g_{Aerograv} - \Delta g_{RTM}$$



Análisis de Aerogravimetría: Δg Vs. $\Delta g_{\text{aerograv}} + \Delta g_{\text{RTM}}$

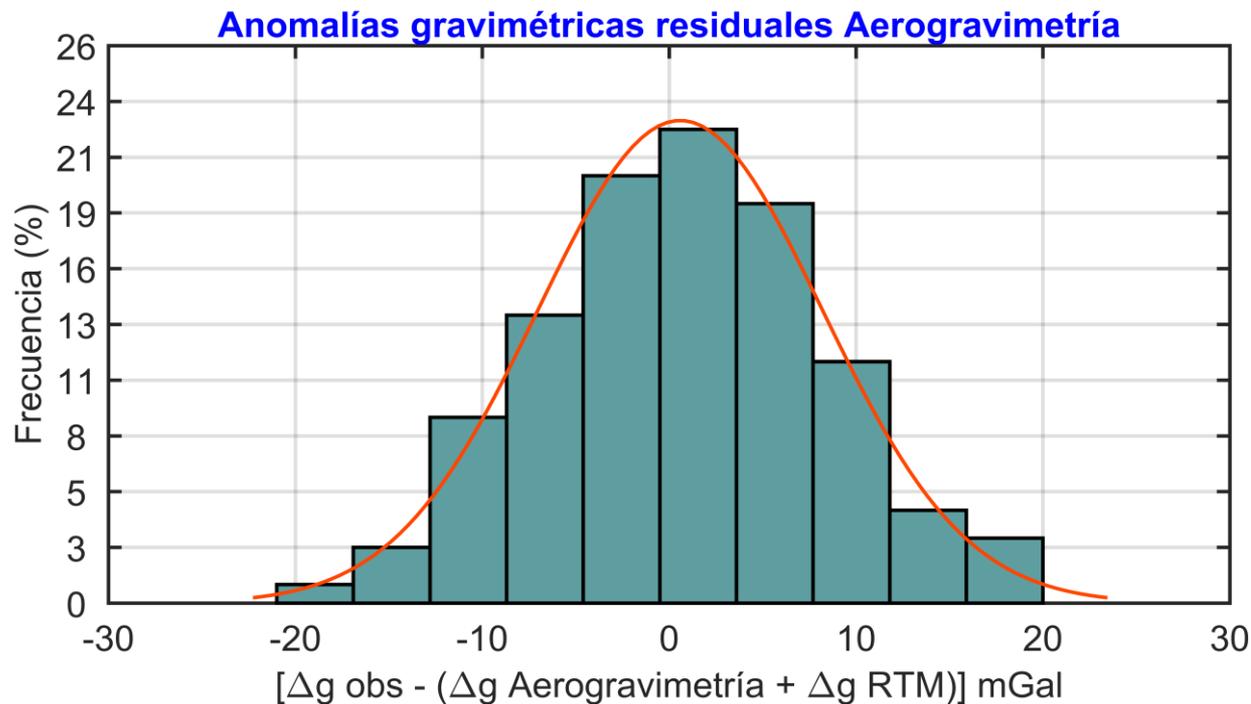




SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

Análisis de Aerogravimetría: Modelamiento de la topografía residual

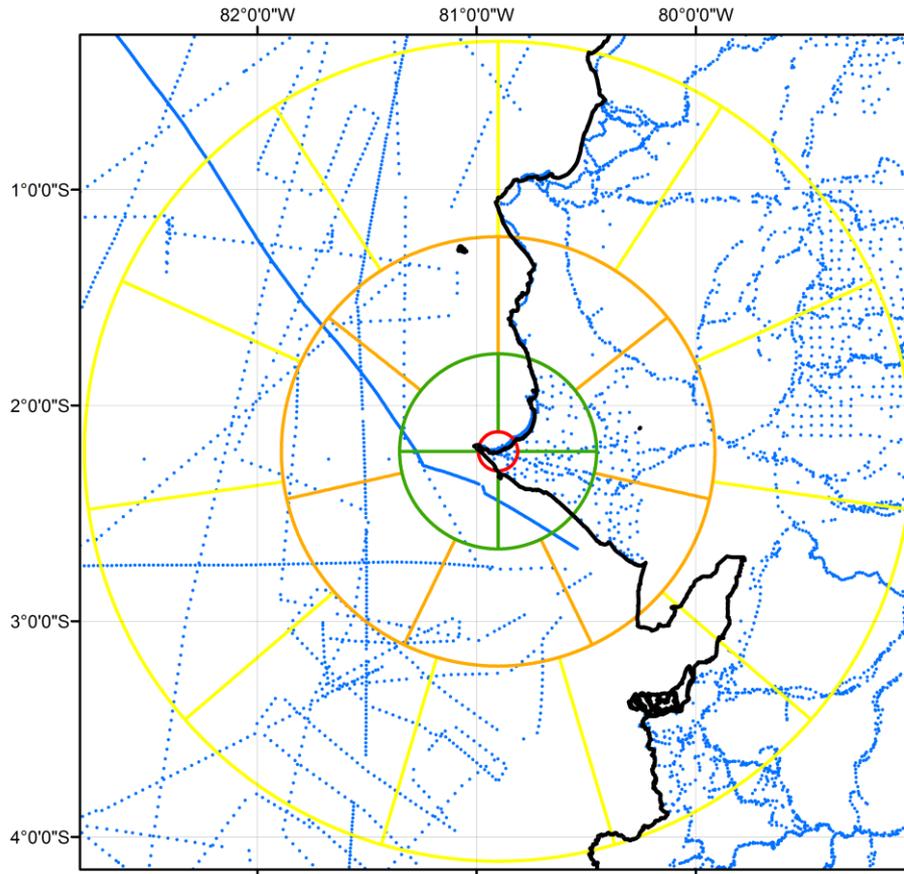
	Antes	Después
Mínimo (mGal)	-18.7628	-13.5119
Máximo (mGal)	19.9304	15.3525
Media (mGal)	0.4759	0.3909
Desviación estándar (mGal)	7.5658	6.5191
Coef. de correlación	0.9951	0.9963
N° Registros	242	227



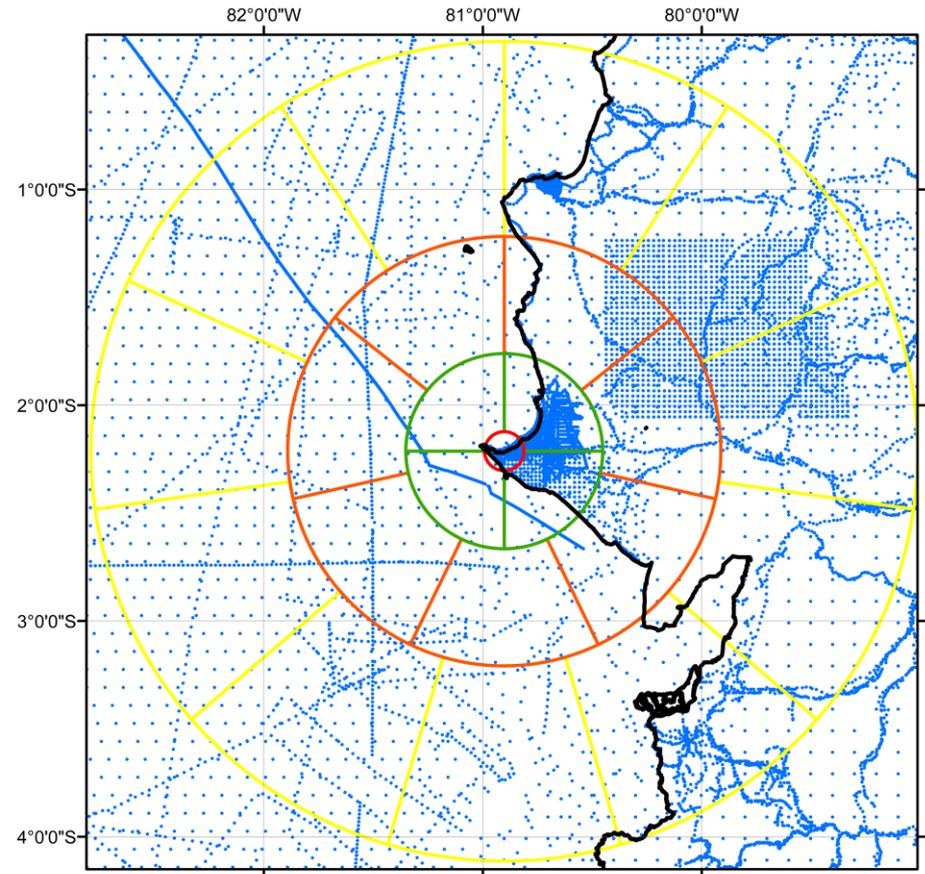


SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

Gravimetría *in situ*



Gravimetría in situ + Modelos globales + Aerogravimetría



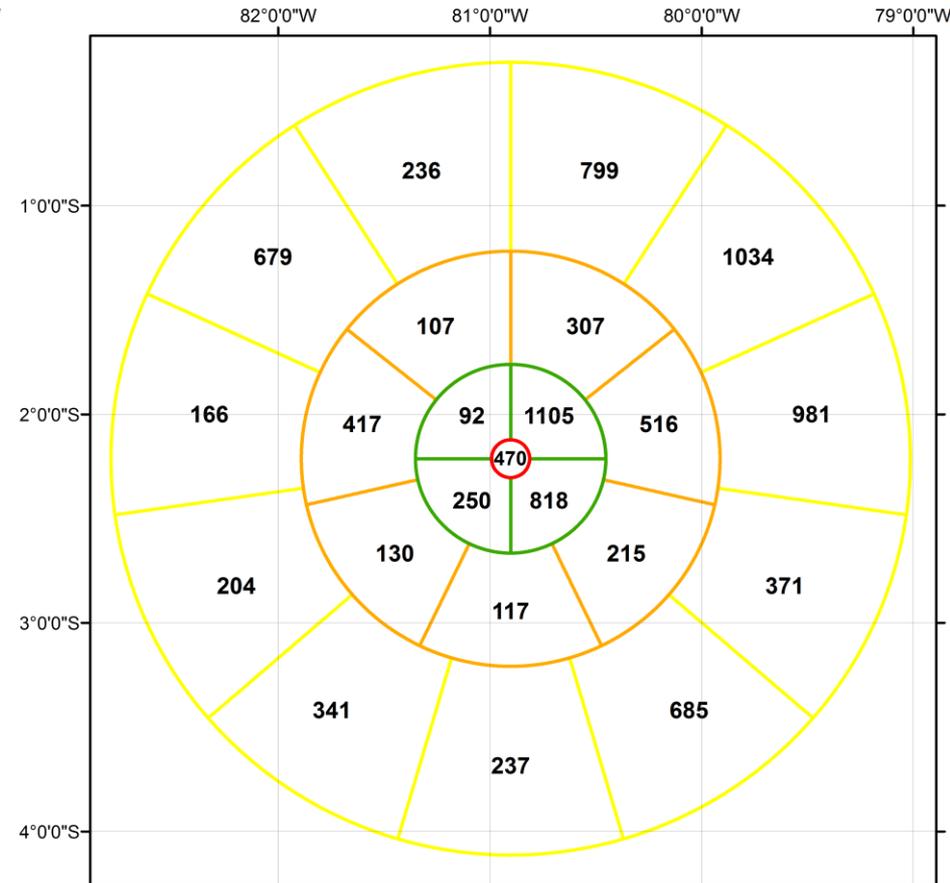
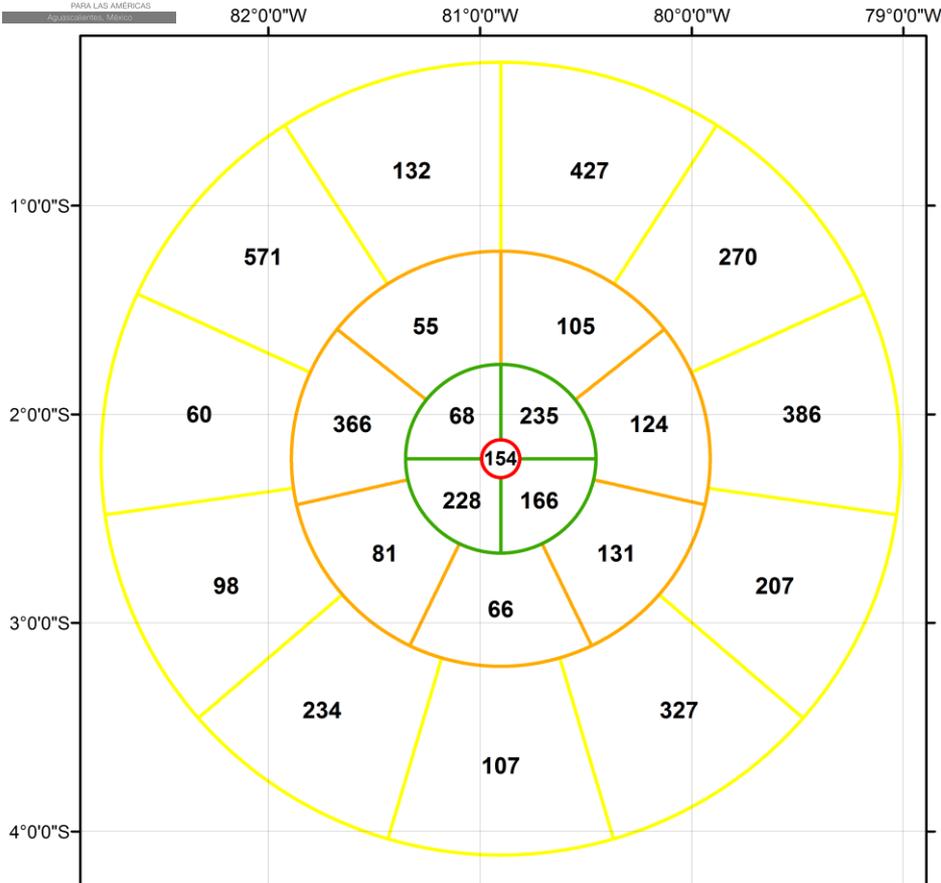


SIRGAS 2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS
Aguascalientes, México

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS : LA LIBERTAD

Gravimetría in situ

Gravimetría *in situ* + Modelos globales + Aerogravimetría



Región	Radio (km)	Compartimentos	N° registros	
			Plano	Montañoso
I	10	1	4	8
II	50	4	20	30
III	110	7	30	45
IV	210	11	50	75
TOTAL		23	104	158

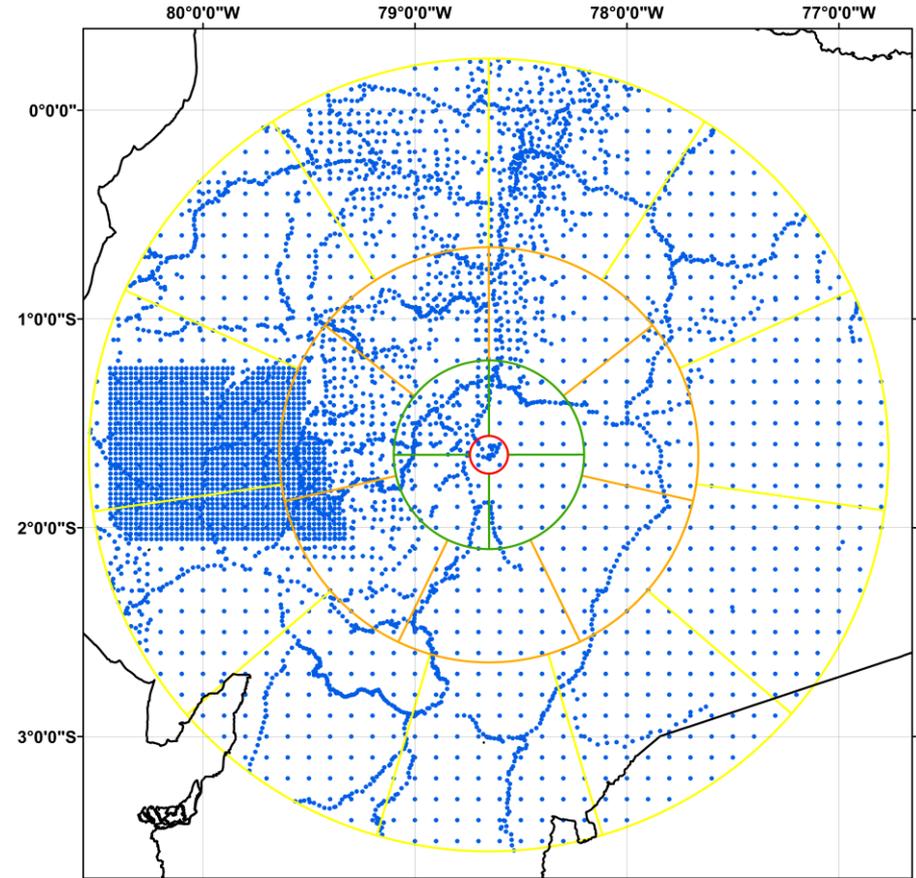
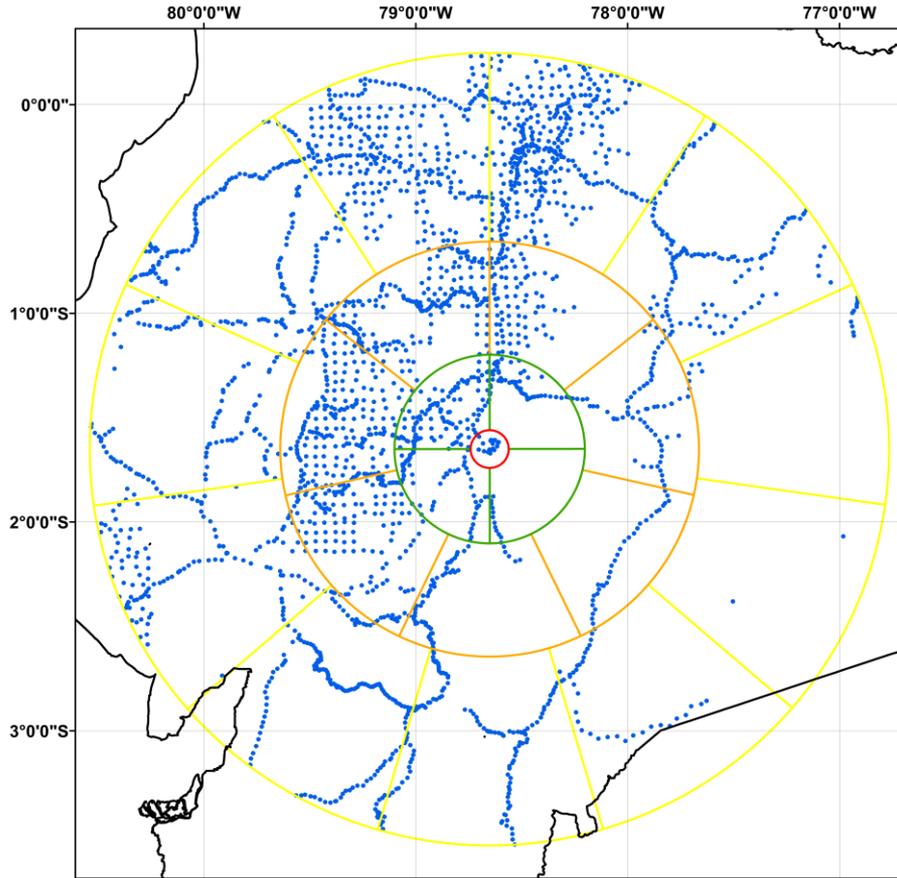


SIRGAS 2018
 SISTEMA
 DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
 PARA LAS AMÉRICAS
 Aguascalientes, México

ESTACIÓN IHRF PARA ECUADOR

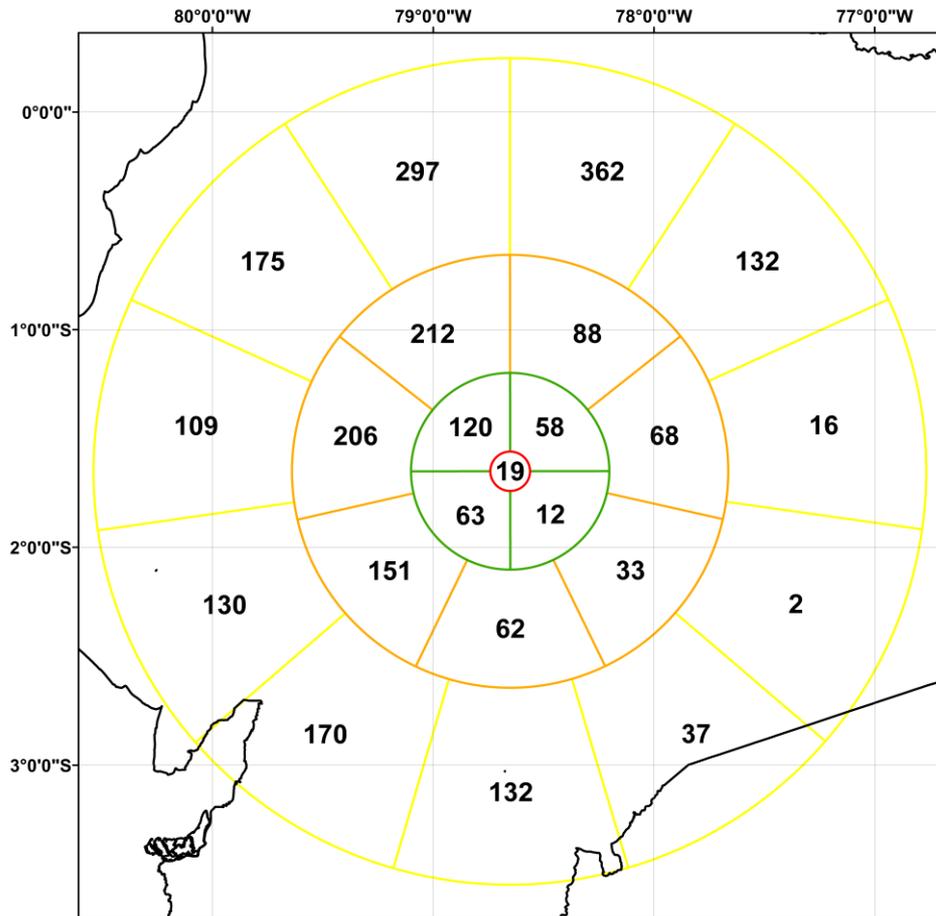
Gravimetría *in situ*

Gravimetría *in situ* + Modelos globales + Aerogravimetría

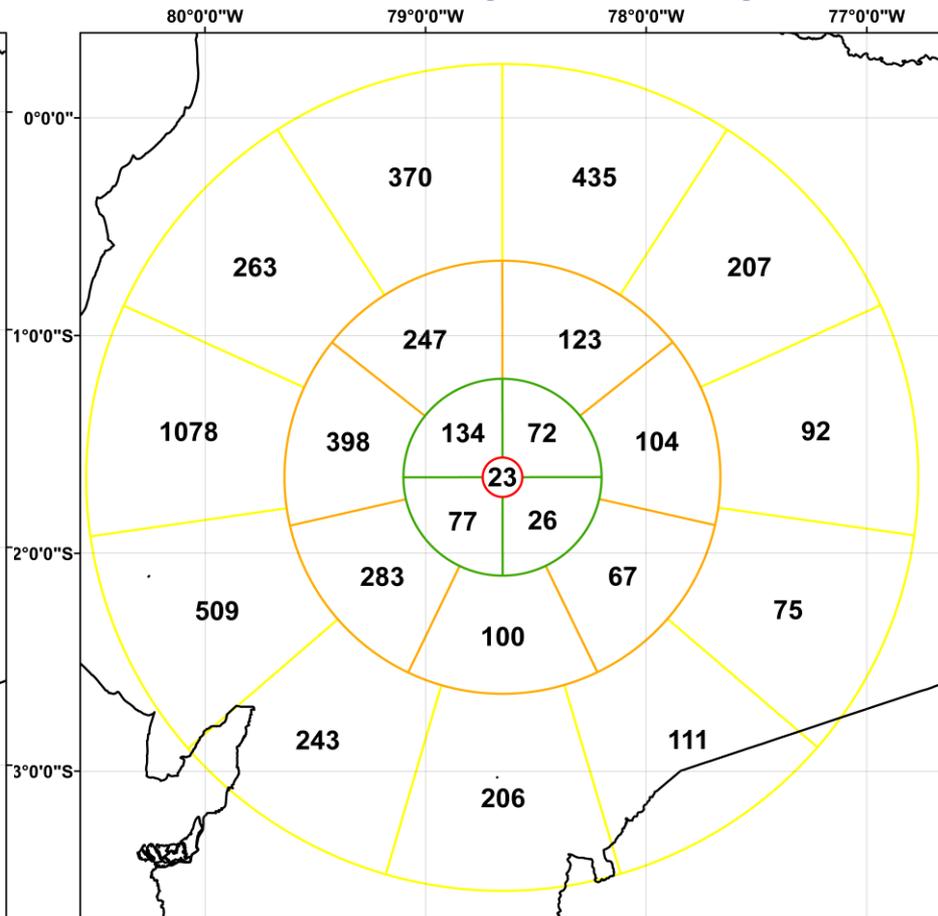


IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS: RIOBAMBA

Gravimetría in situ



Gravimetría in situ + Modelos globales + Aerogravimetría



Región	Radio (km)	Compartimentos	N° registros	
			Plano	Montañoso
I	10	1	4	8
II	50	4	20	30
III	110	7	30	45
IV	210	11	50	75
TOTAL		23	104	158



SIRGAS2018
SISTEMA
DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO
PARA LAS AMÉRICAS

Aguascalientes, México

- La **escasez de registros gravimétricos** representa uno de los principales inconvenientes prácticos para el modelamiento del geopotencial.
- La falta de información gravimétrica observada *in situ*, se hace más evidente en **regiones montañosas, con vegetación densa y con una pobre infraestructura vial.**
- El **modelamiento de la topografía residual**, muestra ser una técnica válida para mejorar registros gravimétricos provenientes de modelos globales y de aerogravimetría.
- La **densificación de observaciones gravimétricas *in situ***, realizada en las regiones contiguas a las estaciones IHRF es una de las actividades prioritarias para su establecimiento.
- **Coeficientes de correlación próximos a 1** fueron calculados para los ejemplos presentados, en los cuales se contrasta información gravimétrica proveniente de modelos globales y de aerogravimetría, con gravimetría observada *in situ*.



GRACIAS!



AGRADECIMIENTOS:

- A SIRGAS por el constante apoyo para el desarrollo de la Geodesia en las Américas.
- Al Instituto Geográfico Militar de Ecuador (IGM-EC) por proporcionar los registros gravimétricos continentales *in-situ* utilizados.
- Al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) por el apoyo financiero.