

MAPAS DE GRAVEDAD Y ANOMALÍA GRAVIMÉTRICA DE VENEZUELA DERIVADOS DE DATOS SATELITALES

NURIS ORIHUELA GUEVARA¹, ANDREÍNA GARCÍA², TEREPAIMA TABARE²

¹Universidad Central de Venezuela. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. e-mail: nurisorihuela@gmail.com

²Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales.MPPCTII.e-mail: andreina_garcia@hotmail.com

Recibido: febrero de 2010

Recibido en forma final revisado: marzo de 2011

RESUMEN

Se presentan los mapas de gravedad y anomalía de Bouguer a escala 1:2.000.000 proyectada sobre la superficie topográfica, en la ventana geográfica 0° a 13° de latitud norte y 58° a 74° de longitud oeste. La base de datos utilizada cuenta con 188.072 puntos de medición con un espaciamiento de 1,9' (3,7 km). Los datos de gravedad se calcularon usando el Modelo Geopotencial Global del campo gravitatorio terrestre EGM2008, el cual se desarrolló a partir de datos satelitales de la misión Grace y con datos terrestres y marinos de la Red Mundial. El modelo de terreno utilizado es el ETOPO2 V.2. El trabajo presenta la correlación entre la respuesta gravitacional y las provincias geológicas para áreas de topografía inferior a 250 metros y una revisión general de las expresiones de grandes rasgos estructurales de la geografía nacional. Adicionalmente se hace una revisión general de las anomalías gravitacionales de las principales provincias geológicas, las anomalías presentadas al sur del Río Orinoco son, en gran medida, observadas por primera vez dada la escasa cobertura de estaciones terrestres y/o aéreas en el área; destacan las variaciones laterales de las anomalías gravimétricas asociadas a la plataforma centro norte-costera y la Cordillera de la Costa, la expresión gravitacional del Alto del Baúl, la posible existencia de un importante depocentro al sureste de la Cuenca Barinas-Apure y la presencia de altos de gravedad de longitud de onda corta en el Cratón de Guayana.

Palabras clave: Anomalía, Gravedad, Provincias, Satelitales, Densidad.

GRAVITY AND ANOMALY MAPS FROM VENEZUELA DERIVED FROM SATELLITE DATA

ABSTRACT

We present maps of Bouguer gravity anomaly at 1:2.000.000 scale projected onto the topographic surface, the geographic window is between 0° to 13° north latitude and 58° to 74° west longitude. The database used has 188.072 measurement points with spacing of 1.9'(3.7 km). The gravity data were calculated using Global Geopotential Model Earth's gravity field EGM2008 which developed from terrestrial, altimetric and satellite data. The digital elevation model used was ETOPO2 V.2. This paper shows the correlation between the gravitational response and geologic provinces for surveying areas below 250 meters and a general review of the expressions of major structural features of Venezuelan geography. Additionally, shows a general review of gravitational anomalies of the major geological provinces: The Bouguer anomalies in the Orinoco River are mostly observed for the first time given the low coverage of ground/air stations in the area. Highlights: the lateral variations of the gravity anomalies associated with the coastal north-central platform and the Coastal Range, the gravitational expression of Baúl High, the possible existence of an important depocentre to the southeast of the Barinas-Apure Basin and the presence of gravity highs of short wavelength in the Guiana Cratón.

Keywords: Anomaly, Gravity, Provinces, Satellite, Density.

INTRODUCCIÓN

Existen relativamente pocas mediciones directas de la gravedad absoluta en la superficie de la Tierra, debido a las dificultades de transporte y manejo de los gravímetros para

este propósito; sin embargo, actualmente se dispone de una gran cantidad de datos de gravedad absoluta obtenidos mediante mediciones satelitales y los correspondientes mapas para todo el planeta. Los mapas de gravedad absoluta tienen como ventaja la posibilidad de visualización no perturbada

por reducciones matemáticas de los valores de atracción de gravedad en cualquier punto sobre la superficie terrestre, y como desventaja la fuerte influencia de los desniveles topográficos sobre el valor medido. De acuerdo a esto, en Venezuela un mapa de gravedad absoluta sería útil en las cuencas sedimentarias terrestres y marinas, pero de menor utilidad en zonas montañosas y en el cratón de Guayana.

Existen nuevas formas para obtener información del campo de gravedad de la Tierra. En años recientes se han presentado diversas publicaciones que tratan el tema (Abdelrahman *et al.* 2001; Holom&OLDOW, 2007; Hong *et al.* 2006; Braitenberg&EBBING, 2009), en gran medida gracias a la existencia de nuevos recursos tecnológicos para el rápido procesamiento de grandes volúmenes de datos; por el uso masivo de sistemas de geoposicionamiento global; por la existencia de modelos digitales de terreno de fácil acceso y por la actual disponibilidad de valores absolutos de gravedad producto de las misiones satelitales. El utilizar mapas de gravedad absoluta, implica un importante cambio de paradigma para los geofísicos que, a nivel mundial, se dedican a esta rama de las geociencias, debido a que implica no alterar con aproximaciones matemáticas la información de origen. Si esta forma de trabajar permite mejorar nuestro conocimiento geológico al menos en las áreas de topografía baja, bien vale la pena empezar a incorporar esta nueva herramienta en las opciones de los geocientíficos intérpretes. Disponer de una malla regular de medidas de gravedad absoluta representa la condición necesaria para generar mapas de anomalías gravimétricas capaces de reflejar el comportamiento de las variaciones de densidad del subsuelo con elevada estabilidad espacial. A partir de los valores de gravedad absoluta disponibles y del modelo digital de terreno seleccionado (ETOPO2 V.2), se redujo la gravedad absoluta hasta estimar la Anomalía de Bouguer de cada punto de muestreo (García, 2009). Para ello se estimaron las correcciones de altura, laja intermedia y topográfica utilizando como densidad de Bouguer $2,67 \text{ g/cm}^3$.

GRAVEDAD Y PROVINCIAS GEOLÓGICAS

En la figura 1 se presenta el mapa de gravedad absoluta de Venezuela. De norte a sur destacan en este mapa: altos de gravedad en el extremo sur de los arcos de las Antillas Menores y el extinto Arco de Aves, con clara continuidad en el primer caso con la plataforma de la Isla de Margarita y en el segundo con la plataforma de la Isla La Blanquilla (A), los altos de gravedad asociados a las islas Holandesas y Venezolanas (B), un bajo relativo asociado con la Cuenca de Bonaire (C) con un alto gravimétrico al este de la misma que parece expresar continuidad con los altos de gravedad asociado con los arcos previamente citados.

En la Cuenca del Lago de Maracaibo, destaca el pronunciado bajo gravimétrico subparalelo al Sistema Montañoso Andino (D) y la expresión de la Falla de Icoatea (E). Entre las cuencas Barinas-Apure y Oriental se destaca la expresión gravitacional del Alto del Baúl (F), el cual se evidencia por un significativo alto de gravedad que rompe la continuidad lateral entre las cuencas antes citadas, expresa escaso potencial de desarrollo sedimentario en la Subcuenca de Guárico y se extiende al noreste en el subsuelo del Estado Anzoátegui (G), marcando el flanco norte del hoy conocido Graben de Espino (H). En la Subcuenca de Maturín, se observa un acentuado bajo de gravedad asociado con el depocentro de la cuenca (I), el cual se expresa como un bajo discontinuo, destacando la expresión de la prolongación en la cuenca de las fallas presentes en la zona (Urica, San Francisco (J)). En el extremo oriental del mapa se observa un alto de gravedad en el extremo sur de la desembocadura del Delta del Orinoco (K), con orientación NW-SE, definiendo el flanco sur occidental de confinamiento de un ancho canal de baja gravedad que se prolonga subparalelo a la costa atlántica del norte de Suramérica (L) y que cambia de rumbo entre los paralelos 10 y 11 norte para integrarse en la franja de baja gravedad relacionada con la fosa y prisma de acreción del Arco de las Antillas Menores (M).

Si bien la interpretación cuantitativa de valores absolutos de gravedad en áreas montañosas se ve limitada por la influencia de la topografía en este tipo de medida, la interpretación cualitativa es una opción cuando se trata de rasgos estructurales mayores. Es así como el mapa de la figura 1 permite la clara delineación de la falla de Guri marcando la frontera entre la Provincia de Imataca y el Complejo Supramo, en el Escudo Guayanés.

El depocentro de la Cuenca Oriental de Venezuela, cuenta con varios sub depocentros cortados por el sistema de fallas oblicuos (Urica, San Francisco) presente en la zona. Adicionalmente se puede indicar que la falla de San Francisco segmenta la Serranía del Interior y en el extremo oriental de la cuenca, dentro del Golfo de Paria, se refleja un sub-depocentro de sedimentos confinado entre las fallas de Bohordal y El Soldado (Audemard *et al.* 2006).

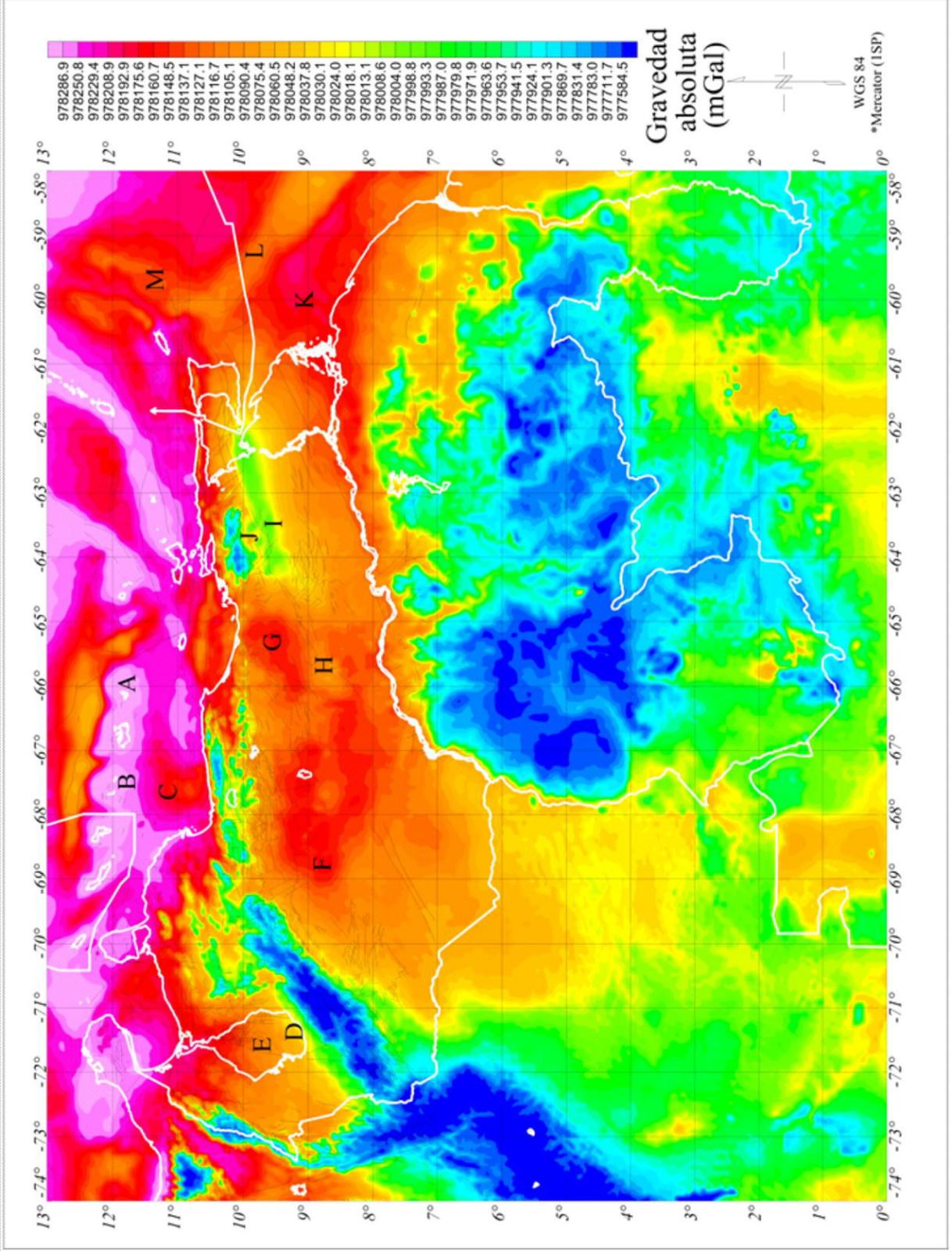


Figura 1. Mapa de gravedad absoluta de Venezuela (Fuente: mapa base de fallas: USGS, 2004)

En la región norcentral, el sistema de fallas Tacagua – El Ávila, desplaza en sentido noroeste al Macizo Montañoso del Ávila marcando una desviación de la cresta de la Cordillera de la Costa y evidenciando la importancia del sistema de fallas oblicuas presentes en la neotectónica de la zona.

La prolongación en suelo marino de la falla Tacagua-El Ávila, marca la frontera entre dos condiciones del basamento de la plataforma centro norte costera del país. Al este de esta prolongación, se visualiza un basamento marino poco profundo y al este (Cuenca de Bonaire) la respuesta gravitacional refleja la presencia de un basamento más profundo. En la región occidental, se puede destacar la presencia de un marcado bajo gravimétrico entre las penínsulas de la Guajira y Paraguaná con prolongaciones de orientación noroeste sureste, paralelas al sistema de fallas oblicuas presentes en la zona y extendiéndose dentro de territorio colombiano.

PRINCIPALES RASGOS DE LA ANOMALÍA GRAVIMÉTRICA Y SU RELACIÓN CON LAS PROVINCIAS GEOLÓGICAS

En la figura 2 se presenta el mapa de anomalía de gravedad de Venezuela, tomando como base de cálculo la reducción a anomalía de Bouguer previamente descrita. La ventana geográfica en estudio 0° a 13° de latitud norte y 58° a 74° de longitud oeste, representa un área de $2.562.768 \text{ km}^2$. Dentro de la misma se proyectaron 188.072 valores de gravedad absoluta con un espaciamiento de $1,9'$ ($3,7 \text{ km}$) sobre la topografía, cubriendo la totalidad del territorio venezolano así como parte de países vecinos.

De norte a sur, destacan en este mapa: anomalías gravimétricas positivas en el rango de 269 a 86 mGal en la zona comprendida por el extremo sur de los arcos de las Antillas Menores y las Antillas de Sotavento, el extremo sur de las cuencas de Venezuela y Grenada, el extremo oriental de la plataforma centro norte costera. La distribución de estos contornos reflejan una geometría semicircular, de concavidad norte, como expresión del patrón de esfuerzos tectónicos derivados de una evolución en zona de borde de placa transpresivo, con extremos convergentes en los límites oriental y occidental lo que determina un esquema de confinamiento cóncavo en ambos bordes, tanto en las fases tempranas de evolución como en las actuales, dando como consecuencia el patrón de contornos antes indicado.

La distribución cóncava de contornos previamente descrita se mantiene hasta la franja norte de la sección territorial del país, con anomalías comprendidas entre 1 y 57 mGal en las penínsulas Guajira y Paraguaná, el extremo oriental del estado Falcón, la franja norte del estado Yaracuy, el extremo oriental de la Cordillera de la Costa y la Serranía del

Interior y las penínsulas de Araya y Paria. Dentro de esta franja destacan segmentos confinados, donde las anomalías gravimétricas se encuentran fuera del intervalo indicado y que serán objeto de análisis posterior.

Las anomalías gravimétricas en las provincias fisiográficas interiores del país se distribuyen, en general, entre intervalos anómalos negativos, como es característico de áreas continentales. Esta tendencia se rompe en la región de los llanos centrales en la cual destaca una marcada anomalía de signo positivo.

El extremo occidental del estado Falcón, la casi totalidad del estado Zulia (salvo la Sierra de Perijá y Guajira), la totalidad de los estados andinos y la franja occidental de los estados Barinas y Apure, Lara, sur de Yaracuy y Carabobo reflejan anomalías gravimétricas comprendidas de -21 a -89 mGal. En la región andina los bajos gravimétricos se ven interrumpidos por acentuados altos de longitud de onda corta, asociados a zonas de afloramiento de rocas de densidad elevada.

El extremo oriental de los estados Barinas y Apure, la totalidad de los estados llaneros, el extremo oriental del estado Anzoátegui y el norte del estado Bolívar, exhiben anomalías comprendidas entre -12 y 57 mGal. Destaca en la región oriental del estado Anzoátegui y el estado Monagas, una muy acentuada anomalía gravimétrica negativa, asociada con la Cuenca Oriental de nuestro país con un mínimo de -196mGal.

El escudo guayanés se caracteriza por el dominio de anomalías gravimétricas negativas, distribuidas entre 0 y -120 mGal, con áreas menores de anomalías gravimétricas positivas dispersas. La franja nororiental del escudo y el frente deltano sur destacan por una anomalía gravimétrica positiva que se prolonga al este hasta alcanzar el dominio de anomalías positivas características de la plataforma marina del océano Atlántico.

La tabla 1 presenta los valores de la anomalía gravimétrica estimada a partir de la gravedad absoluta derivada con modelos combinados que incorporan medidas con sensores satelitales en diversas localidades organizadas por provincias fisiográficas.

Tabla 1. Anomalía gravimétrica por localidad referencial en las provincias fisiográficas en Venezuela

Prov.Fisiogr.	Loc. Ref.	Latitud (°)	Longitud (°)	AG* (mGal)
Sistema Insular				
Isla ⁽¹⁾	Los Monjes	12,33	-71,53	37,85
Isla ⁽²⁾	Las Aves	12,03	-67,70	140,75
Isla ⁽³⁾	Los Roques	11,80	-66,60	114,15
Isla ⁽⁴⁾	La Orchila	11,80	-66,17	144,67
Isla ⁽⁵⁾	La Blanquilla	11,80	-64,47	162,06
Isla ⁽⁶⁾	La Tortuga	10,90	-65,33	17,04
Isla ⁽⁷⁾	Margarita	11,00	-63,93	32,06
Isla ⁽⁸⁾	Los Testigos	11,27	-63,57	106,68
Escudo Guayanés				
Penillanura del norte ⁽⁹⁾	Ciudad Piar	7,50	-63,30	-59,00
Penillanura del Casiquiare ⁽¹⁰⁾	Curamoni	2,60	-66,20	-48,36
Tepuyes ⁽¹¹⁾	Chimata-tepui	5,30	-62,07	-108,50
Sistemas Mont.				
Sistema Andino ⁽¹²⁾	Pico Bolívar	8,53	-71,03	-97,06
⁽¹³⁾	Perijá	10,13	-72,83	-21,8 5
Cordillera de la Costa ⁽¹⁴⁾	Macizo Ávila	10,53	-66,80	-36,94
⁽¹⁵⁾	Caracas	10,57	-66,47	39,12
Serranía del Interior (orient) ⁽¹⁶⁾	Las Piedras	10,20	-63,60	-103,19
Llanos				
Occid. ⁽¹⁷⁾	El Yagual	7,50	-68,47	3,96
Centr. ⁽¹⁸⁾	Las Mercedes	9,13	-66,43	-12,57
Orient. ⁽¹⁹⁾	Aguasay	9,43	-63,70	-120,14
Lago de Maracaibo ⁽²⁰⁾	Bachaquero	9,90	-71,06	-81,57
Delta del río Orinoco ⁽²¹⁾	Tucupita	9,13	-62,06	-51,81

*AG: Anomalía gravimétrica en miligales

Las localidades seleccionadas, aunque se consideran representativas de las provincias fisiográficas en cada caso, no intentan ser exhaustivas dado que el producto principal se

concentra en el mapa de anomalías gravimétricas de Venezuela (figura 2).

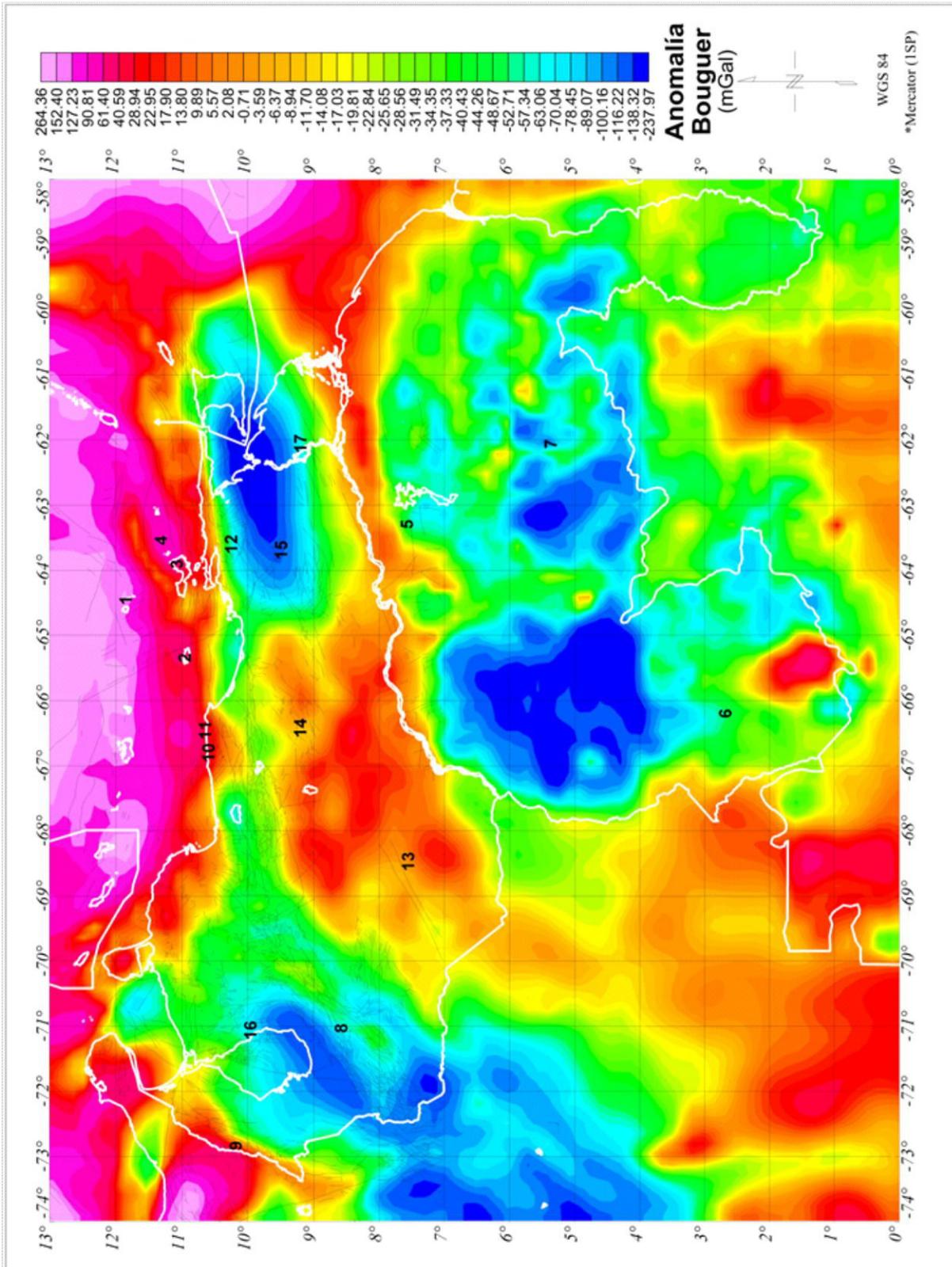


Figura 2. Mapa de anomalía gravimétrica satelital de Venezuela (Fuente: mapa base de fallas: USGS, 2004)

ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS DE INTERÉS

Dentro de la distribución general de anomalías descritas en la sección anterior, destacan segmentos que rompen la tendencia dominante y se expresan como anomalías de menor extensión que resultan de especial interés.

Bajo este esquema, al norte de la isla de Margarita se observa una franja de anomalía gravimétrica negativa, contrastando entre los altos gravitacionales de la prolongación de los arcos de Aves y Antillas Menores, franja que se prolonga por más de 100 km, con orientación NE-SW y un ancho promedio de 25 km. Al sureste de la misma isla se observa una acentuada anomalía gravimétrica negativa de orientación NW-SE.

En el segmento occidental de la plataforma centro-norte costera, se observa la presencia de un segmento de bajos gravimétricos enclavado en medio de altos asociados, al norte con las islas Bonaire-Las Aves-Los Roques, al este con el alto gravitacional reflejado por la plataforma centro-norte costera en su segmento oriental y al oeste el alto gravitacional de Falcón occidental. Insertas en esta zona, destacan alineaciones de altos y bajos relativos de orientación NW-SE.

Al noreste de la Península de Paraguaná, se presenta una anomalía negativa de orientación NW-SE entre las islas de Aruba y Curazao y una secuencia de bajos subparalelos a ésta, alineados con la costa oriental del estado Falcón. Entre los altos gravitacionales asociados a las penínsulas de Paraguaná y Guajira, destaca un bajo que se acuña contra el alto de la Goajira y su franja norte se prolonga al NW hasta el extremo norte de la Guajira colombiana.

El segmento central del Sistema Montañoso del Caribe, entre Golfo Triste y Cabo Codera, presenta una marcada variación lateral en la expresión de la anomalía gravimétrica, en consonancia con el contraste lateral descrito en la plataforma centro-norte costera. La franja occidental se asocia a anomalías negativas y el segmento oriental a anomalías positivas de gran amplitud, la franja de borde se puede asociar con el sistema de fallas oblicuas presentes en la zona.

Dentro de la extensa franja de anomalías positivas asociadas al Alto de El Baúl, destaca una anomalía negativa de geometría circular rodeada de las anomalías positivas de mayor amplitud de los llanos venezolanos. Cabe destacar que la geometría de esta expresión anómala se asemeja a una anomalía de impacto como las descritas en otras regiones de la geografía planetaria (Bevan, 1998; Koeberl & HENKEL, 2005).

En el extremo suroriental del estado Apure, destaca una franja de anomalías gravimétricas negativas que se prolonga dentro de territorio colombiano que expresa la posible presencia de un importante depocentro de la cuenca, confinado entre la prolongación sur occidental del alto de El Baúl y Escudo de Guayana.

El extremo oriental del alto de El Baúl, presenta una hendidura representada por una franja de anomalía gravimétrica negativa de orientación NE-SW en la ubicación donde se identifica localizado el Graben de Espino.

Al sur del Río Orinoco, se presentan un conjunto de anomalías positivas, de amplitud similar a los máximos positivos presentes en la zona del alto de El Baúl. Esta franja se confina en la Provincia de Imataca y se prolonga al este hasta el delta donde se expande y proyecta dentro de las anomalías positivas características de la corteza oceánica del océano Atlántico.

El Cratón de Guayana presenta anomalías positivas aisladas que rompen la conducta general asociada con anomalías negativas de la región. Entre las más interesantes de estas se encuentra una anomalía positiva de geometría ovalada localizada en el extremo sur del estado Amazonas, pese a que no se identifican por geología de superficie tipos rocosos con geometría similar a la anomalía descrita, la asociación de otras áreas anómalas con contrastes positivos en la región, orientan a pensar que el Super Grupo Roraima es el responsable de la mayoría de anomalías que destacan por la presencia de contrastes laterales positivos de densidad en el Escudo Guayanés.

CONCLUSIONES

Los datos geofísicos producto de misiones satelitales constituyen una herramienta de trabajo de fácil acceso y con un elevado potencial para mejorar nuestro conocimiento del subsuelo planetario. En el caso venezolano, se dispone de datos de gravedad terrestre obtenidos en el transcurso de 70 años de prospección asociada a la industria petrolera, así como el trabajo de grupos de investigación en la UCV y USB. Estos datos se caracterizan por una distribución poco uniforme. Muy especialmente la gravimetría venezolana adolece de las limitaciones de la altimetría asociada, lo que también encuentra solución en los modelos digitales de terreno derivados de campañas satelitales. Los contornos de gravedad absoluta en las principales provincias geológicas de topografía inferior a 250 m presentan una clara correlación que aporta nueva información del subsuelo de nuestro territorio. En algunos casos, se presentan tendencias gravitacionales que invitan a la revisión de las caracterizaciones geológicas aceptadas a la fecha, ejemplo de ello es el Alto

del Baúl el cual tiene posible expresión gravitacional, bajo el subsuelo del estado Anzoátegui. En el caso del Graben de Espino, no es posible reconocer, gravitacionalmente, la continuidad con los grabenes descritos en la cuenca Barinas-Apure. El mapa de anomalías gravimétricas a escala 1:2.000.000 es una herramienta de trabajo para todo investigador dedicado a la caracterización del subsuelo profundo de nuestro territorio. La posibilidad de contar con una malla de datos de disposición regular, garantiza la estabilidad espacial que antecede al cartografiado y con ello aumenta la confianza en la interpretación geológica de las diversas provincias presentes en nuestro país. El mapa que se presenta permite ratificar la calidad de los diversos trabajos publicados en gravimetría terrestre (Graterol, 1968-1988; Rodríguez, 1974, 1977; Rodríguez & Orihuela 1990; Orihuela, 1990) a lo largo de los últimos 40 años.

El producto presentado abre interesantes campos de discusión en torno a la caracterización geológica de varias provincias de nuestro país en las que aparecen expresiones gravitacionales anómalas de compleja correlación con las descripciones geológicas hoy día aceptadas para estas regiones. Este es el caso de la Cordillera de la Costa, del Alto de El Baúl, del Graben de Espino, entre otros. Adicional interés revisten las anomalías gravimétricas del escudo guayanés, que podrían vincularse con posibles yacimientos mineros. También la posible presencia de un depocentro de interés petrolífero al sur-este de la cuenca Barinas Apure.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen las facilidades para la utilización de las bases de datos del International Center for Global Gravity Field Models (ICGEM) y del National Geophysical Data Center(NGDC) y el apoyo brindado por Franz Barthelmes y Stefan Maus.

REFERENCIAS

ABDELRAHMAN EL-SAYED, EL-ARABYTAREK, EL-ARABYHESHAM, ABO-EZZEID. (2001). *A new method for shape and depth determinations from gravity data*. Geophysics, 66(6): 1774-1780.

AUDEMARD, F., SINGER, A., & SOULAS, J. (2006). *Quaternary faults and stress regime of Venezuela*. Rev Soc Geol Argent, 61(4):480-491.

BEVAN, M. (1998). *Traces of catastrophe, a handbook of shock-metamorphic effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures*. LPI Contribution N° 954, Lunar and Planetary Institute, Houston, 120 p.

BRAITENBERG, C., & EBBING, J. (2009). *New insights into the basement structure of the best Siberian Basin from*

forward and inverse modelling of Grace Satellite Gravity Data. J Geophys Res, (in press).

GARCÍA, A. (2009). *Mapas de anomalías de gravedad y magnetismo de Venezuela generados a partir de datos satelitales*. Trabajo de Grado, Universidad Central de Venezuela, 208 p: Base de datos disponible en <http://www.abae.gob.ve>

GRATEROL, V. (1968-1988). *Mapa de Anomalía de Bouguer de la República de Venezuela 1:2.000.000*. Dirección de Cartografía Nacional, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables.

HOLM, D., & OLDOW, J. (2007). *Gravity reduction spreadsheet to calculate the Bouguer anomaly using standardized methods and constants*. Geosphere, 3(2): 86-90.

HONG, Y. SHIN, HOUZEXU, PILHO PARK, JONG UK PARK. (2006). *Folding of Moho and GPS Survey in Tibet*. 3rd IAG/12th FIG Symposium, Baden.

KOEBERL, CH. & HENKEL, H. (2005). *Impact Tectonics*. Springer, New York, 552 p.

ORIHUELA, N. (1990). *Investigación gravimétrica de la Cordillera de la Costa, sector norcentral*. Trabajo de ascenso. Departamento de Geofísica, Universidad Central de Venezuela. Inédito.

PAVLIS, N., SIMON, A., HOLMES, S., KENYOU, J. & FACTOR, K. (2008). *An Earth Gravitational Model to Degree 2160*. EGM2008. National Geospatial Intelligence Agency. EGU General Assembly, Viena, Austria.

RODRÍGUEZ, I. (1974). *Investigación gravimétrica en la región noroccidental de Venezuela*. Trabajo Especial de Grado. Departamento de Geofísica, Universidad Central de Venezuela. Inédito.

RODRÍGUEZ, I. (1977). *Investigación de la Faja Petrolífera del Orinoco por métodos geofísicos no convencionales*. Instituto Tecnológico-Foninves, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Inédito.

RODRÍGUEZ, I. & ORIHUELA, N. (1990). *Investigación gravimétrica en la región oriental de Venezuela*. Instituto Tecnológico, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Inédito.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. (2004). *Faults of the Caribbean region*. Central Energy Resources Team. Denver. Colorado. Recuperado el 02 de mayo de 2009 de <http://certmapper.cr.usgs.gov/data/we/ofr97470k/spatial/shape/flt6bg.zip>.