

# ENSAYO DE INTERPRETACION TECTONOFISICA PARA COLOMBIA

Por LUIS GUILLERMO DURAN S.  
y ALFONSO LOPEZ REINA

Depto. de Geología, Universidad Nacional de Colombia  
(Bogotá)

Sociedad Colombiana de Geología.

Bogotá, XI - 1968

Versión modificada del trabajo presentado al  
I CONGRESO LATINOAMERICANO DE FISICA  
Ciudad de México, VII, 1968

## ABSTRACT

This paper is a brief description of a proposed tectono-physical interpretation of the *isostatic anomaly* in Colombia, as determined in 1943 by few scattered pendulum observations (Aslakson-Swick). It is suggested that: a) The anomaly high reflects the upthrusting of the denser *sima* over the lighter *sial* (R. A. Daly - W. H. Bucher); b) That this overriding has taken place over the east-dipping *master fault* determined by earthquake foci (Gutenberg-Richter-Benioff), and c) That this thrust is actually a double plane surface or zone, with an abrupt change of dip at a depth of 70 to 100 km., corresponding to the *no-strain* or *neutral level* of professor J. T. Wilson's model of the *world tectonic arcs*. The thrust's dip break is suggested by the peculiar spacial distribution of earthquake foci (seismic isobaths).

The first part of the paper describes a tectonophysical investigation being carried out in western Colombia by members of the Colombian National University and the Texas A & M University, partially sponsored by the National Science Foundation. The final part discusses briefly some characteristics of the known gravimetric *Bouguer anomaly* (IGAC-IGY, 1959) and the possibilities of tectonic interpretations of the magnetic anomalies (IGAC) as pointed out by S. W. Visser (Umbgrove).

## I — INTRODUCCION

"Averiguemos, pues, qué fuerza sea esa que conmueve la tierra desde sus cimientos; esa que empuja una masa de tamaño pesadez... ¿Pídesme qué provecho se sacará de esta averiguación? El más precioso de todos, el conocimiento de la Naturaleza".

SÉNECA

(Cuestiones Naturales, Libro VI).

Una considerable proporción de los problemas y enigmas del origen, historia y desarrollo de nuestro planeta, en sus continentes más o menos bien conocidos ya, y en sus océanos casi total-

mente desconocidos todavía, solo serán resueltos con la ayuda de métodos geofísicos.

Los autores de esta comunicación preliminar han emprendido, en la Universidad Nacional de Colombia, en cooperación con el profesor James E. Case, de la Texas A & M University, y bajo el patrocinio de la National Science Foundation, una investigación gravimétrica, magnética y tectonofísica de la esquina noroeste del continente suramericano, o sea la región del oeste colombiano, con miras a contribuir al conocimiento geológico y geofísico de esta importante comarca del globo, y de intentar resolver algunos de sus problemas.

El trabajo de campo, efectuado ya en un 90% en el presente año, consistió en la observación de unas 1.200 estaciones de gravímetro y otras tantas de magnetómetro a lo largo de las costas del Golfo de Urabá, del Pacífico, del río Atrato y de las carreteras de Medellín a Turbo, Quibdó, Cali y Puerto Berrío; de Cali a Buenaventura y de Bucaramanga a Barranca y Cúcuta.

Los cálculos gravimétricos permitirán elaborar mapas de anomalías de Bouguer e isostáticas, y los magnéticos proporcionarán mapas de isogamas de las anomalías del campo magnético terrestre. Las interpretaciones finales, que se harán teniendo en cuenta las observaciones geológicas simultáneas y los datos y mapas disponibles, permitirán elaborar secciones representativas de las condiciones estructurales del subsuelo. Se espera terminar el programa en junio de 1969, y las observaciones gravimétricas repetidas a lo largo de líneas estratégicas emplazadas a través de zonas de fallas importantes podrán suministrar datos sobre la predicción de los sismos, según el método ya usado por el profesor J. E. Case en Alaska y otros lugares. (Case, *et al.*, 1966). Por ahora ofrecemos en el presente trabajo una interpretación preliminar de la anomalía isostática conocida, en relación con la estructura cortical sugerida por el emplazamiento de los focos sísmicos.

II — INTERPRETACION TECTONOFISICA  
PRELIMINAR (ISOSTASIA Y SISMOLOGIA)

El aspecto más interesante y fundamental de la investigación esbozada será indudablemente la correlación de las anomalías de Bouguer, isostáticas y magnéticas, con los datos sismológicos y geológicos. El cálculo de la anomalía isostática será el más dispendioso, y por lo tanto sólo al final del proyecto será tenido en cuenta. El Dr. Case ya ha calculado las anomalías de Bouguer en gran parte, y éstas concuerdan en sus lineamientos generales con las calculadas y publicadas en el mapa gravimétrico del Comité Colombiano del Año Geofísico Internacional y el Instituto Geográfico de Colombia "Agustín Codazzi", en 1959 (Case, *et al.* Geología Colombiana, Nos. 6 y 7, en prensa).

Entre tanto, queremos presentar aquí la interpretación preliminar de los datos disponibles, teniendo en cuenta que la anomalía isostática de Aslaxson-Swick (1943, Fig. 1), sólo se basa en muy pocas observaciones de péndulo, y por consiguiente podrá ser esencialmente modificada al final de nuestra investigación. El primero de nosotros ya publicó una interpretación de esta anomalía para la zona del Caribe colombiano (Du-

sente ensayo se acomoda a la concepción de Daly y Bucher, en tanto que la del Caribe concuerda con la de Ewing, Press, Worzel y otros.

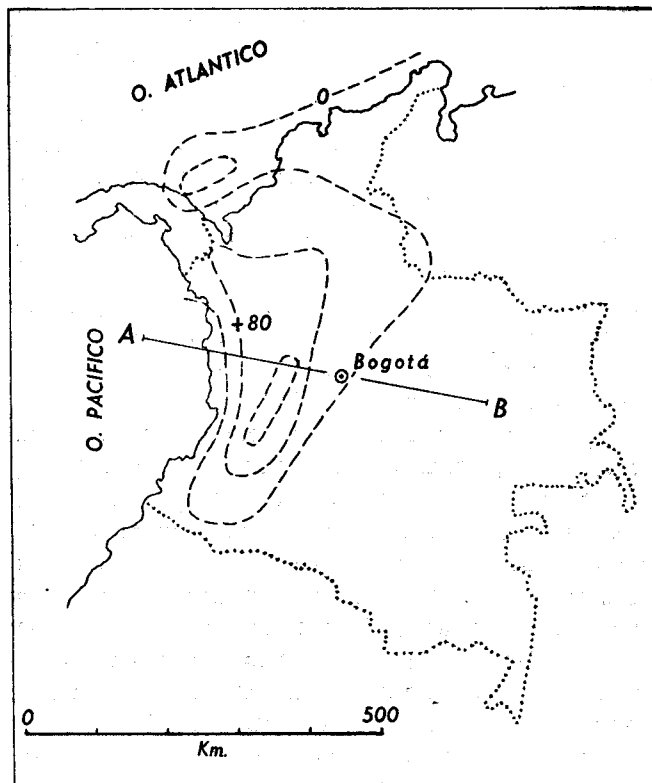


FIG. 1. — Anomalía isostática (miligales).  
(Aslaxson - Swick, 1943).

rán, 1964). Debemos manifestar, no obstante, que estas dos interpretaciones se apoyan en criterios diferentes sobre la anomalía isostática; la del pre-

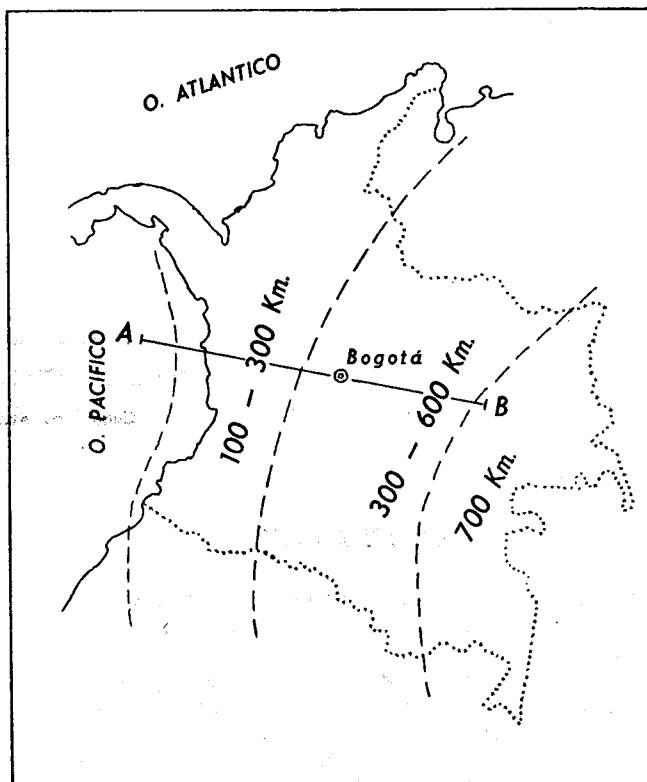


FIG. 2. — Zonificación esquemática de profundidades de focos sísmicos.  
(Basada en J. E. Ramírez, 1957).

Creemos que la anomalía isostática refleja en general las condiciones tectónicas y características principales de la corteza profunda, como se ilustra en el diagrama, esto es, que el máximo de la anomalía coincide con el cabalgamiento del *sima* más denso sobre el *sial* más liviano, sobre el plano de la *falla maestra* (Fig. 3), con buzamiento hacia el este y afloramiento bajo el Pacífico o en la zona costanera.

La falla maestra ha sido postulada por Gutenberg-Richter (1937) y Benioff (1954), para este tipo de *estructura continental circumpacífica*, pero

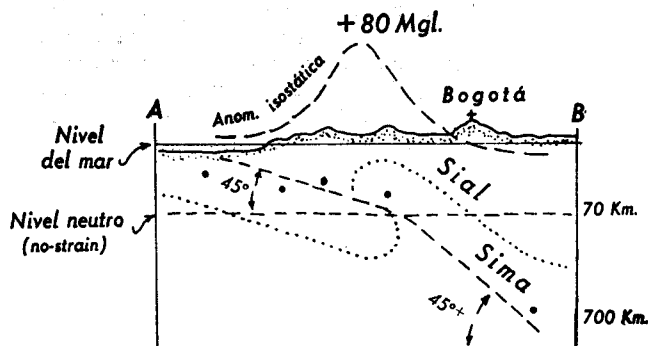
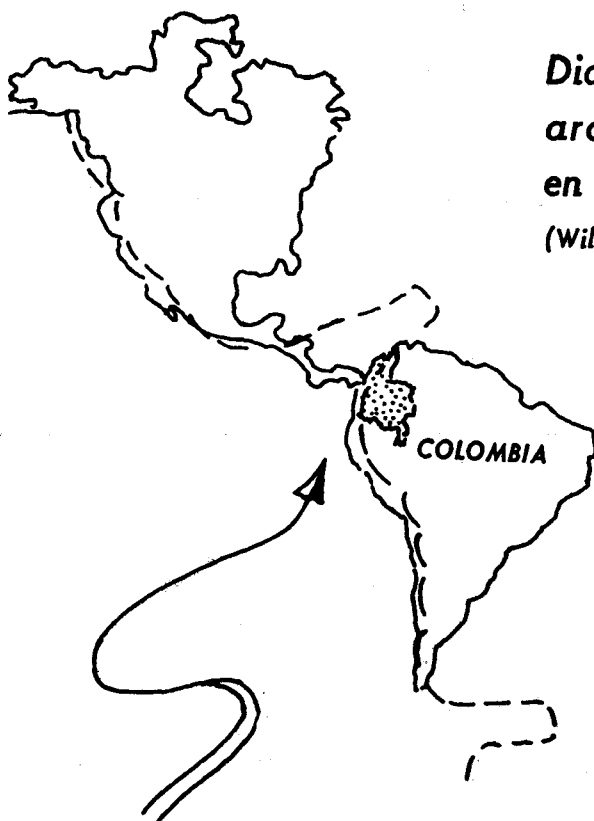


FIG. 3. — Sección esquemática A - B, con indicación de la estructura profunda sugerida, la anomalía isostática y los focos sísmicos (círculos negros).

el repentino incremento de las profundidades de los focos sísmicos (Ramírez, 1957, Fig. 2), sugiere un brusco cambio de buzamiento del plano de la falla. Se sugiere aquí que este cambio de buzamiento obedece a las condiciones mecánicas implicadas en la concepción de los *arcos tectónicos*

del profesor J. T. Wilson (Jacobs, Russell, Wilson, 1959). Según esta teoría de los arcos tectónicos del mundo, el cambio abrupto de buzamiento en las grandes fallas con ellos asociadas se presenta al nivel o *superficie neutra* (*no-strain surface*, Fig. 4).



**Diagrama de los arcos tectónicos en América**

(Wilson-Scheidegger)

**Mecanismo del arco tectónico.**

**Cambio de buzamiento de la falla maestra en el nivel neutro (no-strain)**

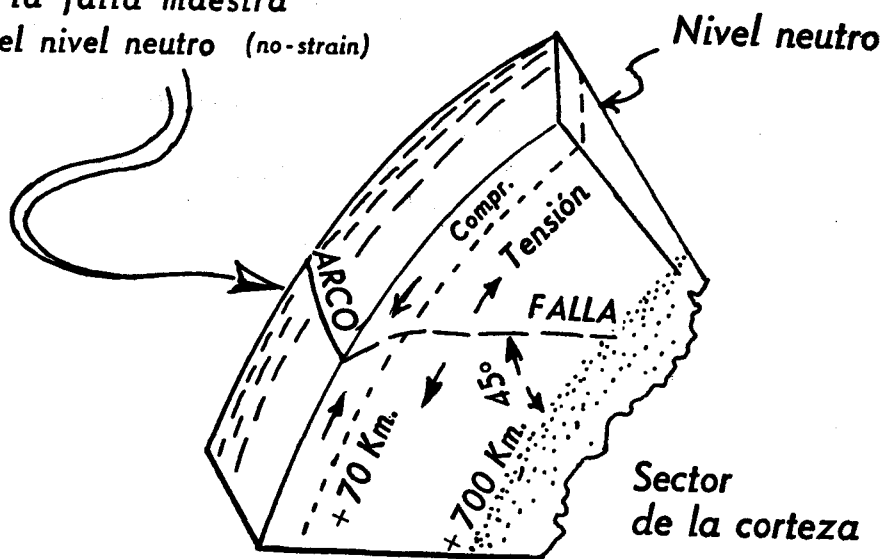


FIG. 4. — Esquema de los arcos tectónicos y mecanismo de la falla maestra con brusco cambio de buzamiento en el nivel neutro (no-strain level).

(Según Wilson y Scheidegger).

### III — OBSERVACIONES SOBRE LAS ANOMALIAS DE BOUGUER (GRAVEDAD) Y MAGNETICAS

No podemos precisar aún la interpretación de la anomalía de Bouguer, en relación con el modelo tectónico sugerido, pues sus relaciones con la tectónica y la estructura profunda son aparentemente erráticas y muy complicadas. Tal vez cuando se hagan correcciones topográficas y de densidades locales, como lo ha intentado recientemente Radelli (1967), sea posible una interpretación. Por lo tanto, solo queremos anotar que en algunos perfiles elaborados y analizados en el Laboratorio de Geología Experimental del Departamento Geológico, las anomalías isostáticas y de Bouguer aparecen con sus máximos y mínimos

aproximadamente opuestos, y que esto contrasta con los datos que conocemos, publicados sobre perfiles de Estados Unidos y Europa (Umbgrove, 1947), en donde las dos anomalías aparecen aproximadamente paralelas.

Es curioso observar por ahora que las correcciones introducidas por Radelli en la anomalía de Bouguer, por razón de la densidad (p. 454-55), con valores para ésta entre 1,5 y 2,9, en contraste con el de 2,67 generalizado en el mapa IGAC - AGI, sólo producen, aparentemente, cambios cuantitativos, permaneciendo la forma general de la curva esencialmente igual. Así sucede por lo menos en los perfiles que hemos comparado, como puede verse en el del sector de Popayán, que para el efecto incluimos (Fig. 5).

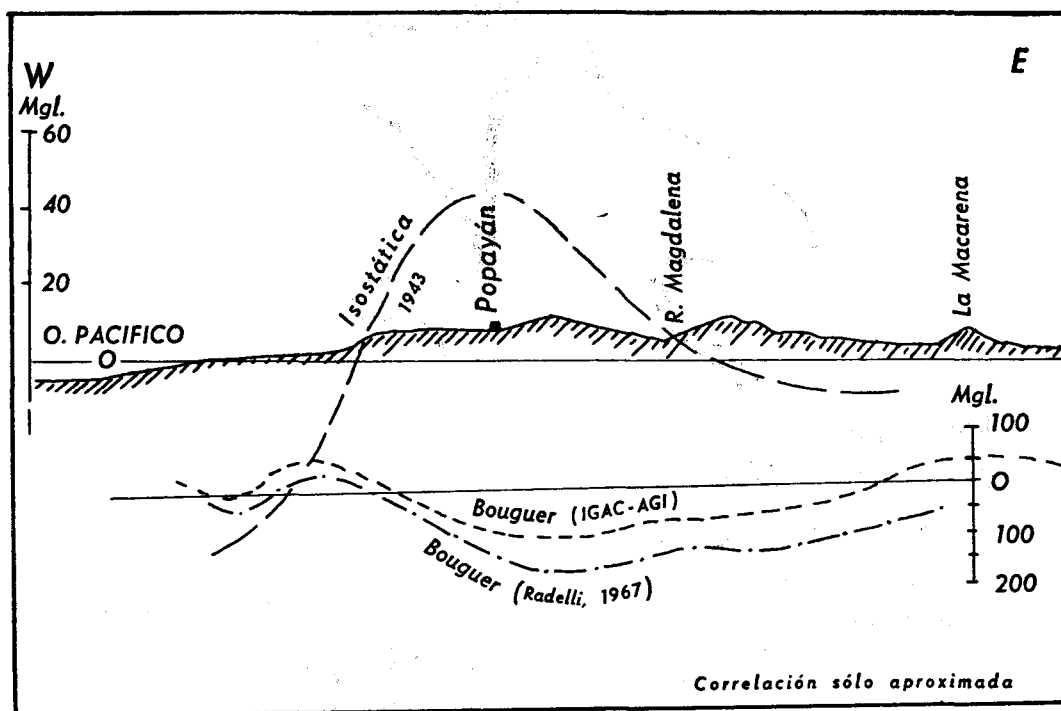


FIG. 5. — Perfil E-W a la latitud de Popayán, con las anomalías isostáticas y de Bouguer (miligales).

Las anomalías magnéticas, por su parte, constituyen otro interesante aspecto para las interpretaciones tectonofísicas, y hemos observado alguna relación con respecto a la citada teoría de los arcos de Wilson, según se vislumbra de los datos de S. W. Visser (Umbgrove, 1947), pero no disponemos de espacio para tratar aquí el tema. La idea fundamental es la localización de las anomalías magnéticas guarda probablemente in-

tima relación con los procesos orogénicos (Griggs, 1939), y haciendo una interpretación analógica de los arcos tectónicos de Wilson en Sur América, la anomalía magnética cartografiada por el Instituto Geográfico en el suroeste colombiano (y sobre la cual ha llamado la atención el Dr. Clemente Garavito), puede sugerirse una subdivisión del sistema general de arcos postulado por el geofísico canadiense (Wilson: 1954, 1959).

## BIBLIOGRAFIA

- ASLAKSON, C. I. - SWICK, C. H., "Gravity Observations in Perú and Colombia", U. S. Gov., Sp. Pbl. 233, 1943.
- BENIOFF, H., "Orogenesis and Deep Crustal Structure". Bul. Geol. Soc. of America, Vol. 65, May 1954.
- BOWIE, W., "Isostasy", Dutton & Co., N. Y., 1927.
- BUCHER, W. H., "La Corteza Terrestre" en "El Planeta Tierra" (Simp.), Rev. de Occidente, Madrid, 1959.
- BÜRGL, H., "Geología Histórica de Colombia", Acad. Col. de Ciencias, Vol. XI, Nº 43, 1961.
- CASE, J. E. - BARNES, D. F. - PLAFKER, G. - ROBBINS, S. L., "Gravity Survey and Regional Geology of the Prince Williams Sound Epicentral Region, Alaska", Geol. Survey Prof. Paper 543-c, Washington, 1966.
- CASE, J. E. - MOORE, W. R. - DURÁN, L. G. - LÓPEZ R. A., "La Unión de las Cadenas de los Andes y de Panamá en el Noroeste Colombiano", Geología Colombiana, Nº 6, Univ. Nacional, Bogotá (en prensa).
- CHILDS - BEEBE, "Backbone of the Americas" (Symp.), Amer. Assoc. of Petr. Geologists, Mem. 2, 1963.
- DALY, R. A., "Regional Departures from Ideal Isostasy", Bul. Geol. Soc. of America, Vol. 50, 1939.
- DURÁN, L. G., "Ensayo de Interpretación Geofísica de la Plataforma Continental del Caribe", Caldasia, Vol. IX, Nº 42, Bogotá, 1964.
- EWING, M. - PRESS, F., "Geophysical Contrasts Between Continents and Ocean Basins", en "Crust of the Earth", Geol. Soc. of America, Sp. Paper 62, 1955.
- GOGUEL, J., "Réflexions sur L'Isostasie, L'Hypothèse des Racines Inverses", Annales de Géophysique, Vol. 3, fasc. 3, 1947.
- GRIGGS, D., "A theory of Mountain-Building", Amer. Journal of Science, Vol. 237, Sep. 1939.
- GUTENBERG, B. - RICHTER, C. T., "Depth and Geographical Distribution of Deep Foci Earthquakes", Bull. Geol. Soc. of America, Vol. 49, 1937.
- Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" - AGI, "Mapa Gravimétrico de Colombia (Bouguer)". IGAC, Bogotá, 1959.
- JACOBS - RUSSELL - WILSON, "Physics and Geology", McGraw - Hill Book Co., N. Y., 1959.
- JEFFREYS, H., "Earthquakes and Mountains", Methuen & Co., London, 1950.
- LÉJAY, P., "Développements Modernes de la Gravimétrie", Gauthier - Villars, Paris, 1947.
- RADELLI, L., "Géologie des Andes Colombiennes", Grenoble, 1967.
- RAMÍREZ, J. E., "Mapa Sísmico y Tectónico de Colombia", Inst. Geofísico de los Andes Colombianos, Bogotá, 1957.
- ROTHÉ, E., "Questions Actuelles de Géophysique Théorique et Appliquée", Gauthier - Villars, Paris, 1943.
- SCHEIDEGGER, A. E., "Principles of Geodynamics", Springer - Verlag, Berlin, 1958.
- UMBROVE, J. H. F., "The Pulse of the Earth", Martinus Nijhoff, The Hague, 1947.
- WILSON, J. T., "The Development and Structure of the Crust", en "The Earth as a Planet" (Symp., G. G. Kuiper, ed.), Univ. of Chicago Press, Chicago, 1954.