

**INTERPRETACION TECTONOFISICA TENTATIVA  
DEL CARIBE COLOMBIANO  
(Comunicación Preliminar) <sup>1</sup>**

**LUIS GUILLERMO DURÁN S. <sup>2</sup> y ALFONSO LÓPEZ REINA <sup>2</sup>**

**CONTENIDO**

	<b>Páginas</b>
<b>Resumen</b> . . . . .	<b>80</b>
<b>Abstract</b> . . . . .	<b>80</b>
<b>I. Introducción</b> . . . . .	<b>81</b>
<b>II. La reinterpretación</b> . . . . .	<b>82</b>
<b>III. Implicaciones económicas</b> . . . . .	<b>84</b>
<b>Bibliografía seleccionada</b> . . . . .	<b>89</b>

<sup>1</sup>Trabajo presentado al Primer Seminario Nacional de Ciencias del Mar. Cartagena, julio 27 a 30, 1971.

<sup>2</sup>Departamento de Geología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

## RESUMEN

El presente trabajo es una interpretación revisada de la que fue sometida por los autores, en mayo del año en curso, al I Congreso Colombiano sobre Recursos Naturales (Bogotá), acerca de la Geología del Caribe.

La idea fundamental de la interpretación consiste en postular un máximo espesor de sedimentos cretácico-terciarios de unos 5.000 metros, aproximadamente a 100 kilómetros mar adentro, en coincidencia aproximada con el mínimo gravimétrico de aire libre y el máximo magnético, correlacionados con la estructura y la estratigrafía continentales, en la Isla de Salamanca. La reinterpretación mantiene la modificación esencial a la sugerencia anterior (DURÁN, 1964) sobre el significado de la anomalía isostática negativa, que señalaba el máximo espesor de la columna sedimentaria en coincidencia con aquella. Para la anomalía isostática se sugiere, en cambio, una interpretación diferente, en relación con la tectónica de placas en la comarca, y se corrige la columna de conformidad con los datos de las perforaciones recientes (JOIDES, 1970-71).

El trabajo se basa en los datos de los últimos cruceros del R/V Trident (Universidad de Rhode Island) y del R/V Conrad (Lamont-Doherty, Universidad de Columbia), en los cuales los autores tuvieron la oportunidad de participar, en publicaciones, y en comunicaciones personales de los doctores Talwani, Krause y Christofferson, principalmente.

## ABSTRACT

This paper is a revised version of previous interpretations of the Caribbean structure submitted by the authors to various geological conferences and meetings (mostly unpublished).

The fundamental idea consists in postulating a maximum thickness of  $5.000 \pm m$ . of Cretaceous-Tertiary sediments, in an essentially geosynclinal basin, some 100 km. off shore, in approximate coincidence with the free-air gravity minimum and the magnetic anomaly maximum. The stratigraphic and structural interpretation is based on the correlation originally proposed with the Salamanca drill-hole and available surface gravity and geology information (DURÁN, 1964), but corrected with recent JOIDES' Program data.

For the isostatic anomaly a different generalized interpretation is suggested instead, in terms of the new plate tectonics ideas. It is believed that oil-bearing structures may be present off shore, in spite of the negative results obtained heretofore in land, or on shallow shelf.

This reinterpretation (still tentative) is mainly based on partial recent information from R/V Trident (Rhode Island Univ.) and R/V Conrad (Lamont-Doherty, Columbia Univ.) cruises; on publications and recent discussion and communications, principally with Drs. M. Ewing, M. Talwani, D. Krause and E. Christofferson.

## I — INTRODUCCION

"The birth of the oceans is a matter of conjecture, the subsequent history is obscure... Fascinating speculation on the subject has been plentiful... As did Umbgrove in his chapter, I shall consider this chapter an essay in geopetry".

H. H. HESS.

(*"The evolution of ocean basins"*, 1960)

Todos los océanos y mares de la Tierra son actualmente objetivos de primordial importancia en las investigaciones geológicas, tectónicas y geofísicas. En realidad, estas investigaciones han determinado una auténtica revolución en las Ciencias de la Tierra, en los últimos veinte años, acerca de la cual es ya famosa la reciente controversia entre esos dos gigantes de la tecnofísica que representan respectivamente al Occidente y al Oriente en ese dominio de la Ciencia: JOHN TUZO WILSON y VLADIMIR BELOUSOV (Geotimes, Vol. 13, Nº 10, 1969).

Puesto que el Caribe es uno de los mares que presentan mayor interés desde los más diversos puntos de vista, son varios los cruceros que en él se han llevado a cabo en los dos últimos lustros. En ellos se han hecho investigaciones batimétricas, sísmicas, gravimétricas, magnéticas y de corazonas, y gran parte de los resultados corren publicados en diversas revistas, libros y compilaciones de congresos y simposios. Entre los autores principales de dichos trabajos se encuentran los profesores M. EWING, J. EWING, B. C. HEEZEN, J. L. WORZEL, M. TALWANI, F. P. SHEPARD, D. C. KRAUSE, J. E. NAFE, C. L. DRAKE, L. R. SYKES y P. MOLNAR; pero debemos recordar también, y rendir homenaje a la memoria de HARRY H. HESS, eminente pionero en la investigación de nuestro Caribe, quien en 1938 publicó su primer trabajo sobre él.

El presente ensayo se basa: 1. En el estudio de la bibliografía disponible. 2. En parte de los resultados obtenidos por los cruceros del R/V Trident (Universidad de Rhode Island, X-XI, 1969) y del R/V Conrad (Lamont-Doherty Geological Observatory, Universidad de Columbia, VII, 1970), en los cuales tuvimos la oportunidad de participar como investigadores de la Universidad Nacional, en cooperación con la Marina Colombiana. 3. En las comunicaciones personales, verbales o por correspondencia, con algunos de los investigadores mencionados, principalmente los doctores EWING, HEEZEN, TALWANI, WORZEL, KRAUSE y CHRISTOFFERSON, y 4. En los datos estratigráficos de los corazonas obtenidos por el R/D Glomar Challenger, en desarrollo del programa de perforación en el mar profundo (Deep Sea Drilling Program, JOIDES, leg 15; XII, 1970 - II, 1971), publicados en Geotimes (EDGAR et al., 1971).

Deseamos aprovechar la ocasión para expresar nuestros sinceros agradecimientos a los científicos y a las entidades citadas, pero nos apresuramos a manifestar que la responsabilidad de las ideas e interpretaciones aquí consignadas es exclusivamente nuestra, y en manera alguna pretendemos hacerla extensiva a ninguno de ellos.

## II — LA REINTERPRETACION

En 1938 el profesor HESS propuso para el arco insular de las Antillas y el Caribe una interpretación semejante a la de VENING MEINESZ para el arco indonésico, consistente en un "tectógeno", o plegamiento cortical sinclinal, en coincidencia con la anomalía isostática negativa. En 1964, L. G. DURÁN refutó esta interpretación, atribuyendo el mínimo isostático al máximo espesor de la columna sedimentaria bajo la plataforma continental, en correlación con los datos geológicos y gravimétricos disponibles sobre la costa, y con la perforación de la Texas Petroleum Co. en la Isla de Salamanca, al oriente de Barranquilla (DURÁN, 1964).

El estudio de los datos publicados en los últimos años y nuestra participación en los cruceros mencionados del Trident y del Conrad nos indujeron a revisar y modificar substancialmente la aludida interpretación, que nos resulta hoy tan insostenible como la precedente interpretación tectogénica de HESS. No parece que la anomalía isostática tenga relación (directa con el máximo espesor de los sedimentos al menos) sino que este máximo, o eje de la cuenca del Caribe, localizado por los trabajos sísmicos del Lamont-Doherty Geological Observatory (DRAKE y NAFE, en WORZEL, 1968), se encuentra a unos 100 kilómetros de la costa (fig. 1), en coincidencia aproximada con el mínimo gravimétrico de aire libre (TALWANI y POPPE, 1968; TALWANI y DURÁN, 1969) y con el máximo magnético de KRAUSE (comunicación personal, 1969).

Con base en los datos y trabajos citados interpretamos el perfil generalizado de la estructura del Caribe Colombiano como se indica esquemáticamente en la Fig. 2, conservando la correlación original de 1964 con la estructura y la estratigrafía de la región de la Isla de Salamanca, como allí se indica. En nuestra comunicación preliminar al I Congreso Colombiano sobre Recursos Naturales de mayo último (DURÁN y LÓPEZ, en prensa) atribuimos al máximo espesor de los sedimentos una magnitud de 5.000 a 7.000 metros, considerando que el contacto de aquellos con el basamento cristalino (pre-Cretáceo?) estaría representado por la zona de horizontes de velocidad sísmica de 6.7 a 7.0 km./seg. Creemos, no obstante, que este contacto corresponde más probablemente a la

velocidad sísmica de 5.6 km./seg. (WORZEL, 1968), y en este sentido hemos modificado la sección (Fig. 2).

Además, teniendo en cuenta la litología y la estratigrafía reveladas por las perforaciones llevadas a cabo a fines del año pasado y principios del presente por un grupo de Instituciones Oceanográficas en el Caribe (EDGAR et al., 1971; Figs. 1 y 2), y los comentarios previos de Mr. ERIC CHRISTOFFERSON (comunicación personal, III, 1971), sugerimos que el mayor espesor de la columna sedimentaria hacia el eje de la cuenca debe corresponder al Cretáceo; en efecto, en la perforación número 153, el contacto Cretáceo - Terciario fue hallado a sólo unos 600 metros bajo el fondo marítimo (Fig. 2). Esta circunstancia imprime a la sección propuesta la peculiaridad de la inversión de los espesores del Terciario y del Cretáceo, pues aquél excede los 4.000 metros en la sección atravesada por el pozo de Salamanca, como se indica a la izquierda, en la misma Fig. 2. Admitimos la posibilidad, por supuesto, de que bajo el Cretáceo se presenten espesores de rocas pre-cretáceas (metamórficas inclusive ?) cuyas velocidades sísmicas no excedan los 5.6 km./seg.

Los detalles expuestos definen esquemáticamente la macrotectónica del Caribe Colombiano. Creemos que a ésta puede considerarse superpuesta, en cierta forma, la serie de plegamientos y estructuras menores determinadas y estudiadas por el doctor KRAUSE (1968 y comunicación personal, 1969) mediante investigaciones sísmicas. KRAUSE halló en la parte superior de la sección plegamientos, cañones y diapiros, cuyo aspecto general hemos esquematizado en la parte inferior izquierda de la Fig. 2, y cuya distribución espacial se ve en la Fig. 3 (tomada de KRAUSE, 1968, simplificada y complementada). Estos detalles estructurales y geomorfológicos son muy semejantes a los descritos por el profesor SHEPARD y colaboradores en 1967 y 1968, para la zona de la plataforma adyacente al delta del Magdalena. Volviendo a la Fig. 3, podemos observar allí: 1. Que una gran anomalía magnética positiva coincide aproximadamente con la máxima profundidad de la cuenca del Caribe (isobática sísmica de los 11.000 m). 2. Que las anomalías magnéticas son esencialmente paralelas al eje de dicha cuenca, y 3. Que los plegamientos o directrices estructurales son diagonales al eje de la cuenca y a las anomalías magnéticas, y notablemente paralelas a las directrices estructurales del continente. En la figura indica además el doctor KRAUSE epicentros sísmicos y sus posibles relaciones con las fallas de Quiza y de Oca, y nosotros hemos añadido, por nuestra parte, la prolongación submarina de la primera, provisionalmente sugerida por Mr. CHRISTOFFERSON (comunicación personal, III, 1971), con base en su investigación magnética (R/V Trident, X-XI, 1969).

En resumen, suponemos que en el Caribe existe un sistema de estructuras "epidérmicas", reflejadas por las anomalías magnéticas, superpuesto directamente y en probable discordancia, a plegamientos y fallas más profundas, más antiguas y probablemente de mayor magnitud, quizás paralelas al eje de la cuenca, de acuerdo con los principios de la mecánica estructural tradicional. Creemos muy probable, además, que la existencia o génesis estructural del doble sistema tenga relación, o pueda obedecer, al movimiento rotacional de la cuenca durante la deriva continental y el desplazamiento relativo de las placas tectónicas. Cabe observar, por supuesto, que la interpretación de las anomalías magnéticas submarinas es problema muy complejo, y no puede asegurarse por lo tanto, que las estructuras postuladas no sean susceptibles de una interpretación diferente (véase por ejemplo NAGATA, 1969 y VACQUIER, 1969).

Por último, pensamos que la anomalía isostática negativa refleja no las condiciones estructurales propuestas anteriormente (HESS, 1938; DURÁN, 1964), sino los efectos de la mecánica involucrada en la tectónica de placas en esta comarca (MOLNAR y SYKES, 1969). No podemos detallar aquí el complejo mecanismo que esta teoría supone, pero creemos que, de acuerdo con la idea esquematizada por el profesor STRAHLER (1968, p. 406), los movimientos relativos en los bordes de la placa tectónica del Caribe (Fig. 4), han ocasionado un hundimiento excesivo de los sectores más livianos de la corteza, más allá de lo permitido por sus condiciones de equilibrio isostático (anomalía 0), originando así el mínimo gravimétrico que bordea o limita aproximadamente la placa (Fig. 5). Para los aspectos modernos de la teoría isostática remitimos al lector a los trabajos de ARTYUSHKOV y MESCHERIKOV (1969); en lo tocante a sus implicaciones en Colombia, véase el ensayo de DURÁN y LÓPEZ (1968), y en lo que respecta a la tectónica de placas en el noroeste suramericano, el trabajo de CASE, DURÁN, LÓPEZ y MOORE (en prensa).

### III — IMPLICACIONES ECONOMICAS

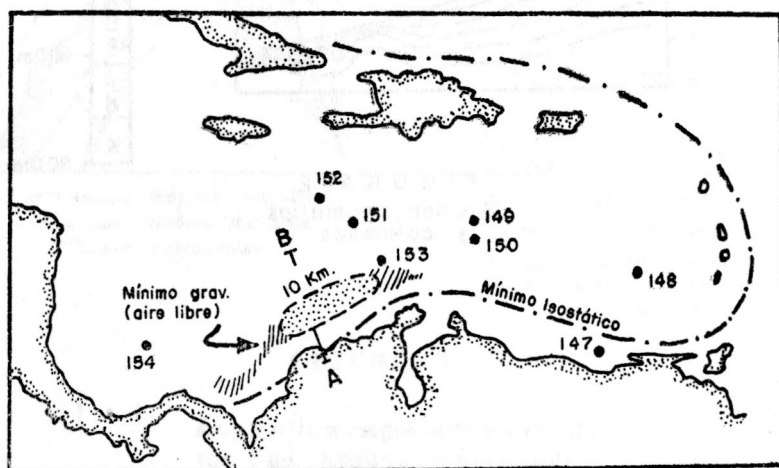
El principal objetivo económico considerado en nuestros estudios del Caribe ha sido el petróleo, pero estamos seguros de que las condiciones estructurales y estratigráficas implícitas pueden ofrecer potencialidades y atractivos en otros campos de la geología económica, para no hablar de los aspectos puramente oceanográficos, que no nos competen: sobre estos aspectos queremos, no obstante, recomendar la lectura y cuidadosa consideración de trabajos como los de Miss KEIFFER (1968) y WENK (1969).

Las potencialidades petrolíferas del Caribe, según nuestra reinterpretación, son esencialmente iguales a las señaladas en la interpretación original (DURÁN, 1964; WEEKS, 1965), pero las modificaciones introducidas aquí parecen mejorarlas, a nuestro juicio, por cuanto se disminuye el espesor del Terciario, y se coloca el Cretáceo a muy poca profundidad bajo el fondo marino. Naturalmente, la profundidad submarina apreciable sigue siendo un obstáculo de consideración, que sólo será superado con adelantos sustanciales en las técnicas de perforación, pero sobre los cuales hay razones para abrigar optimismo (véase BASCOM, 1969).

Por otra parte, los resultados negativos y desalentadores obtenidos hasta hoy por las compañías petroleras en la comarca de la costa, pueden desvirtuarse en buena parte, a nuestro modo de ver, en presencia de las nuevas características de la sección, pero desafortunadamente esto es lo único que podemos conjeturar, dado nuestro desconocimiento total de los datos confidenciales de la prospección y las perforaciones de la industria petrolera.

FIGURAS

FIGURA 1



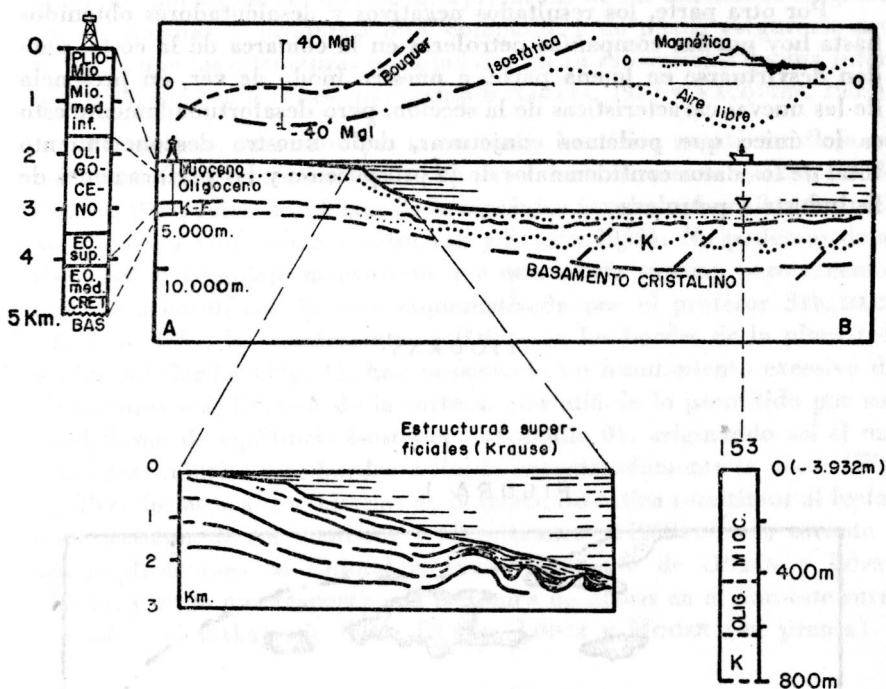
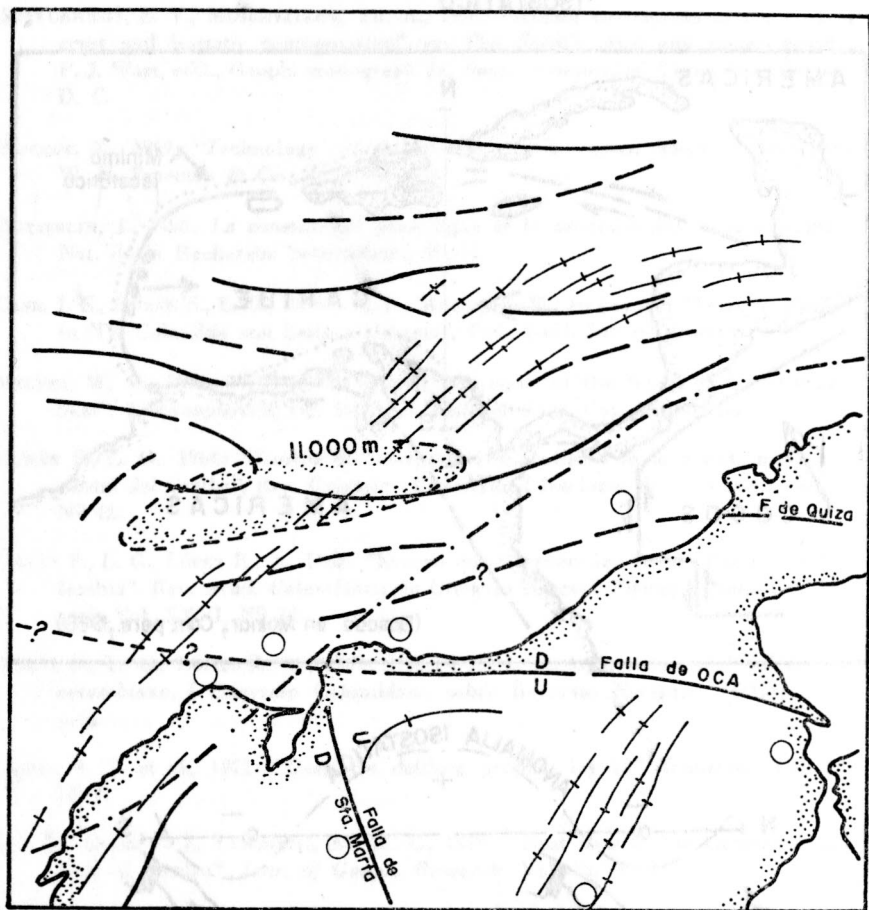


FIGURA 2  
Sección, anomalías  
y columnas





————— Máximo magnético  
 - - - - - Mínimo magnético  
 + + + Anticlinales

○ Epicentro sísmico  
 - - - - - Anom. isost. negativa  
 [Dotted area] Sima de la cuenca  
 (Isobática sísmica  
 de 11.000 m.)

**FIGURA 3**

**Anomalías magnéticas y estructuras (de Krause, modificada).**

FIGURA 4  
Placas tectónicas y mínimo  
ISOSTÁTICO

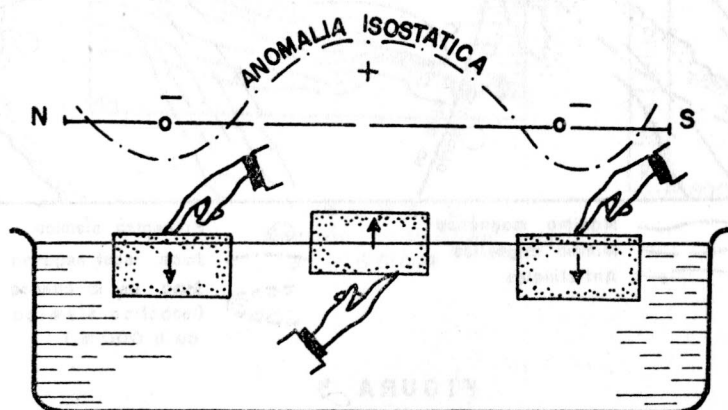
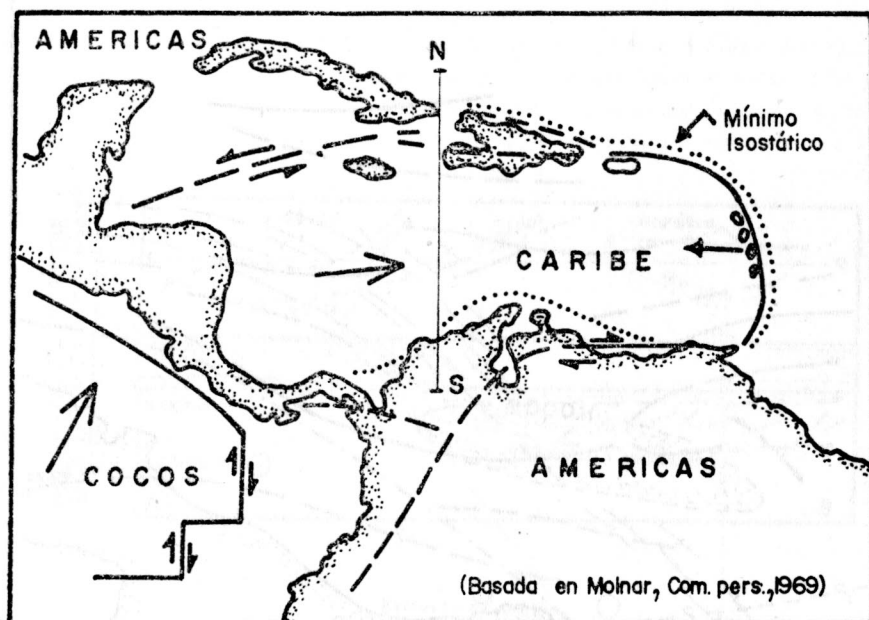


FIGURA 5  
Mecanismo de la anomalía  
Isostática

## BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- ARTYUSHKOV, E. V., MESCHERIKOV, YU. A., 1969: "Recent movements of the Earth's crust and isostatic compensation", en *The Earth's crust and upper mantle*, P. J. Wart, edit., Geoph. monograph 13, Amer. Geophysical Union, Washington, D. C.
- BASCOM, W., 1969: "Technology and the ocean", en *The ocean*, Scientific American, W. H. Freeman & Co., Sn. Francisco.
- BUTTERLIN, J., 1956: *La constitution géologique et la structure des Antilles*, Centre Nat. de la Recherche Scientifique, Paris.
- CASE, J. E., DURÁN S., L. G., LÓPEZ R., A., MOORE, R. W., en prensa: "Tectonic studies in NW Colombia and Eastern Panama", *Bull. Geol. Soc. of America*.
- DEUSER, W. G., 1970: "Hypothesis of the formation of the Scotia and Caribbean Seas", *Tectonophysics*, vol. 10, N° 4, Elsevier Publ. Co., Amsterdam.
- DURÁN S., L. G., 1964: "Ensayo de interpretación geofísica de la plataforma continental del Caribe", *Rev. Caldasia* (Universidad Nacional de Colombia), vol. 9, N° 42.
- DURÁN S., L. G., LÓPEZ R., A., 1968: "Ensayo de interpretación tectonofísica para Colombia". *Rev. Acad. Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Bogotá, Vol. XXVI, N° 50.
- DURÁN S., L. G., LÓPEZ R., A., 1971: *Acerca de la geología estructural del Caribe colombiano*, I Congreso Colombiano sobre Recursos Naturales (IPGH), Bogotá.
- EDGAR, N. T. et al., 1971: "Deep sea drilling project, leg 15", *Geotimes*, Vol. 16, N° 4.
- EPP, D., GRIM, P. J., LANGSETH, JR., M. C., 1970: "Heat flow in the Caribbean and Gulf of Mexico", *Jour. of Geoph. Research*, Vol. 75, N° 29.
- EMERY, K. O., 1969: "The continental shelves", en *The Ocean*, Scientific American, W. H. Freeman & Co., Sn. Francisco.
- EWING, M., WORZEL, J. L., 1954: "Gravity anomalies and structure of the West Indies", *Bull. Geol. Soc. of America*, Vol. 65, N° 2.
- EWING, M., HEEZEN, B. C., 1955: "Pto. Rico trench: Topographical and geophysical data", en *Crust of the Earth*, Poldervaart, edit., Geol. Soc. of America, Sp. Publ. 62.
- EWING, J., EDGAR, T., 1966: "Caribbean Sea; sediments and crust", en *Encyclopedia of Oceanography*, R. Fairbridge, edit., Reinhold Book Co., N. York.
- EWING, J., WINDISCH, C., EWING, M., 1970: "Correlation of horizon A with Joides bore-hole results", *Jour. of Geoph. Research*, Vol. 75, N° 29.

- FOX, P. J., RUDDIMAN, W. F., RYAN, W. B. F., HEEZEN, B. C., 1970: "The geology of the Caribbean Crust, I: Beata Ridge", *Tectonophysics*, Vol. 10, Nos. 5-6, Elsevier Publ. Co., Amsterdam.
- GARLAND, G. D., 1965: "*The Earth's shape and gravity*", Pergamon Press. N. York.
- GUILCHER, A., 1966: "Continental shelf and slope (continental margin)", en *The sea*, vol. 3, M. N. Hill, edit., Interscience publ., John Wiley & Sons, N. York.
- HAMILTON, W., 1966: "Formation of the Scotia and Caribbean arcs", en *Continental margins and island arcs*. Symp. Geol. Surv. of Canada, Paper 66-15, Ottawa.
- HERSOY, J. B., 1966: "Marine geophysical investigations in the West Indies", en *Continental margins and island arcs*, Symp. Geol. Surv. of Canada, Paper 66-15, Ottawa.
- HESS, H. H., 1938: "Gravity anomalies and island arc structures, with particular reference to the West Indies", *Proc. Amer. Philosophical Soc.*, Vol 79.
- KEIFFER, E., edit., 1968: "Mineral resources of the world", *Proceedings symp. held at Naval War College*, Newport, Univ. of Rhode Island, Kingston, R. I.
- KRAUSE, D. C., 1968: *Bathymetry, geomagnetism and tectonics of the Caribbean Sea North of Colombia*, Univ. of Rhode Island, Kingston, R. I. (en prensa ?).
- LAGAAY, B. A., 1969: *Geophysical investigations of the Netherlands leeward Antilles*, N. V. North-Holland Publ. Co., Amsterdam.
- LÓPEZ R., A., CASE, J. E., ACOSTA, C. E., DURÁN S., L. G., 1969: *Anomalías gravimétricas y magnetométricas en correlación con la sección geológica Medellín-Quibdó*, Abs. I Congr. Colombiano de Geología, Bogotá (en prensa).
- MOLNAR, P., SYKES, L. R., 1969: "Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from local mechanisms and seismicity", *Bull. Geol. Soc. of America*, Vol. 80, Nº 9.
- NAGATA, T., 1969: "Reduction of geomagnetic data and interpretation of anomalies", en *The Earth's crust and upper mantle*, P. J. Hart., edit., Geoph. monograph 13, Amer. Geoph. Union, Washington, D. C.
- SHEPARD, F. P., 1967: *Delta-front diapirs of Magdalena River, Colombia, compared with hills of other large deltas*. Trans. Gulf. Coast Assoc. Geol. Societies, Vol. 17.
- SHEPARD, F. P., DILL, R. F., HEEZEN, B. C., 1968: "Diapiric intrusions in foreset-slope sediments of Magdalena delta, Colombia", *Bull. Amer. Assoc. of Petroleum Geol.*, Vol. 52, Nº II.
- STRAHLER, A. N., 1963: *The Earth Sciences*, Harper & Row Publ., N. York.
- TALWANI, M., 1966: "Gravity anomaly belts in the Caribbean", en *Continental-margins and island arcs*, Symp. Geol. Surv. of Canada, Paper 66-15, Ottawa.

- TALWANI, M., DURÁN S., L. G., 1969: *Gravity anomalies in the Caribbean of Colombia*, Resumen, I Congr. Colombiano de Geología, Bogotá (en prensa).
- VACQUIER, V., 1969: "Magnetic intensity field in the Pacific", en *The Earth's crust and upper mantle*, P. J. Hart., edit., Geoph. monograph 13, Amer. Geophysical Union, Washington, D. C.
- WEEKS, L. G., 1965: "World of shore petroleum resources". *Bull. Amer. Assoc. of Petroleum Geol.*, Vol. 49, Nº 10.
- WENK, JR., E., 1969: "The physical resources of the ocean", en *The Ocean*, Scientific American, W. H. Freeman & Co., Sn. Francisco.
- WORZEL, J. L., 1965: "Deep structure of coastal margins and mid-oceanic ridges", en *Submarine Geology and Geophysics*, Whittard and Bradshaw edit., Butterworths, London.
- WORZEL, J. L., 1968: "Survey of continental margins", en *Geology of shelf seas*, D. T. Donovan, edit., Oliver & Boyd, London.