

INVESTIGACION GRAVIMETRICA Y MAGNETICA  
A TRAVES DEL ISTMO DE PANAMA  
(NOROESTE COLOMBIANO) <sup>1</sup>

JAMES E. CASE <sup>2</sup>, LUIS G. DURÁN S. <sup>3</sup>, ALFONSO LÓPEZ R. <sup>3</sup>, W. RICHARD MOORE <sup>2</sup>

RESUMEN

Se efectuó un estudio gravimétrico y magnético en la zona noroeste de Colombia, a través del extremo sureste del Istmo de Panamá, a lo largo de la ruta propuesta para el canal interoceánico Atrato-Truandó.

En la Serranía del Baudó, o sea la cordillera del Pacífico, las anomalías magnéticas verticales son de fuerte gradiente y gran amplitud, hasta de 3.000 gamas, sobre basalto y otras rocas ígneas máficas que constituyen el basamento pre-Eoceno. Sobre la espesa cubierta de rocas sedimentarias del Terciario, en la cuenca a lo largo del Río Atrato, estas anomalías son de muy escasa amplitud. Sobre el arco de Sautatá, cerca de Loma Teguerre, se presenta una pequeña anomalía magnética de algunos centenares de gamas. Desde allí hacia el nordeste, hasta el Golfo de Urabá, las anomalías magnéticas son de baja amplitud. El campo magnético regional aumenta hacia el nordeste en unas 2.000 gamas desde la playa de Curiche, en la Costa del Pacífico, hasta el delta del Atrato, en el Golfo de Urabá.

---

<sup>1</sup> Presentado al Simposio Panamericano sobre el Manto Superior de la Tierra, celebrado en Ciudad de México, marzo de 1968. Manuscrito recibido el 1º de octubre de 1968.

<sup>2</sup> TEXAS A. & M. UNIVERSITY, COLLEGE STATION, TEXAS.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Las anomalías gravimétricas de Bouguer, por otra parte, alcanzan valores hasta de +130 mgals sobre los basaltos almohadillados de la Serranía del Baudó. En el graben de Nercua se presenta una pequeña anomalía residual negativa de unos 10 mgals sobre rocas sedimentarias. Los valores de la anomalía de Bouguer decrecen hasta -5 mgals cerca de Río Sucio, en el eje de la cuenca sedimentaria. Los valores de la anomalía de Bouguer decrecen hasta -5 mgals cerca de Río Sucio en el eje de la cuenca sedimentaria a lo largo del Río Atrato, y luego aumenta hasta 90 mgals sobre el arco de Sautatá, cerca de Loma Teguierre. Desde allí decrecen hasta -40 mgals en Turbo, sobre la cuenca sedimentaria desarrollada en la vecindad del Golfo de Urabá.

De los datos precedentes pueden puntualizarse las siguientes conclusiones: (1) el arco de Sautatá representa un eslabón estructural en la Cordillera Occidental de los Andes y la Serranía del Darién, en Panamá. (2) El predominio de los basaltos almohadillados y los valores de la anomalía de Bouguer por encima de los +100 mgals sugieren que el basamento de la Serranía del Baudó es un segmento solevantado de la corteza oceánica. (3) Los sedimentos de las cuencas terciarias fueron depositados directamente sobre la corteza oceánica y sobre rocas de un eugeosinclinal de finales del Mesozoico y principios del Terciario, cuyos remanentes se hallan expuestos en la Cordillera Occidental.

#### ABSTRACT

Regional gravity and magnetic surveys have been conducted in northwestern Colombia across the extreme southeastern end of the Isthmus of Panamá along the proposed Atrato-Truandó interoceanic canal route.

In the Serranía de Baudó, the Pacific coast range, vertical intensity magnetic anomalies are of steep gradient and large amplitude, up to 3,000 gammas, over basalts and other mafic igneous rocks that form the pre-Eocene basement. Magnetic anomalies are of very low amplitude over the thick sequence of Tertiary sedimentary rocks in the basin along the Río Atrato. A small magnetic anomaly of a few hundred gammas is present over the Sautatá arch near Loma Teguierre. From there, northeast to the Golfo de Urabá, magnetic anomalies are of low amplitudes. The regional magnetic field increases northeastward by about 2,000 gammas from Curiche Beach, on the Pacific Coast, to the Atrato delta, on the Golfo de Urabá.

Bouguer anomalies attain values as high as +130 mgals over the pillow basalts of the Serranía de Baudó. A small residual negative anomaly of about 10 mgals is present over sedimentary rocks in the Nercua graben. Bouguer anomaly values decrease to -5 mgals near Río Sucio, at the axis of the sedimentary basin along the Atrato and then increase to +90 mgals over the Sautatá arch near Loma Teguierre. From there they decrease to -40 mgals at Turbo over the Tertiary sedimentary basin developed near the Golfo de Urabá.

From these data, the following conclusions can be drawn: (1) The Sautatá arch serves as a structural link between the Andean Cordillera Occidental and the Serranía del Darién of Panamá. (2) Prevalence of pillow basalts and Bouguer anomaly values in excess of +100 mgals suggest that the basement of the Serranía de Baudó is a raised segment of oceanic crust. (3) Sediments in the Tertiary

basins were deposited directly on oceanic crust and on rocks of a late Mesozoic-early Tertiary eugeosyncline, remnants of which are exposed in the Cordillera Occidental.

## CONTENIDO

	<i>Páginas</i>
Introducción .....	7
Condiciones geológicas generales .....	8
Interpretación de los datos geofísicos .....	12
Otras poligonales geofísicas .....	14
Agradecimientos .....	14
Bibliografía seleccionada .....	15

## INTRODUCCION

Se han realizado investigaciones regionales gravimétricas y magnéticas a través del extremo sureste del Istmo de Panamá, en la primera fase de un proyecto de "Tectonofísica de Colombia Occidental, Sur América, en investigación gravimétrica regional, Magnética y Estructural". Este proyecto es un esfuerzo conjunto de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, y la Texas A. & M. Research Foundation; está parcialmente subvencionado por la National Science Foundation, y ha sido incorporado a los proyectos internacionales del manto superior de la tierra, coordinados por el respectivo comité de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional.

El problema básico es el examen de la naturaleza del enlace tectónico entre los sistemas montañosos de los Andes y de Panamá. Los estudios regionales de gravimetría y magnetismo proporcionan uno de los métodos más rápidos para la determinación de las directrices estructurales y litológicas regionales en las comarcas donde las rocas se hallan ocultas bajo espesa vegetación o cubierta aluvial. El presente trabajo es un informe de progreso de la investigación, y las interpretaciones en él contenidas deben considerarse como preliminares. La localización de las poligonales de gravímetro y magnetómetro se indica en la (fig. 1).

Cerca de 250 estaciones gravimétricas y magnéticas fueron ocupadas a lo largo de la ruta propuesta para el canal interoceánico Atrato-Truandó, en los departamentos de Chocó y Antioquia, en el noroeste colombiano. El control de posición y elevación para una parte del trabajo se obtuvo de una línea de mojones (bench marks) espaciados a 300 metros desde la playa de Curiche, en la Bahía de Humboldt, en el Pacífico, hasta el sitio próximo a Teresita, en el Río Truandó. Desde

Teresita hasta el delta del Atrato, en el Golfo de Urabá, se hizo el estudio a lo largo de los ríos Truandó y Atrato; se determinaron las posiciones sobre modernos mapas topográficos en escala de 1:50.000, y las elevaciones con base en un "bench mark" cerca del Río Salado, y asumiendo gradientes fluviales hasta el nivel del mar en el Golfo de Urabá. Las cotas de las estaciones son probablemente correctas dentro de un metro a lo largo de la línea de "bench marks" y dentro de dos metros en las líneas fluviales. En el estudio gravimétrico se empleó un gravímetro La Coste & Romberg G-135, y para el magnético un magnetómetro Sharpe MF-100, fluxgate.

El control de deriva, tanto para el gravímetro como para el magnetómetro, se obtuvo mediante repetición de lecturas en las estaciones de base durante el trabajo, y con un cierre final aéreo entre las bases principales de Sautatá, Teresita y Playa Curiche, al concluir el trabajo. Los errores individuales de las estaciones, con respecto a estas bases, probablemente no exceden de 0.2 mgals para los valores observados de la gravedad, y de 100 gamas para la componente vertical del campo magnético relativo.

El campo magnético vertical relativo crece hacia el nordeste en cerca de 2.000 gamas desde Playa Curiche hasta el delta del Atrato. Este incremento regional concuerda perfectamente con los valores de las estaciones magnéticas observadas por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" en Bahía Solano, al sur de Playa Curiche, y en Turbo, en la costa oriental del Golfo de Urabá. La componente vertical "absoluta" del campo magnético en Playa Curiche es de aproximadamente 21.000 gamas.

Los valores gravimétricos observados en Sautatá, Teresita y Playa Curiche están enlazados a los de la red gravimétrica internacional en las estaciones de péndulo del edificio del IAGS, Ft. Clayton, Zona del Canal, y a la estación de referencia del aeropuerto de Tucumán en Panamá. Teniendo en cuenta las mareas terrestres, los valores gravimétricos observados en Sautatá, Teresita y Playa Curiche, son probablemente correctos dentro de 0,2 mgals, con respecto a las estaciones en Panamá.

## CONDICIONES GEOLOGICAS GENERALES

La región investigada es poco conocida geológica y geofísicamente. Las principales características estructurales incluyen la Cordillera Occidental, que es el elemento tectónico más occidental del sistema de los Andes; la Serranía del Baudó, que es el segmento más meridional del

sistema Centro-Americano; y las cuencas a lo largo de los ríos Atrato y San Juan, y en la vecindad del Golfo de Urabá.

Se han cartografiado o postulado muchas fallas principales que bordean las cadenas de montañas (TRUMPY, 1943; VON ESTORFF, 1946; JACOBS, BÜRGL and CONLEY, 1963; y otros), pero la evidencia para la existencia de algunas de ellas es deficiente, en tanto que la localización de muchas otras no ha sido precisamente determinada. Un programa de estudios gravimétricos regionales, complementado localmente con estudios magnéticos, proporciona uno de los medios más rápidos para obtener datos tectónicos sobre las fallas, especialmente en las áreas cubiertas por depósitos aluviales y espesa vegetación.

La Cordillera Occidental se compone predominantemente de rocas ígneas y metamórficas. Las rocas metamórficas, algunas de las cuales pueden ser mesozoicas, son en gran parte de edad desconocida, en tanto que las ígneas, incluyendo extrusivas e intrusivas, son principalmente mesozoicas y terciarias (OPPENHEIM, 1952, p. 743; OLSSON, 1956, p. 299); se encuentran también algunas rocas sedimentarias marinas del Cretáceo (OPPENHEIM, 1952, p. 743). La Cordillera Occidental se halla flanqueada al este y al oeste, por grandes fallas (DE CIZAN-COURT, 1933, Fig. 1; OPPENHEIM, 1952, p. 743). En muchos lugares se encuentra una típica asociación eugeosinclinal de basaltos almohadillados, liditas, grauvacas, y lutitas oscuras.

A lo largo de los ríos Atrato y San Juan se presenta un gran geosinclinal terciario, llamado Geosinclinal de Bolívar, en el cual los estratos marinos están fuertemente plegados (OLSSON, 1932, p. 298; ANDERSON, 1945), y en él pueden hallarse preservados hasta 35.000 pies de rocas del Terciario (NYGREN, 1950). Sin embargo, este geosinclinal está atravesado por el arco de Sautatá (JACOBS, BÜRGL and CONLEY, 1963), que enlaza la Serranía del Darién y la Cordillera Occidental.

La Serranía del Baudó está formada por rocas ígneas básicas, metamórficas y sedimentarias del Mesozoico, completamente plegadas y falladas (OPPENHEIM, 1952, p. 742).

Las profundidades oceánicas aledañas a la costa occidental de Colombia pueden estar flanqueadas por grandes fallas marginales continentales, y la distribución de los terremotos a profundidad sugiere que las zonas de dislocación buzan hacia el oriente bajo la mole continental (BENIOFF, 1954; pp. 386 - 387). \*

---

\* DURÁN y LÓPEZ han sugerido características especiales para esta dislocación, con base en la mecánica de los arcos de Wilson, y en la correlación de datos gravimétricos y sismológicos. (Trabajo presentado al I Congreso Latinoamericano de Física, México, julio de 1968).

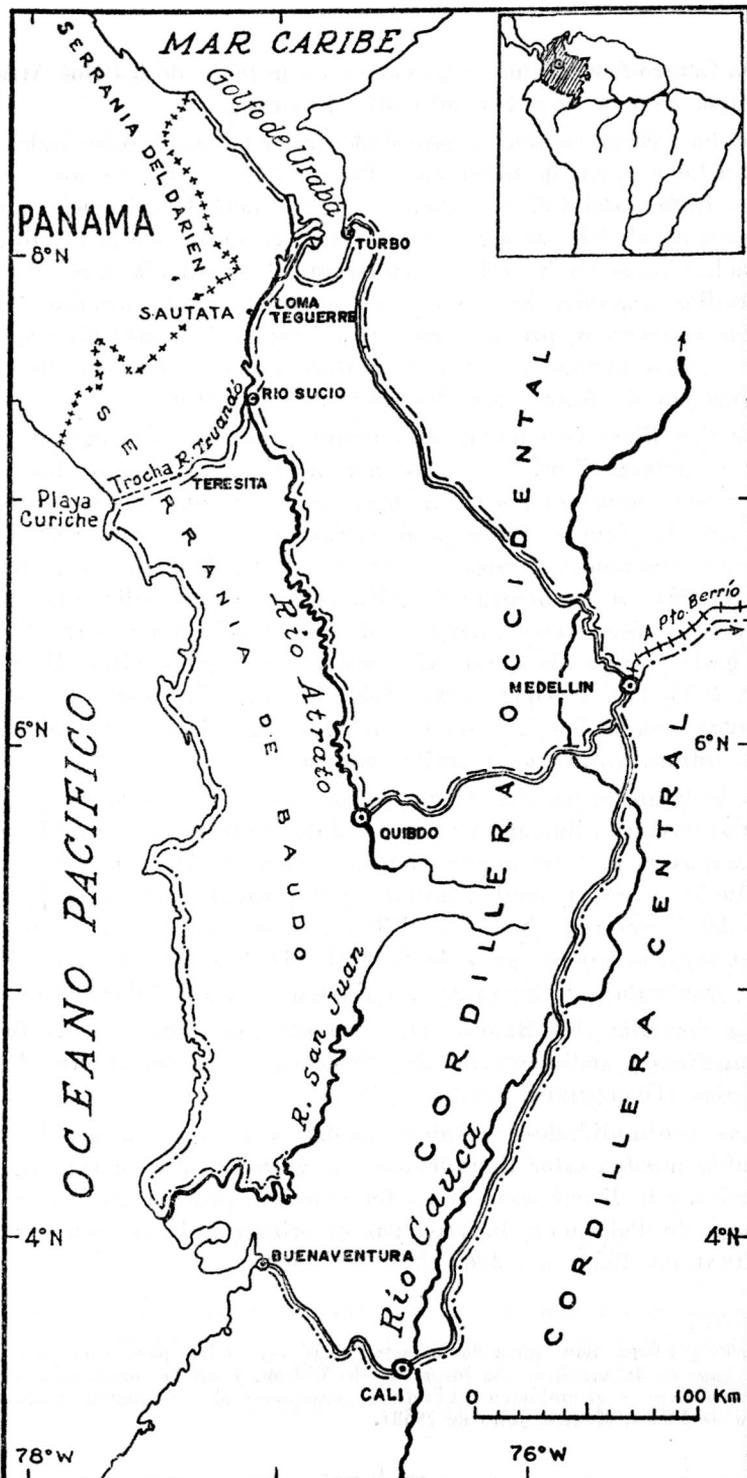


FIGURA 1. Mapa índice de Colombia occidental. Se indican con líneas de trazos las poligonales gravimétricas y magnéticas del presente informe, y con líneas y trazos las adicionales. (Febrero - mayo 1968).

La trama tectónica de Sur América septentrional y sus relaciones con el arco Caribe-Antillano y el de Centro América han sido objeto de intensas discusiones y debates durante las tres últimas décadas. HESS (1938) y EARDLEY (1954), por ejemplo, han invocado la hipótesis del tectógeno, que implica plegamiento cortical descendente efectuado por corrientes de convección, rellenamiento sinclinal, orogénesis y emplazamiento de serpentinas y batolitos graníticos. La dislocación ha sido predominantemente de cabalgamiento, o de este tipo y de fallas de bloques. EARDLEY (1954), en particular, ha relacionado episodios orogénicos sucesivos del Paleozoico, del Mesozoico y del Terciario, con tectógenos sucesivos, algunos de los cuales se cortan entre sí, pero la mayoría son adyacentes y paralelos a los precedentes. El mismo EARDLEY (1954, p. 742), considera el hundimiento como el movimiento principal en las cuencas del Caribe.

ROD (1956), MOODY y HILL (1956), BUCHER (1952, p. 83), HESS (1938, pp. 71-96) y EARDLEY (1954) han sostenido todos que grandes fallas con desplazamientos de rumbo pueden ser los elementos predominantes en la trama estructural de Sur América septentrional. El desplazamiento horizontal a lo largo de las grandes fallas de los Andes puede medirse en decenas o centenares de millas, aun cuando presentan una fuerte componente vertical.

En contraste, DE CIZANCOURT (1933) consideró las fallas flanqueras de los Andes como cabalgamientos de buzamiento hacia el Este. Postuló que el antepaís cristalino de la Guayana ha sido empujado hacia el Oeste, hacia los Andes, y que las estructuras del basamento fueron esencialmente poligonales.

OPPENHEIM (1952) ha propuesto firmemente el fallamiento en bloques, en lugar del cabalgamiento, como la característica predominante en la trama de los Andes Colombianos.

DENGO (1967) ha postulado que el istmo centroamericano, desarrollado durante el Jurásico o principios del Cretáceo, es un arco insular de tipo oceánico construido sobre una cresta de corteza oceánica, que separa el Mar Caribe del Océano Pacífico, y que se extiende desde el extremo meridional de Centro América hasta el noroeste colombiano.

DURÁN (1964) y otros han propuesto una interpretación alternativa a la de HESS (1938) para el origen de la faja de la anomalía gravimétrica negativa de Colombia septentrional. Han sugerido que dicha anomalía puede ser adecuadamente explicada por una espesa cuña de sedimentos del Mesozoico y del Cenozoico, de baja densidad, en lugar de plegamiento cortical descendente (tectógeno).

En vista de las muchas hipótesis alternativas propuestas para explicar la trama tectónica de la comarca, se requerirán muchos datos

geológicos y geofísicos adicionales para entender la tectónica regional. Además, tanto los datos antiguos como los nuevos deberán ser evaluados a la luz de los conceptos modernos de deriva continental, expansión del piso oceánico y "fallas de transforma" (*Transform faults*).

## INTERPRETACION DE LOS DATOS GEOFISICOS

Los perfiles gravimétricos y magnéticos a través del extremo sureste del Istmo se muestran en las figs. 2-4. Las rocas del basamento de la Serranía del Baudó incluyen basaltos almohadillados, gabros y algunas serpentinas. Las anomalías magnéticas (Fig. 2) son de gran amplitud y fuerte gradiente; una de ellas tiene una amplitud de 3.000 gamas. Este carácter errático de las anomalías es común sobre rocas volcánicas máficas y refleja variaciones en el contenido de magnetita de las rocas ígneas máficas, y puede representar también variaciones en la dirección de la magnetización de las rocas. Sobre las rocas sedimentarias a lo largo del Río Truandó, las anomalías magnéticas aparecen atenuadas, indicando la mayor profundidad al basamento magnético. En este perfil se aprecia claramente el incremento hacia el noreste del campo magnético terrestre.

Los valores de la anomalía gravimétrica de Bouguer (Fig. 2) fluctúan entre + 90 y + 112 mgals, sobre el terreno basáltico, y alcanzan hasta + 130 mgals a lo largo de la costa del Pacífico, al norte de la línea del perfil. El mínimo residual de - 10 mgals sobre el graben de Nercua se debe a la presencia de rocas sedimentarias de baja densidad preservadas en el graben. A lo largo del Río Truandó, los valores de la anomalía de Bouguer decrecen suavemente hasta cerca de - 5 mgals sobre el eje de la cuenca sedimentaria cerca de Río Sucio, sobre el Río Atrato.

Por lo menos 15.000 y probablemente 35.000 pies de rocas sedimentarias constituyen la cuenca (NYGREN, 1950), y gran parte de la anomalía negativa puede atribuirse a esta espesa mole de rocas de baja densidad.

Desde Río Sucio hacia el noreste, a lo largo del Río Atrato (Fig. 3), no se observan anomalías significativas hasta Loma Teguerre, en donde aflora el basamento somero de grauvacas, pizarras y gabros (o dioritas). A lo largo del Atrato, en la vecindad de Loma Teguerre, se encontró un máximo magnético local de 400-500 gamas.

Los valores de la anomalía gravimétrica de Bouguer aumentan desde Río Sucio hasta un máximo de + 90 mgals en Loma Teguerre, reflejando el basamento somero que subyace en el margen de la cuenca

sedimentaria. El máximo gravimétrico aparente que se ve en el perfil, de 10 a 15 Km al noreste de Río Sucio, se debe al hecho de que las estaciones están emplazadas a lo largo del río, y éste presenta allí un gran meandro (ver Fig. 5).

De Loma Teguerre hacia el noreste, al delta del Atrato, el perfil magnético permanece atenuado (Fig. 4). Los valores de la anomalía de Bouguer decrecen hasta  $-30$  mgals en la parte norte del delta, y descienden hasta  $-4$  mgals en el lado oriental del Golfo de Urabá, cerca de Turbo. Esta disminución hacia el oriente de los valores de dicha anomalía indica una profundidad creciente del basamento por debajo de las rocas sedimentarias que colman la cuenca cerca del Golfo de Urabá.

Efectivamente, entonces, la protuberancia del basamento representada por el arco de Sautatá divide el Geosinclinal de Bolívar de NYGREN en dos cuencas terciarias: una occidental con un eje semiparalelo al Río Atrato, y otra cuyo eje se halla al oriente del Golfo de Urabá. El relieve estructural del basamento a través del arco de Sautatá es probablemente del orden de los 15.000 pies, o aún mayor para corresponder a la anomalía positiva de 90 a 130 mgals sobre el arco.

Con los nuevos datos gravimétricos de la poligonal a través del istmo, con los de la poligonal del Atrato, de Quibdó a Río Sucio y la de la costa, con la adición de puntos de control tomados del mapa de Colombia con la anomalía de Bouguer (1959), se ha elaborado el mapa generalizado de la anomalía simple de Bouguer de la Fig. 5. En este mapa se destacan claramente las fuertes anomalías sobre la Serranía del Baudó y el arco de Sautatá, cerca de Loma Las Aisladas. El eje del mínimo gravimétrico que define la cuenca cerca del Río Atrato se extiende desde el oeste de Quibdó hacia el norte, hasta la frontera con Panamá, cerca de Río Sucio. A juzgar por la fuerte gradiente gravimétrica tanto en el flanco oriental como en el occidental de este gran mínimo gravimétrico, podría pensarse que los bordes de la cuenca a profundidad son empinados, o que pueden aún ser grandes fallas. Teniendo en cuenta la presencia de basaltos almohadillados, que reflejan flujos submarinos, y la asociación con gabro, rocas verdes y serpentina, parece geológicamente posible que la Serranía del Baudó represente un segmento solevantado de la corteza oceánica. Esta interpretación está reforzada por la presencia de fuertes anomalías positivas de Bouguer a lo largo de la costa del Pacífico, que exceden de los  $+100$  mgals. Tales valores son oceánicos, más bien que continentales. También es posible que la región costanera del Pacífico no se encuentre en equilibrio isostático, y que una fuerte anomalía isostática positiva coincida con las áreas de la anomalía positiva de Bouguer.

Si se hacen correcciones por las rocas sedimentarias de baja densidad de las cuencas del Terciario, virtualmente toda la región presentaría anomalías Bouguer positivas, y por lo tanto podría inferirse que el basamento pre-Eoceno en esta parte de Colombia noroeste está constituido por corteza oceánica, en la Serranía del Baudó o por el margen occidental de un eugeosinclinal mesozoico, cerca del arco de Sautatá. Por el carácter positivo de las anomalías, parece que una corteza "granítica" y "continental" está ausente. Esta situación es similar a la descrita para América Central meridional por DENG (1967, pp. 61, 64-65).

#### OTRAS POLIGONALES GEOFISICAS

Además de los nuevos datos aludidos en este trabajo, se observaron poligonales gravimétricas y magnéticas (Fig. 1) a lo largo de las carreteras de Medellín a Turbo, Medellín a Quibdó, Medellín a Cali y Cali a Buenaventura. Unas pocas estaciones se observaron a lo largo del bajo Río San Juan. A lo largo del ferrocarril de Medellín a Puerto Berrío, a través de la Cordillera Central, se estableció una línea especial de estaciones. A través de la falla de Bucaramanga se estableció una corta línea de estaciones gravimétricas de alta precisión, para reocupación posterior con miras a determinar posibles desplazamientos verticales relacionados con la falla.

#### AGRADECIMIENTOS

Muchas organizaciones, grupos y compañías petroleras colombianas y americanas han suministrado espléndida ayuda y cooperación a este programa internacional. Queremos agradecer especialmente la valiosa cooperación del Instituto Geográfico de Colombia "Agustín Codazzi", del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, del Interamerican Geodetic Survey, de la Atlantic-Pacific Interoceanic Canal Studies Commission, de los Ministerios de Obras Públicas y de Minas y Petróleos de Colombia, de la Marina Mercante Colombiana, del U. S. Bureau of Public Roads y de la Chevron Petroleum Co., la Mobil Oil Corporation, la Intercol Petroleum Co., quienes nos proporcionaron control de posición a lo largo del Río Atrato. Muchas personas de Colombia, Panamá y los Estados Unidos nos ayudaron en formas y ocasiones tan diversas, que es imposible mencionarlas por separado; a todas queremos expresar

nuestra gratitud. Finalmente deseamos agradecer de manera muy especial al señor Gobernador del Departamento del Chocó doctor Ramón Mosquera, y a los habitantes de ese Departamento, por su ejemplar cordialidad y ayuda eficaz.

#### BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- ANDERSON, J. L., 1945. — "Petroleum Geology of Colombia, South America". *American Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 29 N° 8, p. 1065-1142.
- ASLAKSON, C. I., SWICK, C. H., 1943. — "Observations in Peru and Colombia". *U.S. Coast and Geol. Surv.*, Sp. P. 61, p. 233.
- BENIOFF, H., 1945. — "Orogenesis and Deep Crustal Structure-Additional Evidence from Seismology": *Geol. Soc. America Bull.*, v. 65, N° 5, p. 385-400.
- BUCHER, W. H., 1952. — "Geologic Structure and Orogenic History of Venezuela": *Geol. Soc. America, Memoir 49*.
- DE CIZANCOURT, H., 1933. — "Tectonic Structure of the Northern Andes in Colombia and Venezuela": *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 17, N° 3, p. 211-223.
- DENGO, G., 1967. — "Geological Structure of Central America": Studies in Tropical Oceanography, N° 5, *Proc. Intern. Conf. on Tropical Oceanogr.*, Univ. of Miami, Oct. 1967, p. 56-73.
- DURÁN S., L. G., 1964. — "Ensayo de Interpretación Geofísica de la Plataforma Continental del Caribe": *Revista Caldasia*, v. 9, N° 42, p. 137-150 (Publ. Esp. N° 2, Dpto. de Geología, Univ. Nal. de Colombia, Bogotá).
- EARDLEY, A. J., 1954. — "Tectonic Relations of North and South America": *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 38, N° 5, p. 707-773.
- HESS, H. H., 1938. — "Gravity Anomalies and Island Arc Structure with Particular Reference to the West Indies": *Proc. Amer. Phil. Soc.*, v. 79, p. 1-96.
- JACOBS, C.; BÜRGL, H.; CONLEY, D. L., 1963. — "Backbone of Colombia" en "Backbone of the Americas", Childs, O. E.; Beebee, B. H., eds.: *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir 2*, p. 62-72.
- MOODY, J. D., HILL, M. J., 1956. — "Wrench-fault Tectonics": *Geol. Soc. America Bull.*, v. 67, p. 1207-1246.
- NYGREN, W. E., 1950. — "The Bolivar Geosyncline of North-western South America": *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 34, p. 1998-2006.
- OLSSON, A. A., 1932. — "Contributions to the Tertiary Paleontology of Northern Peru. The Peruvian Miocene": *Bull. Amer. Paleon.*, v. 19, N° 68.
- OLSSON, A. A., 1956. — "Colombia" en "Handbook of South American Geology", Jenks, W. F., ed.: *Geol. Soc. America Memoir 65*, p. 293-326.
- OPPENHEIM, V., 1949. — "Geología de la Costa Sur del Pacífico de Colombia": *Bol. Inst. Geofísico de los Andes*, v. 1, p. 1-23.

- OPPENHEIM, V., 1952. — "The Structure of Colombia": *Amer. Geophys. Union Trans.* v. 33, N<sup>o</sup> 5, p. 739-748.
- ROD, E., 1956. — "Strike-slip fault of Northern Venezuela": *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 40, N<sup>o</sup> 3, p. 457-476.
- TRUMPY, D., 1943. — "Pre-Cretaceous of Colombia": *Geol. Soc. America Bull.*, v. 54, N<sup>o</sup> 9, p. 1281-1304.
- VON ESTORFF, F. E., 1946. — "Tectonic Framework of Northwestern South America": *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 30, N<sup>o</sup> 4, p. 581-590.

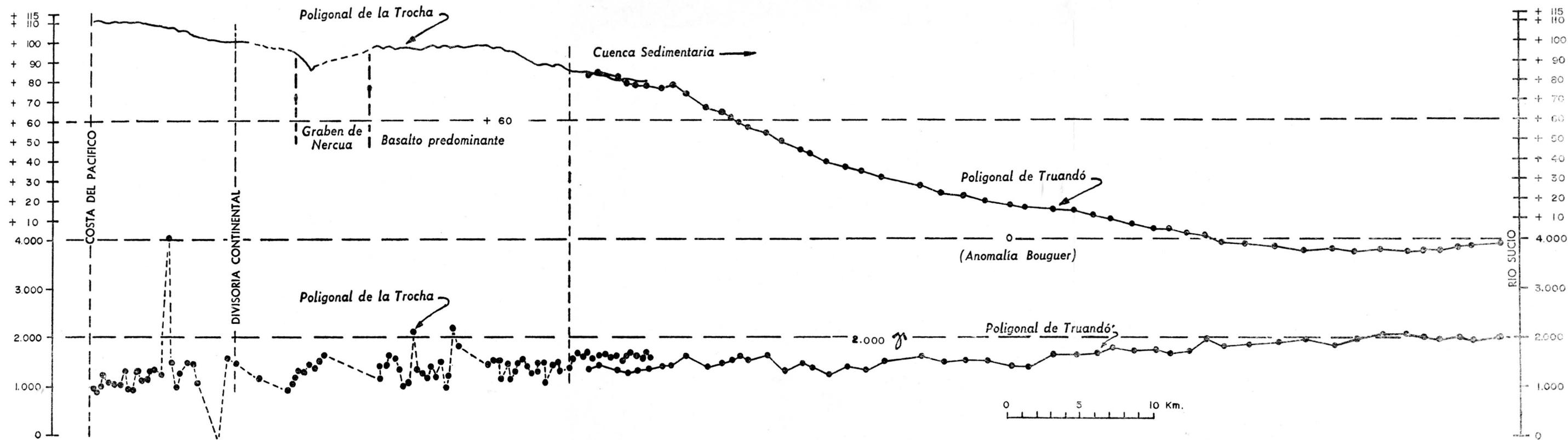


FIGURA 2. Perfiles de la anomalía simple de Bouguer (superior) y de la intensidad magnética vertical (inferior). Playa Curiche (Bahía de Humboldt) a Río Sucio. (Valores magnéticos en gamas, con datum arbitrario de 1.000 gamas en Playa Curiche).

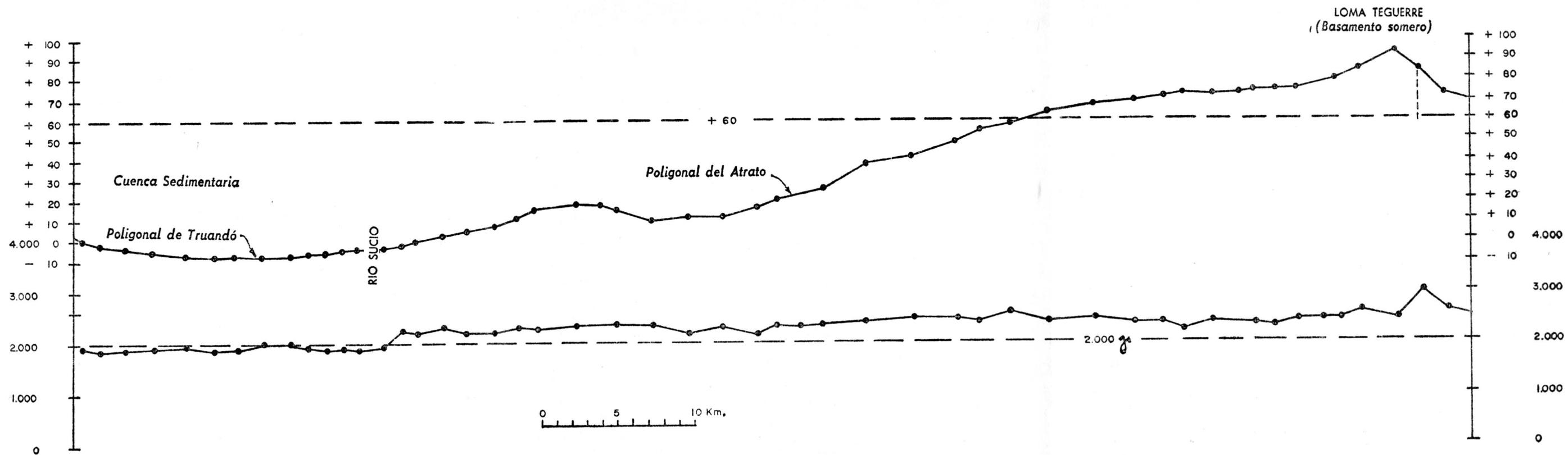


FIGURA 3. Perfiles de la anomalía simple de Bouguer (superior) y de la intensidad magnética vertical (inferior), de la vecindad de Río Sucio a Loma Teguerra (Valores magnéticos en gamas, con datum arbitrario de 1.000 gamas en Playa Curiche).

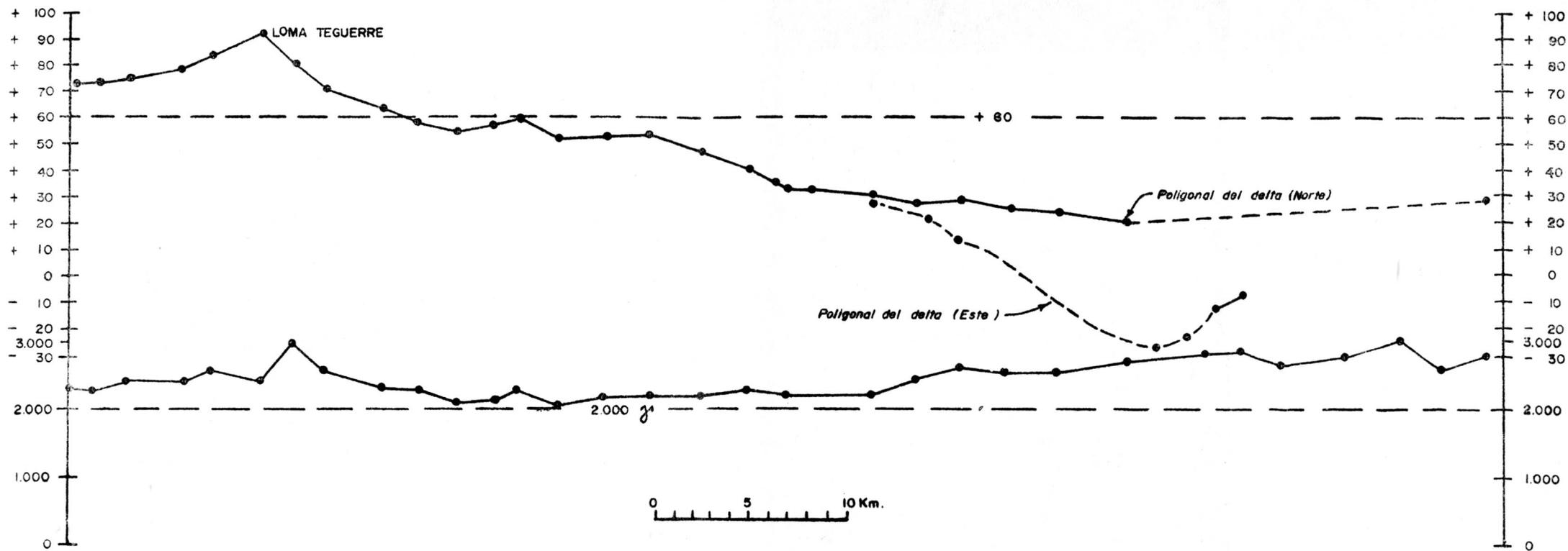


FIGURA 4. Perfiles de la anomalía simple de Bouguer (superior) y de la intensidad magnética vertical (inferior), de la vecindad de Loma Teguerre al delta del Río Atrato. (Valores magnéticos en gamas, con datum arbitrario de 1.000 gamas en Playa Curiche).

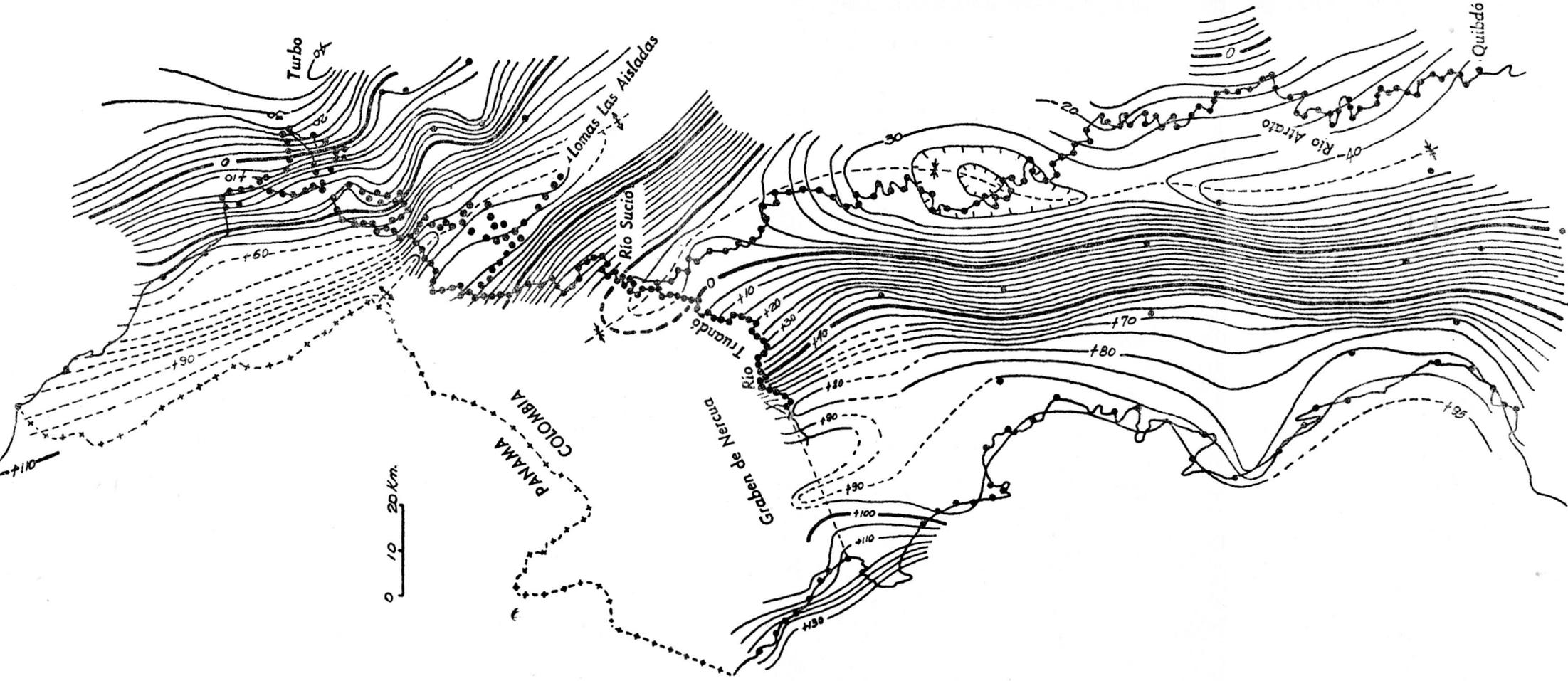


FIGURA 5. Mapa preliminar de la anomalía simple de Bouguer, de una parte de Colombia noroccidental. Intervalo de curvas, 5 miligales. Los puntos de control fuera de la línea de costa y los ríos principales fueron tomados del mapa gravimétrico de Colombia (1959).