

POSICION DE LA REGION DEL CARIBE EN LAS ESTRUCTURAS GEOLOGICAS AMERICANAS, SEGUN LOS DATOS MAS RECIENTES.

Jacques Butterlin*
ECOLE NORMALE SUPERIEURE
g2 ST. CLOUD-FRANCE

RESUMEN

Se examinan sucesivamente en este trabajo las diferentes unidades estructurales de la región del Caribe indicando los problemas esenciales que todavía quedan por resolver a propósito de sus caracteres estructurales y las diferentes soluciones propuestas.

Estas unidades son las siguientes:

- I - México y América Central septentrional (o nuclear);*
- II- El arco de las islas antillanas;*
- III- La cordillera del Caribe (de Venezuela);*
- IV- (Los andes septentrionales (o caribeños);*
- V -América Central meridional (o Istmica)*

Rodean, en su conjunto, dos fosas marinas:

- El golfo de México;*
- El mar Caribe, s.lat.*

SUMMAIRE

Nous examinerons dans ce travail les différentes unités structurales de la région des Caraïbes ainsi que les problèmes essentiels qui restent à résoudre en ce qui concerne leurs caractères structuraux et les différentes interprétations proposées.

Ces unités sont les suivantes:

- Mexique et Amérique Centrale septentrionale*
- L'arc insulaire des Antilles,*
 - La cordillière Caraïbe (du Venezuela);*
- Les Andes septentrionales;*
- Amérique Centrale méridionale*

Deux fosses marines entourent cette ensemble:

- Le golfe du Mexique*
- La mer des Caraïbes, proprement dite*

I. MEXICO Y AMERICA CENTRAL SEPTENTRIONAL (O NUCLEAR) (fig 1 y 2)

La columna estratigráfica se extiende del Precámbrico al Reciente, aunque se encuentren principalmente afloramientos del Mesozoico y del Cenozoico.

Esta unidad fué sometida a numerosas fases orogénicas:

- en el Precámbrico: fase hudsoniana = 1.700 millones de años (M.A)
- fase Grenville = 1.000 M.A

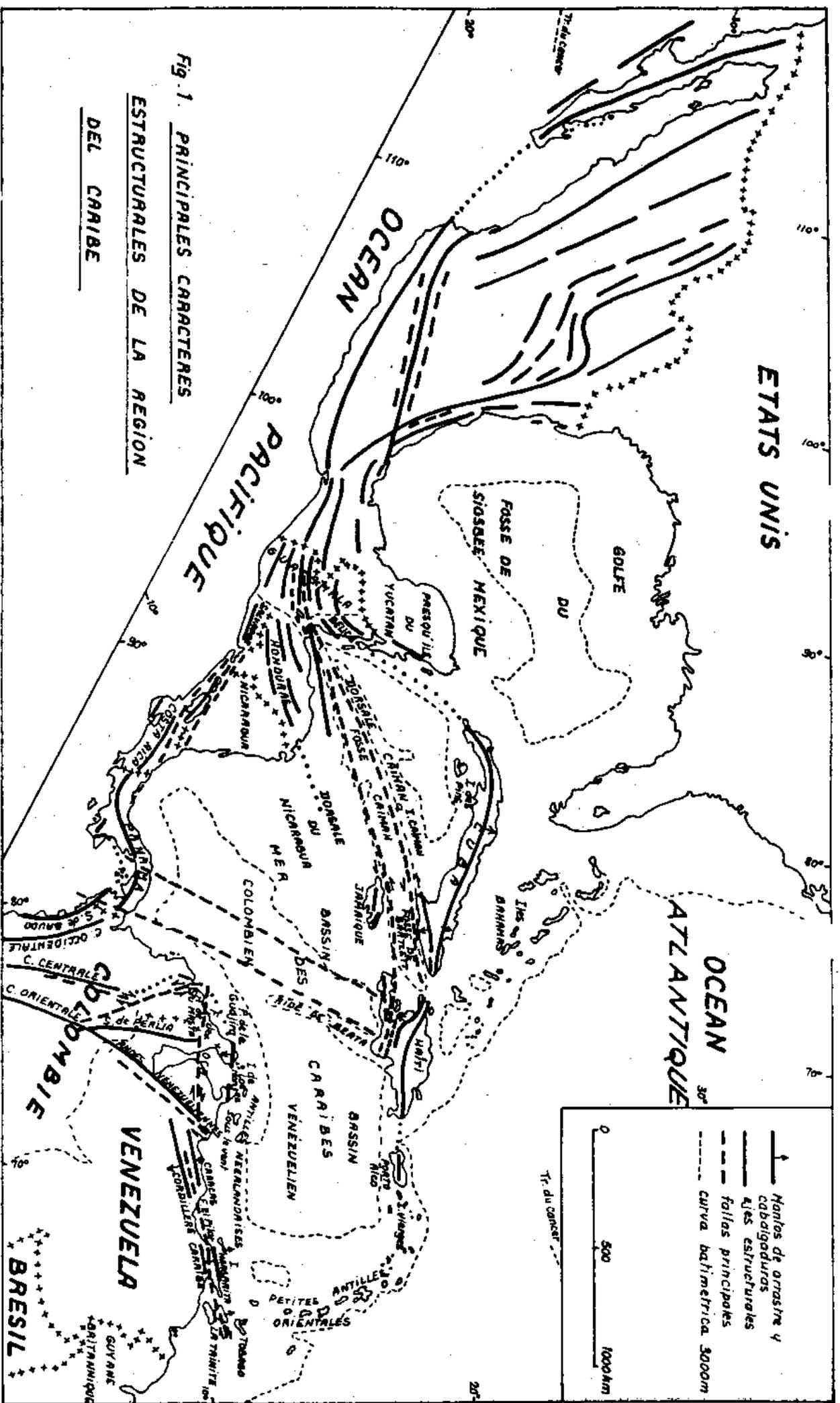


Fig. 1. PRINCIPALES CARACTÈRES

ESTRUCTURALES DE LA REGION
DEL CARIBE

↓
 Fosses de arrastre y
 cabañaduras
 ———
 Axes estructurales
 - - -
 Follas principales
 - - - -
 Curva batimetrica 3000m
 Tr. du cancer

0 500 1000 km



Fig.2 . Extensión de los diferentes tipos de rocas ígneas en América Central (según WILLIAMS & McBIRNEY, 1969).

- en el Paleozoico: fase caledónica precoz taciónica. cima del Ordovícico (DE CSERNA, 1970, 1971)
 - fase eoherciniana (Devónico sup.)
 - fase tardiherciniana (Pérmico medio y sup.)
- en el Mesozoico-Cenozoico: fase del Jurásico inf. (DE CSERNA, 1970)
 - solamente en norte de México
 - fase del Cretácico medio al Eoceno sup.
 - (subherciniana-laramidica)
 - fase del Mioceno sup.

Los ejes estructurales presentan una orientación dominante NO-SE a N-S en México (aparte de la cordillera Neovolcánica transversa), en arco convexo hacia el Sur de Guatemala, incluso las estructuras eohercinianas (cf KESLER, 1971) y OSQ-ENE en Honduras y Nicaragua.

Los principales problemas actuales relativos a los caracteres estructurales de esta unidad son los siguientes:

1/ Problema de las zonas isólicas del Paleozoico en México:

- Primera interpretación: GUZMAN & DE CSERNA (1963) - DE CSERNA (1969) dos geosinclinales unidos por su antepaís bipareja centrípeta de la terminología de AUBOUIN):

- geosinclinal de Jalisco
- geosinclinal de la Huasteca

En esta interpretación, el golfo de México corresponde al eugeosinclinal de la Huasteca, lo que no parece corresponder con la paleogeografía de esta región a fines del Paleozoico y principios del Mesozoico (cf capítulo VI).

- Segunda interpretación, del autor

El geosinclinal oriental corresponde al geosinclinal Ouachita, prolongación probable del geosinclinal de los Appalaches.

Su extensión meridional es difícil de precisar.

Esta interpretación es de acuerdo con la de DENGGO (1968) referente a América Central septentrional en donde no existía más que un geosinclinal paleozoico y la de ALVAREZ jr. (1962).

Existe sin embargo, una dificultad. Es la interpretación de las rocas metamórficas paleozoicas (420 M.A. =Silúrico) de la península de Yucatán (ZARTMANN & BASS- in DENGGO, 1969) encontradas en pozos y que parecen ligadas a la orogénesis eoherciniana (330 M.A.) que fue al origen de su metamorfismo. según el autor, la península de Yucatán corresponde a un fragmento del golfo de México, levantado por fallamiento.

- Tercera interpretación por la parte SE de México y Guatemala (VINIEGRA, 1971) Supone un geosinclinal en arco muy marcado, convexo hacia el sur entre el cratón de Oaxaca y la plataforma de Yucatán. Ello no corresponde a las observaciones de KESLER en América Central (cf supra) ni explica las rocas metamórficas del Paleozoico en el norte de la península de Yucatán.

Un estudio reciente sobre la repartición y espesor de los sedimentos del Paleozoico de LOPEZ RAMOS (1969) no permite escoger entre las diferentes

hipótesis pero suministra datos que deberán tenerse en cuenta para las interpretaciones.

2/ Problema de los límites de las zonas internas en México, durante el Mesozoico (geosinclinal "Mexicano")

Este problema fue objeto de muchas discusiones, en particular, porque la edad de las rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental (Estado de Sinaloa) ligeramente metamórficas, fueron atribuidas según los autores ya al Paleozoico, ya al Mesozoico.

Hay dos contribuciones importantes y recientes que han permitido adelantar la solución a este problema.

BONNEAU (1971, en prensa) ha mostrado que las rocas meta volcánicas de Sinaloa son del Cretácico, cubiertas en concordancia por calizas de Rudistas del Albiano y semejantes a la formación Alisitos del norte de Baja California (SILVER, STEHLI & ALLEN, 1963) y a rocas del Estado de Sonora de 128 M.A. que cubren riolitas del Jurásico sup. (142 M.A.) (ANDERSON, SILVER & CORDOVA, 1969).

BONNEAU considera que "el arco de Alisitos" que une estas zonas se extiende hasta la Sierra Madre del Sur (región de Zihuatanejo, Guerrero, en donde se encuentra una serie semejante).

DE CSERNA in KING (1969) - KESLER & HEATH (1970) por su parte, consideran también la existencia de rocas metamórficas mesozoicas en la Sierra Madre del Sur.

Así las zonas internas ("eugeosynclinal") del geosinclinal mexicano, se extenderían sobre Baja California, Sonora, la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur. DE CSERNA (1970) llega a las mismas conclusiones.

Así, contrario a lo que se suponía con anterioridad, la Sierra Madre Occidental no fue una zona positiva ("miogeanticlinal") durante el Mesozoico.

3/ Edad de la formación El tambor y del complejo metamórfico de Honduras y Nicaragua

Es importante para determinar la prolongación de las estructuras de México en América Central y de éstas fuera de la unidad México - América Central (cf infra 4/).

La formación El Tambor = espilitas - queratófiros y rocas sedimentarias asociadas, con metamorfismo de la facies esquistos verdes, aflora en el SE de Guatemala, al sur de la falla de Motagua. Considerado, generalmente como cubierto por el Paleozoico supo (Carbonífero-Pérmico) sedimentario. Pero, según datos recientes, podría tener una edad mesozoica.

Por lo que se refiere al complejo metamórfico de Honduras y del norte de Nicaragua, también de la facies esquistos verdes existen dos interpretaciones:

- edad paleozoica (ENGELS, 1965 - DENGU, 1968 - MILLS & al, 1967 - KESLER, 1971 MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971).
Extensión hacia el este del complejo metamórfico de Guatemala con reduc-

ción del grado de metamorfismo;

-edad mesozoica (FIGGE, 1966) por transición hacia rocas sedimentarias del Mesozoico.

Pero hay muchas rocas no metamórficas del Mesozoico en la misma región. Además, no se conocen rocas metamórficas mesozoicas en Guatemala.

Luego la edad paleozoica parece más probable.

4/ Origen del desarrollo del vulcanismo continental importante del Cenozoico

Estaría ligado en América Central, a la presencia de una zona de Benion, indicada por la extensión de la fosa marina de América Central hacia el ESE (MALFAIT & DINKELMAN, 1972) a principios del Terciario.

Pero esta interpretación no explica el vulcanismo terciario en el centro y en el norte de México, a menos de admitir que la fosa de Acapulco se extendiera hacia el norte, antes de la separación de la península de Baja California, que se realizó en el Plioceno (MOORE & BUFFINGTON, 1968 - NORMARK & CURRAY, 1968).

Por lo que se refiere al vulcanismo plio-cuaternal de la cordillera Neovolcánica, la teoría de las placas no permite explicarlo de manera conveniente (MOLNAR & SYKES, 1969). El autor, por su parte, considera que probablemente está ligado a la abertura de la parte meridional del golfo de California. Esa abertura se realizó desde hace más o menos 4 millones de años (Plioceno sup.) Lo que corresponde al principio del vulcanismo de la cordillera Neovolcánica. Además se encuentran en prolongación del golfo y ambas unidades tienen una estructura de graben (MOOSER & MALDONADO KOERDELL, 1961).

Esta zona constituiría así una zona de ruptura de gran importancia, probablemente con movimientos de desplazamiento horizontal y vertical ligados a los movimientos de deriva continental.

5/ Prolongación de las estructuras mexicanas en América Central y más allá de ésta.

a) estructuras precámbricas

No parecen extenderse más allá de la zona fronteriza de México y Guatemala (sierra de Chuacus, en Guatemala)

b) estructuras paleozoicas

Las del geosinclinal de Jalisco, en México siguen en las montañas de Guatemala central, entre las fallas de Cuilco-Chixoy-Polochic, al norte y de Motagua al sur (serie de Chuacus) y, probablemente al sur de la falla de - Motagua (formación el Tambor, series metamórficas de Honduras y norte de Nicaragua). Los ejes estructurales son convexos hacia el sur en Guatemala y después OSO-ENE.

En Belice, la serie Maya, eoherciniana o tardiherciniana (KESLER & BATESON, 1970 - KESLER & al, 1971) tiene ejes estructurales orientados hacia el NE.

Más allá se discute la prolongación de las estructuras. Al norte de la fosa

Caimán, según autores (MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971) las estructuras paleozoicas de los montes Maya seguirían en la dorsal Caimán y en la provincia de Oriente de Cuba.

Para otros autores (Mac GILLAVRY, 1970 -KESLER, 1971) y para el autor siguen más bien en la parte meridional de Cuba, que, según Mac GILLAVRY podía encontrarse en esta epoca, más al sur.

La existencia de dos series metamórficas tanto en la isla de Pinos como en la sierra de Trinidad (montañas del Escambray) (MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971 - BOITEAU & al, 1972) permite considerar que la más antigua es del Paleozoico.

Por lo contrario, nada indica la existencia de una serie paleozoica en la dorsal Caimán y en Oriente.

La orientación de las estructuras submarinas al este de la península de Yucatán es también favorable a una prolongación en Cuba (cf BASS & ZARTMANN, 1969 - BAIE,1970).

Si se admite que las series metamórficas de Honduras y del norte de Nicaragua son del Paleozoico, se puede considerar que siguen en la dorsal de Nicaragua, como lo supone MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF (1971). Sin embargo, no se conocen en esta dorsal rocas más antiguas que el Paleoceno.

La dorsal de Beata podría representar un fragmento de la misma dorsal, separada, después, por un valle de rift (ARDEN, 1969 - FOX & al, 1968, 1970). Pero también aquí, la fauna más antigua es terciaria (Eoceno medio).

Esta interpretación permite comprender la dirección anormal (NNESSO) de la dorsal de Beata.

La península del Sur de Haití tiene la misma constitución que las dos dorsales: alternancia de calizas pelágicas y de basaltos submarinos del Cretácico (basaltos más jóvenes =65 M.A.), levantamiento y emersión a fines del Cretácico, depósito de calizas marinas litorales del Eoceno medio.

Dos puntos son importantes:

-la semejanza de estos caracteres con los de la cuenca de Venezuela del mar Caribe, según los datos recogidos por el Glomar Challenger (EDGAR & SAUNDERS in ANONYME, 1971). Parece indicar que las zonas actualmente emergidas, como la península del Sur de Haití, lo fueron por fallamiento:

- el hecho de que Jamaica no presente estos caracteres a pesar de encontrarse en la prolongación de la dorsal de Nicaragua, plantea un problema. Se propondrá una solución más adelante (cf VII).

Otra interpretación de la dorsal Beata es la de MALFAIT & DINKELMAN (1972). Según ellos corresponde a una falla transformante del Cretácico sup.-Terciario inf., en la zona límite entre la parte occidental de las Antillas mayores, con subarrastre de la placa del Caribe debajo de la placa atlántica a lo largo de la fosa de Cuba y la parte oriental de las Antillas mayores, con subarrastre de la placa atlántica debajo de la placa del Caribe, a lo largo de la fosa de Puerto Rico. Pero no se aducen argumentos muy convincentes.

Además ¿cómo se habría transformado en dorsal una falla transformante?

c) estructuras mesozoicas

- el complejo franciscano, del Jurásico sup. de la costa de California en la cordillera Costera que sigue en las islas y penínsulas de la costa pacífica de Baja California debe prolongarse en la península de Nicoya (y península de Santa Elena = complejo de Nicoya) y en islas y penínsulas de la costa pacífica de Panamá. Según HAMILTON (1969) y el autor, debe corresponder a la integración de la corteza pacífica, simaica, al continente, en la zona de contacto de la placa pacífica y de la placa norteamericana (zona de subarrastre a lo largo de una falla de Benioff). Es interesante apuntar que es la región en donde desaparece la fosa marina de América Central. Se verá el mismo fenómeno en América del Sur, en Ecuador y en Colombia con la fosa marina Perú-Chile.

Esta zona debe prolongarse en la sierra costera de Baudo en Colombia (cf infra IV). Pero no es necesario que la integración se realizara al mismo tiempo a todo lo largo de la zona. Es más probable que fuese cada vez más tarde, moviéndose de norte a sur.

- la prolongación de las zonas internas del geosinclinal mexicano plantea varios problemas.

Ya se indicará que es discutida y según el autor, poco probable la existencia de series metamórficas mesozoicas en América Central septentrional.

En América Central meridional tampoco se conocen rocas metamórficas mesozoicas, aparte del complejo de Nicoya (cf supra).

No se conocen tampoco en Chiapas, en el sur de México.

Parecen no encontrarse, al ESE de la Sierra Madre del Sur en donde fueron señaladas por BONNEAU y por KESLER (cf supra) y quizás en el istmo de Tehuantepec (comunicación oral de Schlaepfer).

Las rocas metamórficas mesozoicas de Cuba no parecen tener equivalencia en América Central.

Parece que al sur de la sierra Madre del Sur de México, desaparecen las zonas internas del geosinclinal Mexicano, mesozoico. Cabría una situación algo similar a la que se conoce en los Andes Centrales y meridionales s. str. (aparte de la cordillera de Magellan). Se puede interpretar como en estas regiones, por desaparición de las zonas internas a lo largo de la zona de Benioff marcada por la fosa marina de América Central. Esto es tanto más probable cuanto que por lo contrario, las zonas externas se siguen muy bien desde México al norte de Guatemala (por el norte de México. cf TARDY, en prensa - TARDY & MAURY, en prensa).

II.- EL ARCO DE LAS ISLAS ANTILLANAS; (fig. 1)

Aparece como una estructura unitaria uniendo América del Norte (incluso América Central septentrional) con América del Sur.

En realidad. esta imagen vale para el período reciente. Es así como WEKKS & al (1971) indican una continuidad entre las estructuras de la parte

oriental del arco antillano, considerado como arco insular doble (Antillas Menores- anticlinorium de Barbados, separados por la fosa de Barbados) y las estructuras del NE de América del Sur, consideradas como faja continental móvil. Esta continuidad se basa en datos geofísicos. Para estos autores se trata de la misma orogénesis, pero actuando en cortezas de tipo diferente.

Niegan, por otra parte, movimientos horizontales importantes a lo largo de la falla El Pilar y en consecuencia movimientos relativos de placas. Pero BALL & al (1971) que también notan la gran estabilidad de esta Zona marcada por la debilidad de su sismicidad, no descartan la existencia de placas. Admiten que en esta región exista una soldadura de las placas de América del Sur del Caribe y del Atlántico. El movimiento hacia el oeste de la placa atlántica existe al este de las Antillas Menores. Pero tiene su compensación en el subarrastre de esta placa debajo de la placa del Caribe en el arco de las Antillas Menores.

En realidad, según el autor (cf VIII) el arco antillano es una unidad secundaria, realizada a partir de componentes originalmente distintos:

1/ Las Antillas holandesas de Barlovento (Aruba, Curacao, Bonaire) y las Antillas venezolanas volcánicas corresponden como la península del Sur de Haití, al margen del mar Caribe, a un fallamiento del arco.

2/ Las Antillas Mayores y las Antillas Menores presentan diferencias importantes de constitución geológica y de estructura. Por MEYERHOFF in KHUDDOLEY & MEYERHOFF (1971) son dos unidades tectónicas independientes. El arco de las Antillas Mayores es convexo hacia el mar Caribe con la zona de Benioff orientada hacia ésta (lo que admiten también MALFAIT & DINKELMAN, 1972) puesto que hasta la dorsal de Beata hacia el este consideran que hay subarrastre de la placa del Caribe debajo de la placa atlántica. a lo largo de la fosa cubana. El arco de las Antillas Menores se orienta al revés, con convexidad y zona de Benioff al exterior del arco. Los dos arcos se cortan en la zona de las islas Vírgenes.

3/ Las Antillas Menores no parecen tener historia geológica precenozoica.

Queda, sin embargo, el problema del basamento de la isla de La Desirade, al este de la isla de Guadalupe, constituido de espilitas-queratófiros (de 43 a 96 M.A.) asociados a trondjehmita de edad radiométrica de 142 M.A.) o sea del Jurásico sup. (FINK Jr. 1968 - FINK Jr & al in ANONYME, 1971). Además se recogieron en la dorsal de las Aves. en fondos marinos. granitos de 60 M.A. (BUNCE & al, 1970 - cf WEEKS & al, 1971).

Para CASE in ANONYME (1971). podría representar un fragmento de la América Central primitiva trasladada por el movimiento de la placa del Caribe hacia el este. DALZIELL & ELLIOTT (1971) admiten algo similar en el arco Scotia, en la extremidad meridional de América del Sur.

No se conocen, sin embargo, rocas del Jurásico de este tipo en América Central, ni orogénesis de esta época. Además los autores consideran que el

movimiento de la placa del Caribe, hacia el este, consecuencia de su separación de la placa pacífica, no se realizó antes del Cretácico y, para MALFAIT & DINKELMAN (1972), antes del Eoceno superior.

Por otra parte, la tectónica de las Antillas Menores es muy sencilla, más que en las Antillas Mayores. Los pliegues son muy amplios. Los depósitos son por lo general, únicamente inclinados y fallados.

Hasta en las Antillas Mayores, existen diferencias importantes entre las islas, por lo que se refiere a la constitución geológica y a las estructuras:

- no existen rocas metamórficas en Puerto Rico, aparte del complejo de Bermeja, prealbiano, limitado a la zona SO, ni en las islas Vírgenes;
- no existen rocas detríticas de origen continental, en el Mesozoico, en Puerto Rico y en las islas Vírgenes. Estas rocas se encuentran, sobre todo, en la parte occidental de Cuba (formación San Cayetano) y en el Cretácico de la parte occidental de Jamaica y de la parte septentrional de Haití;
- las rocas precretácicas se conocen únicamente en Cuba. en su parte occidental;
- La tectónica con mantos de arrastre, ha sido señalada únicamente en Cuba.

En Cuba los depósitos detríticos, silíceos, continentales y marinos litorales del Jurásico inf. y medio, por lo mínimo, encontrados en la provincia de Pinar del Río, occidental, indican para esta época la existencia de un continente, sea al sur o sea al norte de Cuba, Principalmente MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF (1971) sostiene este último supuesto. Pero la presencia de evaporitas. que parecen de la misma época, al norte de los depósitos detríticos, son más favorables a un origen meridional.

Este continente debía corresponder a la prolongación de la cadena herciniana de América Central septentrional que existía probablemente en la parte meridional de Cuba (isla de Pinos, sierra de Trinidad) y aún más al sur. Existen en estas dos regiones de Cuba dos series metamórficas distintas. La más antigua, de la facies de anfibolita, menos volcánica que la más joven, puede pertenecer realmente al ciclo tectónico herciniano.

La primera manifestación de la unidad estructural de las Antillas Mayores es del Cretácico, con un "eugeosinclinal" que se extendía de Cuba a las islas Vírgenes, con espilitas-queratófiro y basaltos submarinos, extendidos sobre fondos oceánicos prealbianos. Este arco sería convexo hacia el mar Caribe para MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF (1971) o hacia el Atlántico (DONNELLY in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971). MEYERHOFF admite como posible su extensión en la dorsal de las Aves por la existencia de granitos laramídicos (cf supra) pero no tiene ninguna base sólida.

Esta serie presenta un metamorfismo de la facies esquistos verdes, aunque únicamente en la parte occidental y central. La intensidad de la orogénesis del Cretácico medio disminuye también del oeste al este, como la importancia de las rocas ultrabásicas que tienen gran desarrollo sólo en Cuba.

Es interesante apuntar que Jamaica no pertenecía a este eugeosinclinal, excepto, quizás, las Montañas Azules (cf infra).

Los datos geológicos parecen indicar que Jamaica se encontraba en otro arco que se extendía por la sierra Maestra de Cuba y las Montañas Negras de la República de Haití. Se caracteriza:

- por la existencia de un vulcanismo del Eoceno inf. y medio muy importante;
- por una orogénesis del Eoceno medio;
- por movimientos tectónicos con cabalgamiento hacia el sur y el SO (en la cintura o faja de Wagwater en Jamaica).

Esta hipótesis explica la posición de las Montañas Azules difícil de entender de otra manera, (cf KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971). Podían pertenecer a la parte meridional del eugeosinclinal prealbiano. Sus rocas presentan afinidades con las de éste.

La zona Cornwall-Middlesex, en la parte SO de Jamaica correspondería a una plataforma situada en la parte septentrional de la dorsal de Nicaragua. KHUDOLEY in KHUDOLEY & MEYERHOFF (1971), considera que pertenecería al continente del Caribe.

Jamaica habría alcanzado su posición actual por la abertura de la fosa Caimán.

Se trata de un valle de rift, limitado por fallas de desplazamiento horizontal siniestro. La importancia de este desplazamiento es muy discutida. HESS & MAXWELL (1953) lo estimaban a 1.100 Km. lo que GOUGH & HEIRTZLER (1969) consideran como confirmando por datos magnéticos y PINET (1972) por la posición de las evaporitas al norte y sur de la fosa en América Central (onshore y offshore). Otros autores, que trabajaron en América Central, niegan todo movimiento horizontal en las Callas de Blochic y de Motagua que prolongan las de la fosa Caimán (DONNELLY, CRANE & BURKART, 1968) o bien limitan estos movimientos a 150 Km. (KESLER, 1971).

La abertura de la fosa Caimán se realizó del oeste al este. Se acabó antes del Cretácico medio, según MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF (1971) a lo largo de líneas de debilidad ya existentes en el Paleozoico. Ese autor basa en observaciones geológicas en Guatemala y Belice y no admite, tampoco, movimientos horizontales a lo largo de las fallas.

Para BOWIN (1968) la abertura empezó en el Cretácico superior y alcanzó el sur de Cuba en el Paleoceno. Sigue actualmente en la depresión Plaine du Cul-de-Sac-fosa de Enriquillo, en la isla de Haití. No se prolonga entonces, como lo suponen MALFAIT & DINKELMAN (1972), por la fosa de Puerto-Rico.

Para ARDEN (1969) y el autor, la fosa es todavía más joven y se formó a partir de la orogénesis del Mioceno superior. Quizás está ligada la gran intensidad de la orogénesis mio-pliocénica en el centro y en el sur de la isla de

Haití con flysch y molasa limitada a movimientos epirogénicos en las demás islas de las Antillas Mayores. Así se explicaría la similitud de las formaciones paleogénicas de Jamaica y de las islas Caimán, así como las afinidades de los gasterópodos terrestres de estas islas, señalada por PILSBRY (1929, 1930).

III.- LA CORDILLERA DEL CARIBE (DE VENEZUELA): (Fig. 1)

Fue el objeto de muchos estudios y, en particular en estos últimos años, de BELL (1968, 1971).

Se extiende en dirección S 75° O - N75° E, paralelamente a la costa norte de Venezuela, desde la depresión de Barquisineto (en donde la falla de Bonoco, SO-NE, la separa de los Andes Venezolanos) hasta las penínsulas de Araya y de Paria.

Se prolonga en Trinidad y Tobago.

Incluye las islas venezolanas con rocas metamórficas. en particular Margarita.

Comprende su columna estratigráfica:

- un complejo de base precámbrico o paleozoico inf. (MARTIN BELLIZZIA, 1968), cubierto, en discordancia:
- sea por rocas metamórficas prealbianas (Jurásico sup. y Cretácico inf. probablemente) = grupo de Caracas; metamorfismo hasta la facies de anfibolita:
- sea por espilitas-queratófiros con metamorfismo de los esquistos verdes = grupo Villa de Cura, prealbiano.

Más al sur, afloran rocas sedimentarias del Cretácico sup. al Reciente.

Se trata de una cadena de montañas típicamente geosinclinal (metamorfismo general, flysch, molasa, serpentinas, espilitas-queratófiros) que presentó varias fases tectónicas desde el Cretácico medio hasta el Mioceno.

Viene una doble polaridad:

- pliegues acostados hacia el norte en Margarita, cordillera del Caribe al oeste de Cumana, cordillera septentrional de trinidad, Tobago:
- cabalgamiento y mantos de arrastre hacia el sur, con onda tectónica que se movió de norte a sur de 40-45 Km, del Maestrichtiano al Mioceno, (BELL, 1968, 1971). Forman fajas paralelas muy típicas en la serranía del Interior, parte meridional de la cordillera de la Costa.

Las zonas de polaridad inversa están separadas por la falla El Pilar, que según los autores, presenta importantes movimientos horizontales derechos (HESS & MAXWELL, 1953) o débiles (5-15 Km, METZ, 1968, 1968 a) hasta nulos (cf supra WEEKS & al, 1971).

En la falla de Oca, del mismo sistema, VASQUEZ & DICKEY (1971) admiten un movimiento horizontal derecho de 195 Km.

Otros problema a propósito de la cordillera del Caribe es la posición original del grupo Villa de Cura. Para algunos autores se encontraba encima

del grupo de Caracas y se deslizó por gravedad hacia el sur. Para otros (GONZALEZ, 1969) se hallaba al norte del grupo de Caracas, del cual es equivalente y corresponde a la corteza oceánica del mar Caribe. Por la onda tectónica, pasó por encima de éste, en un deslizamiento hacia el sur. Es difícil escoger entre estas dos hipótesis por el grado de los conocimientos actuales.

Por otra parte es también difícil conciliar los caracteres tectónicos de la cordillera del Caribe con un movimiento relativo hacia el este de la placa del Caribe, en particular la doble polaridad de la cordillera y los mantos de arrastre desplazados de norte a sur. MALFAIT & DINKELMAN (1972) explican, sin embargo estos últimos por una compensación isostática después de la compresión por las fuerzas tectónicas: Levantaron la cadena y produjeron una tectónica de gravedad hacia el sur. Pero ¿cuál fué el origen de la compresión? ¿La compensación isostática se tradujo en una onda tectónica que se movió de norte a sur, del Cretácico superior al Mioceno?

IV.- LOS ANDES SEPTENTRIONALES (O CARIBEÑOS);

Se pueden distinguir en Colombia las unidades siguientes, de este a oeste:

1/ La cordillera Oriental, Comprende rocas del Precámbrico al Reciente. Presenta los caracteres estratigráficos y tectónicos de las cordilleras orientales de los Andes, con rocas metamórficas del Precámbrico y Paleozoico y rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico, incluso molasas rojas continentales muy gruesas y rocas marinas del Cretácico, gruesas, silíceas, en depresiones más o menos cerradas, como la cuenca de Bogotá.

En su parte septentrional, se divide en dos ramas que encuadran la depresión del lago de Maracaibo:

- una occidental =sierra de Perija;

- una oriental =sierra de Mérida o Andes venezolanos;

Esta última, de orientación SO-NE está separada, en su extremidad septentrional, de la cordillera del Caribe, por la depresión de Barquisimeto y por la falla de Bocana, con desplazamiento horizontal.

2/ La depresión del valle del río Magdalena. Presenta grandes acumulaciones de rocas terciarias y cuaternarias, sobre todo continentales. Comprende, también, en sus márgenes, rocas mesozoicas, del tipo miogeosinclinal.

3/ La cordillera Central. Comprende una serie metamórfica metasedimentaria y metavolcánica muy gruesa, de la facies, de los esquistos verdes a la facies de la anfibolita, y hasta de la granulita. Es de edad prealbiana y asociada a rocas básicas y ultrabásicas (anfibolitas y serpentinas) y cortadas por rocas intrusivas ácidas,unas hercinianas (stock de Amaga = 215 M.A.), otras laramídicas, como el batolito de Antioquia (=70-80 M.A.).

La mayoría de los autores (STIBANE, 1967, 1970 - BARRERO. ALVAREZ & KASSEM, 1969 - IRVING, 1971) consideran la serie metamórfica como del Paleozoico inf. o del Precámbrico, por la presencia de una serie

sedimentaria no metamórfica con Graptolitos ordovícicos, en su parte oriental (HARRISON, 1930). Estos últimos autores admiten, sin embargo, que las rocas volcánicas básicas y las serpentinas son del Cretácico, eugeosinclinales, lo que está en contradicción con el supuesto suyo de que ningún metamorfismo se produjo después del Triásico y de que la cordillera Central constituyó desde el Paleozoico inf. hasta el Cretácico una zona positiva miogeanticlinal (BURGL, 1961, 1964).

RADELLI (1967), al revés, supone que la serie metamórfica es esencialmente mesozoica. Pero considera que en los márgenes oeste y este de la cordillera Central existen rocas metamórficas más antiguas.

Según el autor y posiblemente para CASE & al (1971) también existen, dos series metamórficas superpuestas, en las regiones occidental y central, difíciles de distinguir.

La más antigua sería precámbrica o paleozoica inf.; la segunda mesozoica. Apoyan esta hipótesis la existencia de dos edades radiométricas de intrusiones (cf supra) y la observación del autor en el campo, quien cita la transición entre rocas metamórficas y sedimentarias del Mesozoico, en la carretera Medellín-Bogotá.

La serie metamórfica es cubierta, en discordancia, por rocas vulcano (basalto) sedimentarias del Albiano medio-Paleoceno.

4/ La depresión del valle del río Cauca. Corresponde a un graben, limitado por fallas de desplazamientos horizontal y vertical (sobre todo en su margen oeste). Presenta acumulaciones de rocas volcánicas y sedimentarias del Cenozoico, cubriendo, a veces directamente, esquistos de la serie metamórfica.

5/ La cordillera Occidental. Comprende una serie en parte metamórfica (facies de los esquistos verdes) de rocas metavolcánicas básicas, con pillow-lavas y metasedimentarias (Triásico o Jurásico a Paleoceno), cortada por rocas intrusivas ácidas del Terciario inf.

Es posible que el metamorfismo esté ligado a una orogénesis del Cretácico medio. Pero deformaciones importantes se produjeron también en el Eoceno, con cabalgamiento hacia el este.

Encima se encuentra, localmente, una serie volcánica andesítica continental, Terciaria.

Esta cordillera se une a la serranía de Darien (parte este de Panamá) por la zona positiva de Sautata. Presentan rocas mesozoicas semejantes. Pero las rocas sedimentarias detríticas no se encuentran en Panamá.

6/ La cuenca de San Juan-Atrato. Corresponde a un graben típico, con 5.000-10.000 m. de rocas marinas terciarias ("geosinclinal Bolívar"). Su prolongación original correspondía probablemente a la cuenca de Sinu-Uraba, al este del golfo de Uraba. Pero ésta habría sido desplazada por una falla transversal de desplazamiento horizontal hacia el este. Esta suposición plantea el problema de la posición original de la zona positiva de Sautata, que limita la cuenca por el oeste.

7/ La serranía de Baudo. Es una cordillera costera, desde el 5° N hacia el norte.

Comprende un complejo de base, formado de pillow-lavas basálticas gabros y andesitas. Su edad es indeterminada, aunque una parte de estas rocas estarían intrusivas en calizas del Eoceno medio (CASE & al, 1971).

Como ya lo indicamos (cf 1), estas rocas se parecen a las de la serie Franciscana del Jurásico sup. de California, a rocas de la parte occidental de la península de Baja California y al complejo de Nicoya-Santa Elena (cf V) y pueden tener su origen en la corteza pacífica.

Una interpretación de la estructura de esta región, basada en la teoría de las placas y apoyada en datos gravimétricos, ha sido propuesta recientemente por CASE & al (1971). (fig. 3 y 4).

Admiten que en el Mesozoico existiese un eugeosinclinal occidental desarrollado sobre una corteza oceánica (16 km de espesor) y un miogeosinclinal oriental sobre una corteza granítica de 30-35 km de espesor que constituía la prolongación occidental del escudo guayanés, antepaís del geosinclinal.

El límite entre los dos tipos de corteza correspondería aproximadamente, al valle del río Cauca (zona de falla Cauca-Romeral, con desplazamiento horizontal izquierdo), por lo menos al sur de 5° N.

El eugeosinclinal correspondería a una zona de subarrastre de la placa pacífica de bajo del continente sur-americano (cf DICKINSON, 1971, 1971 a, 1971 b). En el Mesozoico la emergencia de la zona de Benioff podía corresponder a la falla Cauca-Romeral.

Se habría desplazado después hacia el oeste. A principios del Terciario habría correspondido a la fosa de Atrato-San Juan que se llenó de sedimentos marinos gruesos en el Terciario. En el Cenozoico sup. correspondería a la prolongación de la fosa marina Chile Perú, integrando progresivamente fondos oceánicos levantados, como el autor lo supone en la península del Sur de Haití y en las Antillas venezolanas de Barlovento.

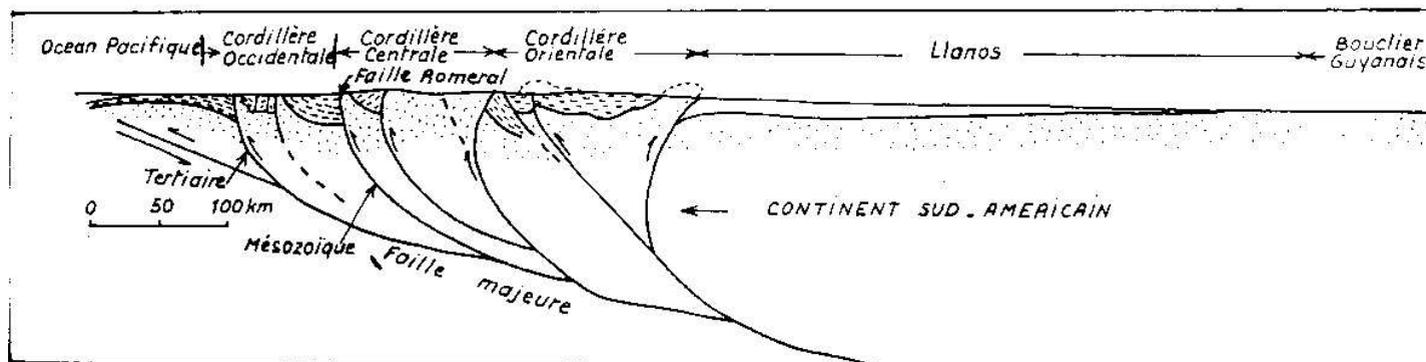


Fig. 3. Modelo esquemático de la corteza en Colombia con fallas inversas que pueden representar zonas de Benioff fósiles (según CASE & al, 1971).

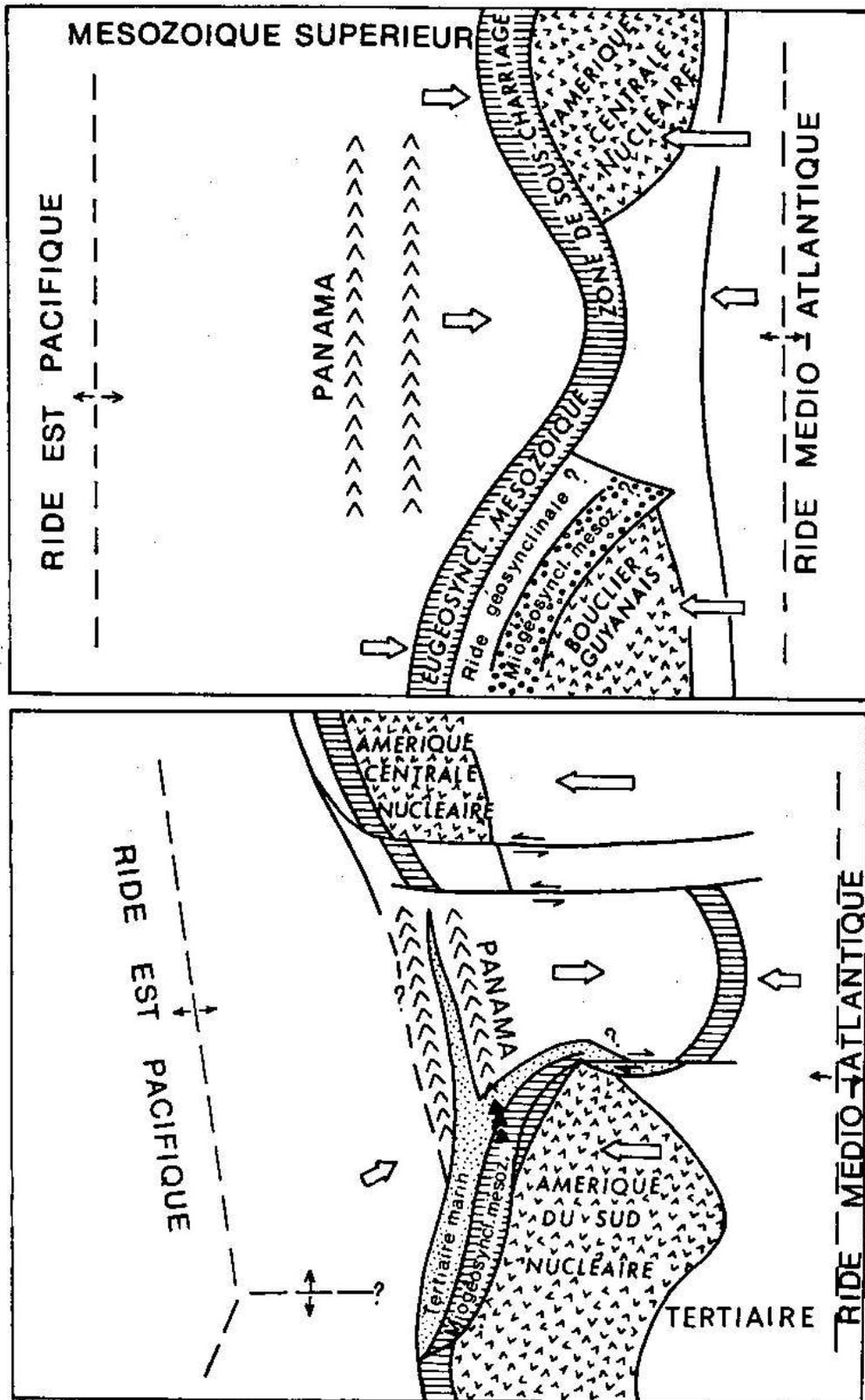


Fig. 4. Modelo esquemático de las posiciones del geosinclinal mesozoico y de la cintura volcánica de Panamá durante el Mesozoico superior y el Terciario (según CASE & al, 1971).

Se trataría de un fenómeno inverso al que se supone en los Andes centrales y meridionales (aparte de la cordillera de Magellán), en donde las zonas internas del geosinclinal se habrían hundido a lo largo de una zona de Benioff.

Es así en los Andes de Colombia, las intrusiones graníticas son tanto más jóvenes cuanto más van hacia el oeste, particularmente desde el Mesozoico en adelante. Pasa al revés, en los Andes centrales y meridionales en los cuales las intrusiones son tanto más jóvenes cuanto más se adelanta hacia el este.

Quizás esto se debe a la diferencia de anchura del continente suramericano, puesto que las extremidades del continente presentan integración de la corteza oceánica. CASE (1970) indica que en los Andes septentrionales, la zona de Benioff ofrece un buzamiento más fuerte que en los Andes centrales, lo que se opone al subarrastre. Pero ¿cuál es la causa de ese buzamiento fuerte?

El autor, por otra parte, considera que la cordillera Central tiene su prolongación en lo que Mac DONALD (1969, 1970) y Mac DONALD, DOOLAN & CORDANI (1971) llaman "la zona metamórfica de Ruma", con rocas metamórficas, metasedimentarias y metavolcánicas de la facies de esquistos verdes, de edad cretácica a paleocénica. Se extiende de la parte NO de la península de Santa Marta a la península de la Guajira, a las islas Monjes y a la península de Paraguana.

Para el autor, esta zona tiene su prolongación en la cordillera del Caribe; pero un fallamiento transversal NO-SE o NE-SO interrumpió las relaciones en las extremidades de la zona metamórfica de Ruma. Además, las zonas de fallas oeste-este (fallas de Oca y el Pilar), perturbaron también estas fajas metamórficas en el Cenozoico.

La presencia de un flysch muy desarrollado en las provincias de Falcon y Lara, al NO de los Andes venezolanos, semejante al flysch de la faja Piemontina de la cordillera del Caribe, puede considerarse como un argumento en favor de esta hipótesis.

Los Andes de Colombia constituirían, en este caso la zona de encuentro de tres dominios, andino, centro-americano, caribeño.

V.- AMERICA CENTRAL MERIDIONAL (O ISTMICA): (fig. 2)

Está separada de América Central septentrional por la depresión de Nicaragua, graben NO-SE, que se desarrolló en el Cenozoico sup.

Comprende rocas volcánico-sedimentarias, sobre todo marinas del Cretácico al Reciente.

En el margen pacífico (islas y penínsulas) existe un complejo ofiolítico, con rocas sedimentarias de metamorfismo de la facies de esquistos verdes (complejo de Nicoya).

Se parece al complejo franciscano, del Jurásico sup. y es precampaniano. Como ya se indica, debe corresponder a la integración de la corteza

pacífica al continente a lo largo de una zona de Benioff. Van ANDEL & al (1971) admiten que, en esta región, la fosa marina de América Central se extendía originalmente hasta América del Sur, posiblemente desde el origen de las intrusiones ácidas de la parte oriental de América Central meridional y también del vulcanismo cenozoico (cf WING. 1971).

Esta fosa regresó hacia el oeste por "desactivación" con desaparición del vulcanismo a partir del Mioceno medio en el este de Panamá. En la parte occidental, en donde existía la fosa pasó lo contrario.

La interpretación de esta región es discutida.

Constituye un puente entre América del Norte y América del Sur, que se estableció progresivamente y terminó en el Plioceno sup. Según los datos recogidos por el Glomar Challenger, existía una comunicación muy amplia entre el mar Caribe y el mar Pacífico, sin islas volcánicas extendidas, por lo menos hasta el Eoceno medio (WING, 1971).

Para CASE & al (1971), al revés, América Central meridional correspondía en el Mesozoico a la prolongación hacia el NO de las islas volcánicas del eugeosinclinal colombiano (cf IV). Fué después comprimida por el movimiento convergente de América del Norte y de América del Sur (en realidad, divergente para TANNER, 1971), explicando su disposición en S acostado.

VI.-EL GOLFO DE MEXICO (fig. 5)

Fué el objeto de un estudio sintético reciente de WILHELM & EWING (1972).

El golfo de México constituye, según autores y con solo publicaciones recientes:

- un océano permanente (MEYERHOFF & PAINE, 1970- ANTOINE & PYLE, 1970 - MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971). Según ANTOINE & PYLE habría seguido de manera pasiva América del Norte en su deriva hacia el este. MEYERHOFF, por lo contrario, admite una gran estabilidad en la posición geográfica de los continentes y océanos;
- un continente, sea hundido progresivamente a partir de principios del Mesozoico (RAINWATER, 1967 - MAC GILLAVRY, 1970- VINIEGRA, 1971), sea que se moviera hacia Yucatán y Nicaragua-Honduras (FREELAND & DIETZ, 1971). MATTSON (1972) se opone a esta hipótesis, provocando una polémica entre estos autores (cf FREELAND & DIETZ, 1972);
- una zona de rift que se abrió progresivamente, a partir de principios del Mesozoico o a fines del Paleozoico, después de la orogénesis Ouachita (Pennsilvánico medio) por causa de la deriva divergente de los continentes norte y sur-americanos (BALL & HARRISON. 1969 TANNER, 1971 - WILHELM & EWING. 1972). Según estos autores, a principios del Mesozoico se produjeron depósitos continentales rojos y después una transgresión marina desde el SO. Se formaron depósitos de sal en el Jurásico y un hun-

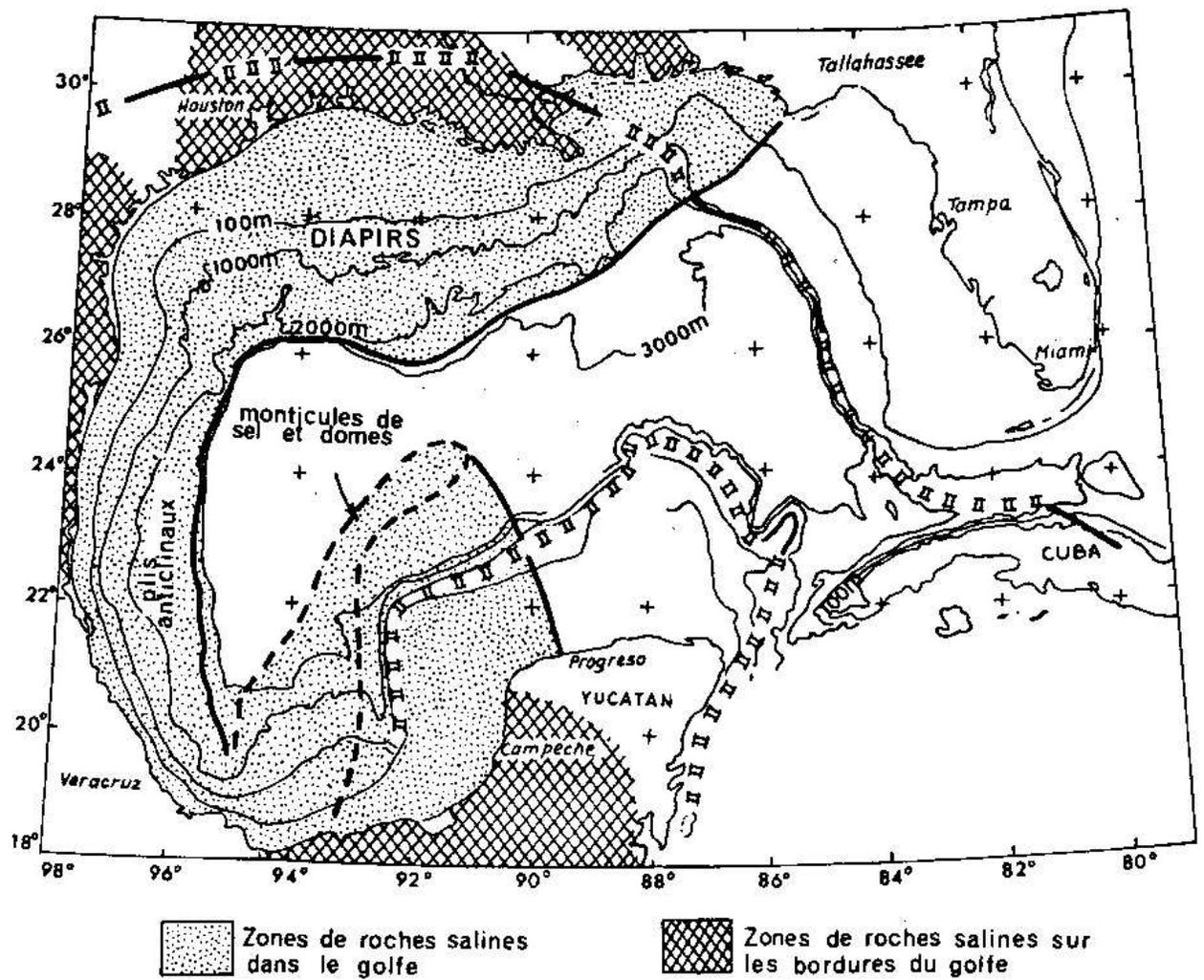


Fig.5. Distribución general de las evaporitas en el golfo de México y las zonas continentales marginales (según ANTOINE & BRYANT,1969).

dimiento regional de 3.000 m en el Cretácico. La subsidencia siguió en el Terciario inf. La reducción y el aislamiento del golfo se produjo en el Cretácico por el crecimiento de las plataformas carbonatadas de Florida y de Yucatán.

La dificultad de elegir entre estas hipótesis diferentes está en la necesidad de interpretar dos observaciones que parecen contradictorias:

- la existencia de una corteza de tipo oceánico en el golfo, bajo sedimentos muy gruesos (5.000 - 10.000 m);
- la presencia de sal en domos, hasta en la parte más profunda del golfo (fosa de Sigsbee).

Los partidarios de la primera hipótesis indicada admiten, o bien que los depósitos de evaporitas pueden formarse hasta en aguas marinas profundas (SCHMALZ, 1969 - DIETZ, ROLDEN & SPROLL, 1971) o bien que se produjo una migración desde la costa hasta altamar, por comprensión debajo del caparazón carbonatado muy grueso (ANTOINE & BRYANT, 1969 - MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971). Parece difícil aceptar estas dos hipótesis, teniendo en cuenta la extensión de los depósitos submarinos que pueden constituir la más importante reserva de gas natural del Mundo (KAMEN-KAYE, 1967). Por esta razón considera este autor que el golfo de México es una cuenca intracratónica que se formó por hundimiento progresivo.

Los partidarios de la segunda hipótesis admiten que la corteza siálica se simificó progresivamente por intrusiones de rocas básicas y ultrabásicas del manto (KHUDOLEY, 1967).

Los partidarios de tal hipótesis pueden explicar los depósitos de sal por un hundimiento progresivo de la corteza símica que se formó entre los dos labios de las fallas que encuadran el valle de rift a partir del Triásico. Esta es la hipótesis que explica más fácilmente la estructura actual del golfo. Pero ¿cómo explicar que no se conozcan ni en el continente, al oeste, ni en el dominio caribeño, al este, prolongaciones de las fallas que deberían delimitar este valle de rift? Además, en México, no hay huellas, de esta extensión nortesur.

VII.-EL MAR CARIBE. S. LAT. (fig. 6)

Como lo indicó muy bien DENG (1969), tres grandes grupos de hipótesis intentan explicar el origen del mar Caribe:

- Es un océano permanente (SCHUCHERT, 1935- MEYERHOFF & HATTEN, 1968 - MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971);
- Es un antiguo continente, hundido durante o inmediatamente después de la orogénesis laramídica (CHUBB, 1960 y in ZANS & al, 1963 - WEYL, 1966- JUDOLEY & FURRAZOLA BERMUDEZ, 1967 - KHUDOLEY in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971);
- Es una zona de rift, como el golfo de México, que se formó por la deriva divergente de las placas continentales norte y sur americanas hacia el oeste.

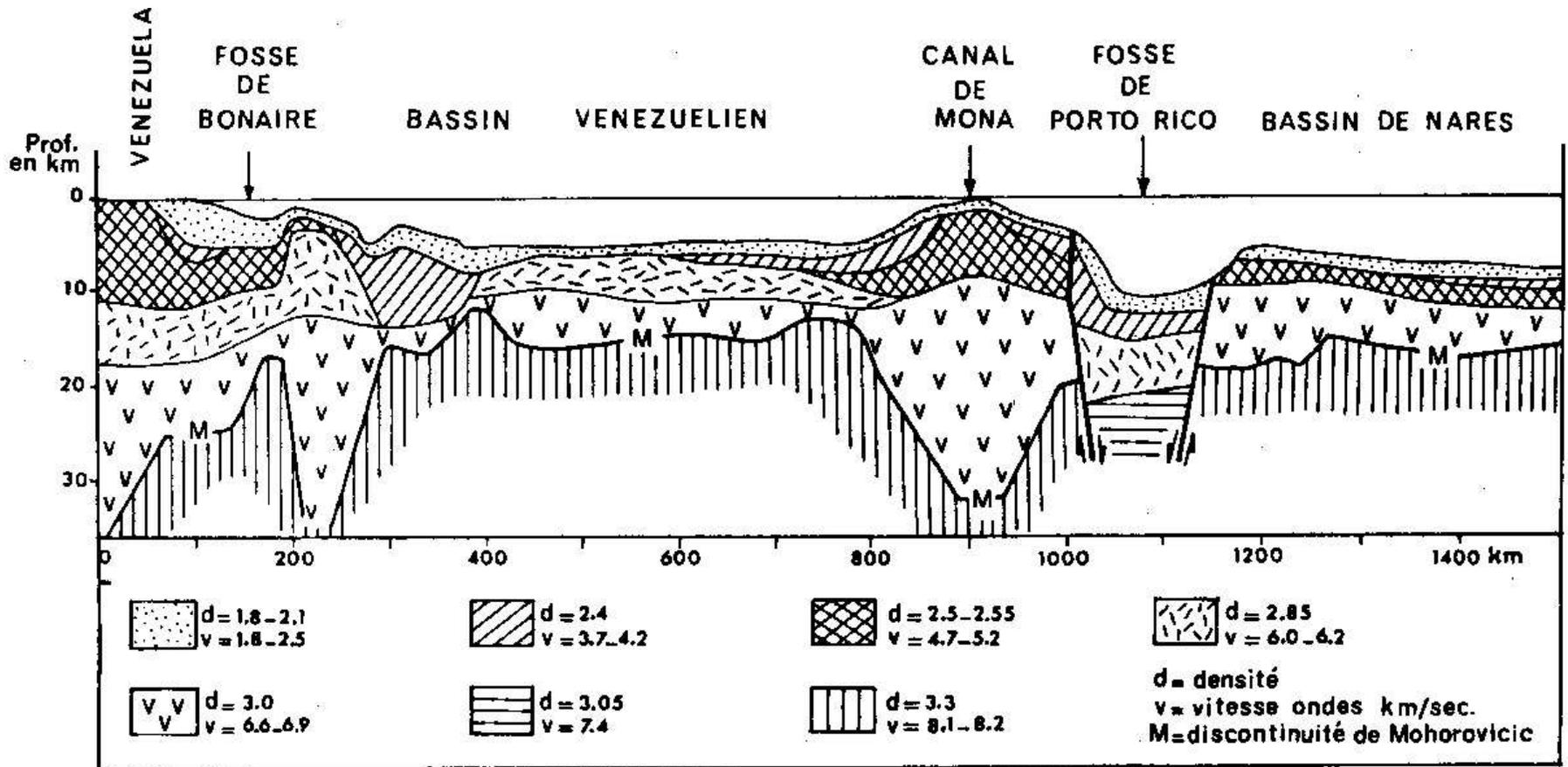


Fig. 6. Corte vertical de la corteza desde la costa venezolana a la cuenca de Nares, a la altura del 68° grado de longitud (según BUNCE & FAHLQUIST, 1962 - WORZEL, 1965, modificado).

Esta zona intermediaria constituyó una zona de tensión simultánea entre los dos continentes americanos y entre ellos y los continentes europeos y africanos. Estas tensiones están en el origen de los sistemas de fallas de desplazamiento horizontal, de dirección oeste-este, que se encuentran en las márgenes norte y sur de la zona caribeña (FUNNELL & SMITH, 1968).

Esta última hipótesis es la que con formas distintas tiene el mayor apoyo (CAREY, 1958 - HESS, 1965 - TANNER, 1965 - ROD, 1967 - YARBOROUGH, 1967 - DURHAM & MURRAY, 1967 - BRIGGS in MENENDEZ & al, 1969 - BALL, HARRISON & SUPKO, 1969 - GOUGH & HEIRTZLER, 1969 . FREELAND & DIETZ, 1971 y numerosas comunicaciones en el VI Congreso Geológico del Caribe (el ANONYME, 1971). MALFAIT & DINKELMAN, 1972, han presentado una teoría particularmente completa sobre la evolución de la región, basada en esta hipótesis.

-NORTH (1965) admite también la hipótesis de las placas pero considera que las Antillas nacieron de la convergencia y del movimiento de rotación en sentido contrario de América del Norte y América del Sur, produciendo las Antillas por aplastamiento entre los dos continentes. Es evidente que las maneras de arrastre hacia el exterior que se encuentran en Cuba y en la cordillera del Caribe, indican una reducción en dirección norte-sur de la anchura del dominio caribeño; como lo supone NORTH, más bien que la extensión admitida, tratándose de un valle de rift.

Como en el caso del golfo de México, la dificultad para escoger entre las hipótesis radica en observaciones aparentemente contradictorias:

1o/ El magmatismo del arco antillano es sobre todo intermedio hasta ácido (WEYL, 1966) y no básico como en las islas oceánicas y las dorsales intraoceánicas. MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971, lo explica por la existencia de una zona de Benioff, profundamente hundida debajo del arco antillano (50-700 km).

2o/ Los depósitos precenozoicos de las Antillas Mayores occidentales (Cuba, Jamaica, Haití) son en parte detríticos, indicando la presencia próxima de un continente que, para la mayoría de los autores, se encontraba, al sur de las islas, es decir en la posición actual del mar Caribe (CHUBB, 1960 - FURRAZOLA BERMUDEZ & al, 1964, entre ellos). Para MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971, por lo contrario, se habría encontrado al norte de Cuba. Ya se indicó que esto parece poco probable, teniendo en cuenta los depósitos de evaporitas y calizas puras litorales que se realizaron, en la misma época, en el norte y al norte de Cuba;

3o/ La corteza del dominio del mar Caribe presenta caracteres intermedios entre los de una corteza oceánica y la de una corteza continental, lo que parece indicar que existía, antes de la extensión norte-sur de la región, supuesta en la tercera hipótesis sobre el origen del mar Caribe. EDGAR, EWING & HENNION (1971), admiten, que esta corteza constituya "sea el resto de un océano permanente, sea una masa continental hundida antes de esta extensión norte-

sur". Pero, en el primer caso debería presentar una estructura francamente oceánica que solo existe en dominios limitados, como en la fosa Caimán (7 Km de espesor de una corteza basáltica - BOWIN, 1968), aunque alcanza 22 km de espesor en la dorsal de Nicaragua (ARDEN, 1969), 20-25 km en Cuba (KHUDOLEY & MEYERHOFF, 1971). Además, según los estudios sísmicos (OFFICER & al. 1957), está generalmente constituida por una capa de rocas volcánicas, intermedias a básicas, cubriendo una zona de velocidad de las ondas sísmicas que corresponde a rocas intermedias entre básicas y ultrabásicas. La discontinuidad de Mohorovicic no aparece claramente.

DONNELLY (1964) considera que la diferencia de constitución y espesor entre la corteza del mar Caribe y la del océano Atlántico es debida a una diferencia de hidratación que provocó una modificación de la corteza oceánica del Caribe durante el cretácico. Pero como lo indica MEYERHOFF in KHUDOLEY & MEYERHOFF, (1971), esta suposición no tiene base firme. El, por su parte, supone que tanto la corteza del mar Caribe como la del golfo de México, evolucionaron por, "continentalización", pero tampoco se apoya en ningún argumento objetivo;

4o/ Los estudios de reflexión sísmica (EWING & al. 1967) pusieron en evidencia dos niveles de reflexión muy marcados; uno superior (A") y uno inferior (B"), separados por los "lechos del Caribe", depósitos de grano fino, muy silíceos, de 540 m de espesor. El nivel A" tendría, según los fósiles, una edad eocénica inf. o media (GIBSON & TOWE, 1971). El nivel B" tiene una edad más discutida, determinada únicamente por supuesta velocidad de sedimentación de los "lechos del Caribe". Es probablemente mesozoico. Pero como existen bajo el nivel B", 1,000 m de sedimentos, de tipo turbiditas sobre una corteza basáltica, MEYERHOFF considera que la sedimentación empezó en el Triásico o en el Paleozoico sup. (erosión de la cadena herciniana).

Como estos dos niveles se encuentran en toda la extensión del mar Caribe (A" faltando, sin embargo, en la cima de las dorsales) y no presentan perturbaciones, EWING & al, consideran que el dominio del mar Caribe fué una zona tranquila, sin movimientos tangenciales importantes y únicamente movimientos verticales. MEYERHOFF considera que estas observaciones son favorables a la hipótesis de la gran estabilidad de los continentes y de los océanos que él admite, aunque puede constituir, un argumento en favor de la teoría de las placas aplicada a esta región por MOLNAR & SYKES (1969), seguidos por numerosos autores (FREELAND & DIETZ, 1971, 1972 - MATTSON, 1972 - MALFAIT & DINKELMAN, 1972, etc.) (fig. 7). Para estos autores, el mar Caribe corresponde a una placa oceánica que se separó de la placa pacífica en el Cretácico o en el Eoceno y se movió relativamente, hacia el este. La velocidad del movimiento es estimada a 0.5 - 2.2 cm por año, en los últimos 10 millones de años, por lo menos. Según MALFAIT & DINKELMAN, a partir del principio de esta evolución independiente de la placa del Caribe, los movimientos tectónicos y el vulcanismo se habrían detenido en las márgenes N y S (Antillas mayores y cordillera del Caribe). Ello se debió al

detenerse el subarrastre que existía anteriormente a lo largo de una zona de Benioff y al desarrollo de fallas de desplazamiento horizontal en estas mismas márgenes. La actividad tectónica posterior resultaría, únicamente, de movimientos isostáticos produciendo tectónica de gravedad, como por ejemplo en la cordillera del Caribe. La tectónica activa se habría desplazado hacia las Antillas Menores en el cenozoico, por la formación de una zona de Benioff activa, en los márgenes orientales de la placa del Caribe, por subarrastre de la placa atlántica.

Para combinar esta teoría y las observaciones de EWING & al (1967) habría que suponer que se formase completamente el mar Caribe antes del movimiento de la placa del Caribe hacia el este y antes del principio de la sedimentación señalada más arriba en ese mar, puesto que es conocida en toda su extensión. Habría nacido entonces a fines del Paleozoico o principios del Mesozoico. Esto es difícil de aceptar puesto que la deriva continental parece no haber empezado antes del Triásico sup. Además, es difícil de explicar la formación del arco antillano que no comenzó su actividad tectónica generalizada antes del Cretácico medio, marcada claramente a una reducción de anchura en dirección norte-sur.

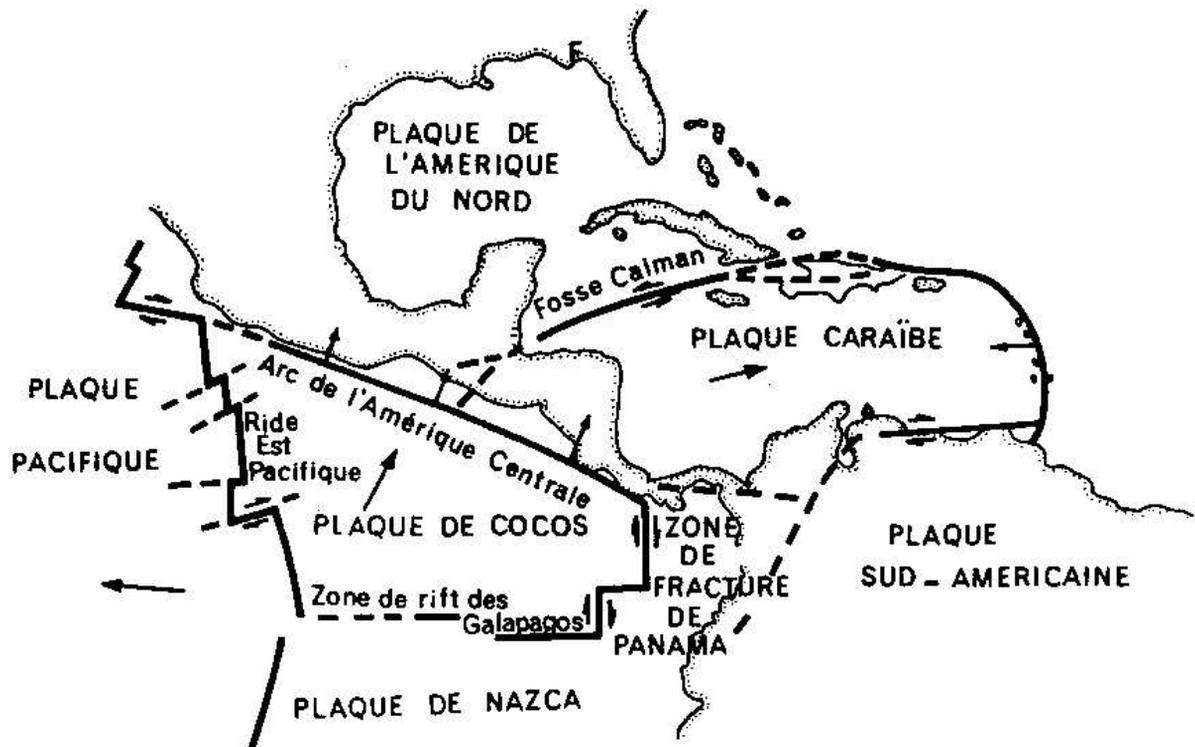


Fig. 7. Principales placas de la región del Caribe y de la margen Pacific (según MOLNAR & SYKES, 1969).

Por otra parte, si la teoría de las placas explica bien los mantos de arrastre hacia el exterior del arco, las fallas oeste-este de desplazamiento horizontal, las fallas de tensión NE-SO en el margen norte del arco y NO-SE en su margen sur, no explican los pliegues inclinados hacia el interior del arco que se indicaron en la parte norte de la cordillera del Caribe (cf III) y en la parte SE de Cuba y el centro de Haití, como en la faja de Wagwater en Jamaica (cf II).

Finalmente, si el Golfo de México y el mar Caribe tuvieron el mismo origen (valle de rift) ¿cómo se explica que las estructuras de sus márgenes norte y sur sean tan diferentes? En realidad como ya se indica, parece excluido que el derrame del mar caribe correspondiera a un valle de rift.

VIII.- CONCLUSIONES

El autor que trabaja en la región del Caribe desde hace 25 años ha tenido la oportunidad de conocer durante este largo tiempo muchas teorías nuevas para explicar las estructuras de esta región. Algunas de ellas permitieron progresos interesantes; pero generalmente plantearon también nuevos problemas.

KHUDOLEY & MEYERHOFF (1971), en la conclusión de su interesante obra sobre la geología de las Antillas Mayores, presentan una lista de preguntas no contestadas todavía. No es muy diferente de las que expuse en mi síntesis de 1956 sobre la constitución geológica de las Antillas.

Esto se explica sobre todo por dos razones:

1o/ Como una gran parte de esta región submarina no es accesible a los geólogos, se utilizaron métodos geofísicos que dieron nacimiento a teorías explicativas no suficientemente apoyadas en datos geológicos y que se basan solo en observaciones actuales.

2o/ Los datos geológicos son todavía insuficientes, como lo indicaron KHUDOLEY & MEYERHOFF (1971) para las Antillas Mayores.

Además, y en esto incurrí yo mismo, la tendencia para explicar la formación del arco antillano fué el buscar una hipótesis única y considerar este arco como originalmente unitario.

Como se indicó anteriormente (cf II) creo ahora que el arco antillano agrupa unidades estructurales distintas, unidas ulteriormente por estructuras en arco, que según parece puede resultar de la actividad de placas, con movimiento relativo distinto; aunque sus diferentes partes tuvieran distinta historia geológica anterior.

Es así como en la orogénesis "alpina" s.lat. (Mesozoico Cenozoico):

- México presenta zonas externas con carácter geosinclinal típico (flysch, molasa y probablemente mantos de arrastre importantes (TARDY, com. pers.) pero zonas internas de tipo "andino" (rocas volcánicas gruesas continentales o de zonas someras, sin metamorfismo general típico, sin mantos de arrastre, sin ofiolitas).

- Cuba y la Cordillera del Caribe presentan un carácter geosinclinal típico, tanto en las zonas internas como en las zonas externas. Haití tiene flysch y molasa ligados únicamente a la orogénesis del Terciario medio.

- Colombia y Ecuador presentan zonas internas con ofiolitas y metamorfismo general pero las zonas externas no presentan ni flysch típico, ni molasas marinas. La región del Caribe- presenta ejemplos de "orógenos" con caracteres intermediarios entre tipos "geosinclinales" típicos y tipos andinos (o "liminares") típicos (AUBOUIN & BORRELLO, 1966).

Otro punto importante para entender la estructura de los fondos del mar Caribe es el papel de los basaltos y doleritas campanianos y precampanianos, encontrados en particular en la cuenca venezolana (EDGAR y SAUNDERS in ANONYME, 1971). El autor considera que deben representar el equivalente de los basaltos de la cuenca de Paraná (formación Serra Geral del Jurásico sup. -Cretácico inf.) que se formaron de un fallamiento debido a la abertura progresiva del Océano Atlántico.

Como esta abertura se realizó de sur a norte, es normal que los basaltos del mar Caribe fuesen más recientes y del Cretácico, alternado como en la cuenca venezolana con calizas pelágicas, Según el autor, estos mismos basaltos se encuentran en las dorsales de Nicaragua y de Beata, en la península del sur de Haití y en las Antillas volcánicas de Barlovento, al norte de Venezuela (Antillas holandesas, Antillas venezolanas septentrionales). Todas estas regiones presentan un perfil sísmico semejante (EDGAR, EWING & HENNION, 1971). No pertenecen a las cadenas geosinclinales del litoral del mar Caribe. Pertenecen a un mar Caribe primitivo y se levantaron a lo largo de fallas como consecuencia de los movimientos orogénicos laramídicos en las cadenas geosinclinales o más tarde, por el movimiento relativo de la placa del Caribe hacia el este. Esto podría explicar la actividad tectónica en el sur y centro de la isla de Haití en el Terciario medio, con desarrollo de facies flysch y molasa, actividad limitada a esta isla en las Antillas Mayores.

Así el arco antillano está constituido por fragmentos, unos procediendo de los continentes norte y sur americanos, otros del mar Caribe, otros, como las Antillas Menores, del contacto entre placas (placas del Caribe y Atlántica), otros finalmente de una combinación compleja entre placas y zonas continentales, como la isla de Cuba que aparece como una zona de contacto entre elementos diversos. Esto explica su estructura muy particular con relación a las demás islas antillanas, hasta las más cercanas como Haití o Jamaica.

Creo que con este espíritu se debe abordar el estudio de las estructuras de la región del Caribe, región en donde se unen muchas unidades estructurales. Se evitarán así concepciones demasiado simplistas que no permiten comprender la totalidad de los eventos. Así, por ejemplo, el problema de saber si el mar Caribe es un océano permanente o un continente hundido. Es muy posible que según las regiones sean ambos a la vez. El mar

Caribe de hoy que estudian los geofísicos no es el del Mesozoico. Además se han de tener mucho en cuenta las edades que, como lo vemos anteriormente eliminan varias hipótesis sobre su origen, por ejemplo.

Por todo eso, se prefiere no presentar una teoría completa sobre la interpretación de esta región sino limitarse a indicar los puntos que parecen bien establecidos. Todo ello ofrece la oportunidad de presentar algunas ideas nuevas, aunque todavía provisionales, sobre la estructura de esta apasionante región.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ. Jr, M. (1962):

Orogenias pre-terciarias en México. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr., vol. XIV, No 1-2, p. 23-35, 3 fig.

ANDEL van T.H. & al (1971):

Tectonics of the Panama Basin, Eastern Equatorial Pacifico Geol. Soc. Amer. Bull.; vol. 82, No 6, p. 1489-1508, fig. 1-13

ANDERSON. T.H. SILVER. L.T. & CORDOBA. D.M. (1969): Mesozoic magmatic events al the northern Sonora coastal region, Mexico. in Abstracts with Programs for 1969, Pt 7 (résumé). Geol. Soc. Amer., p. 3-4.

ANONYME (1971):

VI Conferencia geológica del Caribe: Resúmenes. Miméographié, 41 p. + suppléments.

ANTOINE, J.W. & BRYANT, W.R. (1969):

Distribution of salt and salt structures in Gulf of Mexico. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 53, No 12. p. 2543-2550, 4 fig.

ANTOINE. J.W. & PYLE. T.E. (1970):

Crustal studies in the Gulf of Mexico. Tectonophysics, vol. 10. 10, No 5/6. p. 477-494, fig. 1-4.

ARDEN, Jr. D.D. (1969):

Geologic history of the Nicaraguan rise. Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.. vol. 19, p. 295-309, fig. 1-8.

AUBOUIN. J. & Borrello A.V. (1966):

Chaines andines et chaînes alpines: regard sur la géologie de la cordillère des Andes au parallèle de l'Argentine moyenne. Bull. Soc. Géol. Fr., 7e ser., t. VIII. No 7, p. 1050-1070, 3 fig., 1 dpl. (1966).

BAIE. L.F. (1970):

Possible structural link between Yucatan and Cuba. *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, vol. 54. No. 11, p. 2204-2207, fig. 1-2

BALL. M.M. & al (1971):

Refraction seismic measurements in the northeastern Bahamas (abs.). *Am. Geophys. Union Trans.*, vol. 52. p. 252

BALL. M.M. & HARRISON. C.G.A. (1969):

Origin of the Gulf and Caribbean and implications regarding ocean ridge extension, migration and shear. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, vol. 19. p. 287-294. fig. 1-5

BALL. M.M., HARRISON. C.G.A. & SUPKO. P.R. (1969):

Atlantic Opening and the Origin of the Caribbean. *Nature*, vol. 223, No 5202, p. 167-168, fig. 1-2.

BARRERO. L.D., ALVAREZ. A.J. & KASSEM. T. (1969):

Actividad ígnea y tectónica en la Cordillera Central durante el Meso-Cenozoico. *Bol. Geol. Colombia*, vol. XVII. No 1-3. p. 145-173, tabl. 1-4, 1 pl.

BASS, M.N. & ZARTMAN. RE. (1969):

The basement of Yucatan peninsula. (abs.). *Am. Geophys. Union Trans.*, vol. 50, p. 313.

BELL. J.S. (1968):

Geología de la región de Camatagua. Estado Aragua, Venezuela. *Bol. Geol. Caracas*. vol. IX, No 18. p. 291-440. 1 carte, 46 fig.

BELL. J.S. (1971):

Evolution of the overthrust Southern foothills of the Venezuelan Coast Ranges. in *Abstracts with Programs: 24th Annual Meeting. Geol. Soc. Amer.*, vol. 3. No 6. p. 367.

BOITEAU. A. & al (1972):

Le complexe ophiolitique du Purial (Oriente, Cuba), et son métamorphisme de haute pression: problemes de datation et de corrélation. En prensa.

BONNEAU. M. (1971):

Una nueva área cretácica fosilífera en el Estado de Sinaloa. *Bol. Soc. Geol. Mexicana*. vol. 32. No 2. p. 159-167, fig. 1-2. (1969).

- BOWIN, C.D. (1968):
Geophysical study of the Cayman trough, Journ. Geoph. Res.,
vol. 73, No 16, p. 5159-5173. 6 fig.
- BUNCE, E.T. & al (1970):
The Lesser Antilles arc and the eastern margin of the Caribbean
Sea. Woods Hole Oceanog. Inst. Contrib., 2288. 36 p.
- BURGL, H. (1961),
Historia geológica de Colombia. Acad. Colomb. CL Exact., Fis.
Nat. Rev., vol. 11, No 43, p. 137-191.
- BURGL, H. (1964),
El "Jura-Triásico" de Colombia. Bol. Geol. Servo Geol. Nac.,
Bogota, vol. XII, No 1-3, p. 5-31, 4 fig.
- CAREY, W.C. (1958):
The tectonic approach to continental drift in Continental drift
symposium. Univ. Tasmania, p. 177-355.
- CASE, J.E. (1970):
Relative plate motion of Northern South America (résumé). in
Abstracts with Programs (1970 annual meetings). Geol. Soc.
Amer., vol. 2, No 7, p. 516.
- CASE, J.E. & al (1971):
Tectonic investigations in Western Colombia and Eastern
Panama. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 82, No 10, p. 2685-2712, fig. 1-
16.
- CHUBB, L.J. (1960):
The Antillean Cretaceous geosyncline. Trans. 2nd Caribb. Geol.
Conf., Mayaguez (1959), p. 17-26. ill.
- CSERNA, Z. de, (1965):
Tectonic framework of southern Mexico and its bearing on the
problem of continental drift. Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. XXX,
No 2, p. 159-168, fig. 1-2. 1 pl. (1967).
- CSERNA, Z. de, (1970):
The Precambrian of Mexico in The Geologic systems: The
Precambrian. Interscience Publ., vol. 4, p. 253-270, fig.1-4, 1tabl.

CSERNA, Z. de, (1971):

Taconian (Early Caledonian) deformation in the Huasteca structural belt of Eastern Mexico. *Amer. J. Sci.*, vol. 271. p. 544-550, 1 fig.

DALZIEL, I.W.D & ELLIOT. D.H. (1971):

Evolution of the Scotia Arc. *Nature*, vol. 233, No 5317. p. 246-252, fig. 1-4.

DENGO, G. (1968):

Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central. *Inst. Centramericano de Investig. y Tecnología Industrial (Icaiti)*, p. 1-50, 16 fig.

DENGO. G. (1969):

Problems of tectonic relations between Central America and the Caribbean. *Transact. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, vol. XIX, p. 311-320, 3 fig.

DICKINSON, W.R. (1971):

Plate tectonics in geologic history. *Science*, vol. 174, No 4005, p. 107-113, fig. 1-5.

DICKINSON, W.R. (1971) a:

Plate tectonic model of geosynclines. *Earth Planet. Sci. Letters*, vol. 10, p. 165-174.

DICKINSON. W.R. (1971) b:

Plate tectonics. *Geotimes*, vol. 16. No 1, p. 21-22, 4 fig.

DIETZ, R.S., HOLDEN. J.C. & SPROLL, W.P. (1971):

Geotectonic Evolution and Subsidence of Bahama Platform: Reply. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 82, No 3, p. 811-814. 1 fig.

DONNELLY, T.W. (1964):

Evolution of eastern Greater Antillean island arc, *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, vol. 48, No 5, p. 680-696. 8 fig., 1 tabl.

DONNELLY. T.W., CRANE, D. & BURKART, B. (1968):

Geologic history of the Landward extension of the Bartlett Trough. Some preliminary Notes. *Trans. 4th Caribb. Geol. Conf., Port-of-Spain (1965)*, p. 225-228. fig. 1-3.

DURHAM Jr. C.O. & MURRAY. G.E. (1967):
Tectonics and stratigraphy of the Gulf Basin. in Program Annual Meetings. Geol. Soc. Amer. p. 52.

EDGAR. N.T., EWING. J.L. & HENNION. J. (1971):
Seismic refraction and reflection in Caribbean Sea. Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.. vol. 55. No 6. p. 833-870. 26, fig., 1 tabl.

ENGELS. B.(1965):
Geologische Problematik und Strukturanalyse Nikaraguas (Ein Beitrag zur Geologie Mittelamerikas). Geol. Rundschau, t. 54, No 2. p. 758-795. 12 fig., 1 dpl. h. t., 1 pl. h. t. (Rés. angl., fr., russe).

EWING. J. I. & al (1967):
Sediments of the Caribbean. In "Studies in Tropical Oceanography", Miami. Univ. Miami. vol.5, p. 88-102. 9 fig.

FIGGE. K. (1966):
Die stratigraphische Stellung der metarnorphen Gesteine NW-Nicaraguas. N, Jb. Geol. Paläont. Monatsh.. 4, p. 234-247, 5 abb.

FINK Jr., L.K. (1968):
Geology of the Guadeloupe region. Lesser Antilles island arc. Dissert. Univ. Miami, 121 p.. 47 fig., 1 pl., 1 tabl.

FINK Jr. L.K. & al (1971):
Tectonic significance of La Desirade - possible relict sea-floor crust (résumé). VI Conf. Geol. del Caribe, Resumenes, p. 4, suppléments.

FOX, P.J. & al (1968):
Mesozoic Igneous Oceanic Crust from the Caribbean (résumé). Prog. Ann. Meet. 1968, Geol. Soc. Amer., p. 101.

FOX. P.J. & al 19701:
The geology of the Caribbean Crust, 1: Beata Ridge. Tectonophysics, vol. 10, No 5-6, p. 495-513, fig. 1-7, tabl. 1-111.

FREELAND. G.L. & DIETZ. RS.(1971):
Plate tectonic evolution of Caribbean-Gulf of Mexico region. Nature. vol. 232, No 5305, p. 20-23, 8 fig.

FREELAND. G.L. & DIETZ. RS. (1972):
Plate Tectonics in the Caribbean: a Reply. Nature, vol. 235, No 5334. p. 156-157.

- FUNNELL, B.M. & SMITH. A.G. (1968):
Opening of the Atlantic Ocean Nature; vol:219. No. 5161, p. 1328-1333, 4 fig.
- FURRAZOLA-BERMUDEZ, G. & al (1964):
Geología de Cuba. Inst. Cubano Recur. Miner., Depto. Cient., Geol., 239 p., apéndice (123 fig.).
- GIBSON, T.G. & TOWE. K.M. (1971):
Eoceno Volcanism and the Origin of Horizon A. Science, vol. 172, No 3979, p. 152-154.; 1 fig.
- GONZALEZ, S., L.A. (1969 a):
Geología de la cordillera de la Costa zona centro-occidental (résumé). IV. Congr. Geol. Venezol.. Resúmenes, p. 15-16.
- GOUGH, D.I. & HEIRTSLER, J.R. (1969):
Magnetic anomalies and tectonics of the Cayman Trough. Geoph. Journ. R. astronom. Soc., vol. 18, p. 33-49, fig. 1-6, tabl. 1-2.
- GUZMAN. E.J. & CSERNA. Z. de (1963):
Tectonic history of Mexico. in Backbone of the Americas (Childs & Beebe. éditeurs). Amer. Assoc. Petr. Geol., Mem., No2, p. 113-129, 14 fig.
- HAMILTON, W. (1969):
Mesozoic California and the underflow of Pacific Mantle. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 80. No 12; p. 2409-2430. fig. 1-5
- HARRISON. J.V. (1930):
The Magdalena Valley. Colombia. South America. C.R. 15th. Int. Geol. Congr. Pretoria. vol. 2. p. 399-409.
- HESS. H.H. (1966):
Caribbean research project. 1965. and bathymetric chart. Geol. Soc. Amer., mem, 98. p. 1-10, 3 fig., 1 pl. h. t. en coul.
- HESS. H.H, & MAXWELL, J.C. (1953):
Caribbean Research project. Bull. Geol. Soc. Amer.. vol. 64. No 1. p. 1-6, 2 fig.
- IRVING. E.M, (1971):
La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia. Bol. Geol. Colombie. vol. XIX. No 2, 90 p.. 10 fig., 3 pL., 1 carte.

- JUDOLEV. C.M. & FURRAZOLA-BERMUDEZ. G. (1967):
La posición de Cuba en la estructura geológica de la región del Caribe. Rev. Tecn., vol. 5, No 6, p. 10-19, fig.
- KAMEN-KAYE. M. (1967):
Basin subsidence and hypersubsidence. Bul. Amer. Assoc. Petr. Geol., vol. 51, No 9, p. 1833-1842, 3 fig.
- KESLER, S.E. (1971):
Nature of Ancestral Orogenic Zone in Nuclear Central America. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 55, No 12, p. 2116-2129, fig. 1-10.
- KESLER, S.E. & al (1971):
Mesoscopic Structural Homogeneity of Maya Series and Macal Series, Mountain Pine Ridge, British Honduras. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 55, No 1, p. 97-103. fig. 1-5.
- KESLER, S.E. & BATESON, J.H. (1970):
Structural equivalence of the Maya and Macal groups, British Honduras: key to the late paleozoic stratigraphy of nuclear central America (résumé). in Abstracts with Programs (1970 Annual Meetings). Geol. Soc. Amer., vol. 7,-No 2, p. 595-596.
- KESLER. S.E. & HEATH, S.A. (1970):
Structural trends in the southernmost North American Precambrian, Oaxaca, Mexico. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 81, No 8, p. 2471-2476, 5 fig.
- KHUDOLEY, K.M. (1967):
Principal features of cuban geology. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 51, No 5, p. 668-677, 3 fig.
- KHUDOLEY, K.M. & MEYERHOFF, A.A. (1971):
Paleogeography and geological history of the Greater Antilles. Geol. Soc. Amer., Mem. 129, 200 p., fig. 1-30 tabl. 1-4
- KING, P.E. (1969):
The tectonics of North America. A discussion to accompany the tectonic map of North America. Scale 1: 5.000.000 U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 628, p. 1,94, fig. 1-14. tabl. 1-3.
- LOPEZ,R., E. (1969):
Marine Paleozoic rocks of Mexico. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 53, No 12. p. 2399-2417. fig. 1-7. tabl. 1-7.

MacDONALD, W.D. (1969):

Major structural features al Guajira Peninsula (Colombia-Venezuela) and the South-Central Caribbean. IV Venez. Geol. Congres., 20 p.. (miméogr.).

MacDONALD, W.D. (1970):

Some metamorphism and thrusting retations in Northern South America (résumé). 1er. Congreso Latinoamericano Geol. Lima, 1970. Simposia II D. p. 1-3.

MacDONALD, W.D., DOOLAN, B.L.. CORDANI. U.G. (1971):
Cretaceous-Early Tertiary Metamorphic K-Ar Age values from the South Caribbean. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 82, NoS. p.1381-1388, fig. 1-4, 1 table.

MAC GILLAVRY, H.J. (1970):

Geological history of the Caribbean. I.II. Kkl. Nederl. Akad. Wetensch., Proc., ser. B, vol. 73, No 1, I.p. 64-83, 11. p. 84-96, fig.1-4.

MALFAIT. B.T. & DINKELMAN. M.G. (1972):

Circum-Caribbean tectonic and igneous activity and the evolution of the Caribbean Plate. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 83, No 2, p. 251-272, fig. 1-9.

MARTIN BELLIZZIA, C. (1968):

Edades isotópicas de rocas venezolanas. Bol. Geol.. Caracas, vol. X, No 19. p. 356-380. iil.

MATTSON, P.H. (1972):

Plate Tectonics in the Caribbean. Nature, vol. 235, No 5334, p.155-156.

MENENDEZ, A.V. de V. & al (1969):

Symposium: Análisis tectónico de Venezuela y áreas circunvecinas. IV Congreso Geol. Venez., Caracas, 23 p.

METZ, H.L. (1968):

Stratigraphy and geologic history of extreme northeastern serrania del Interior, state of Sucre, Venezuela. Trans. 4th Caribb, Geol. Conf., Port-of-Spain (1965), p. 275-292, fig. 1-6, 1 carte, 1 tabl.

METZ, H.L. (1968):

Geology of the El Pilar fault zone state of Sucre, Venezuela. Trans. 4th. Caribb. Geol. ConC., Port-of-Spain (1965), p. 293-298.

MEYERHOFF, A.A. & HATTEN, C.W. (1968):

Diapiric structures in central Cuba. in Diapirism and diapirs (J. Braustein & G.D. Brien. edit.). Mem. Amer. Assoc. Petr. Geol.8, p. 315-357.

MEYERHOFF, A.A. & PAINE, W.R. (1970):

Gulf of Mexico Basin: Interactions among Tectonics, sedimentation, and hydrocarbon accumulation. Trans. Gulf Coast. Assoc. Geol. Soc., vol. XX. p. 5-44, fig. 1-19, 1 tabl.

MILLS, R.A. & al (1967):

Mesozoic stratigraphy of Honduras. Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.. vol. 51, No 9, p. 1711-1786.32 fig.

MOLNAR. P. & SYKES, L.H. (1969):

Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions from focal mechanisms and seismicity. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 80, No 9, p. 1639-1684, fig. 1-14, tabl. 1-2.

MOORE. D.G. & BUFFINGTON, E.C. (1968):

Transform Faulting and Growth of the Gulf of California Since the Late Pliocene. Science, vol. 161. No 3847. p. 1238-1241,4 fig.

MOOSER. F. & MALDONADO-KOERDELL, M. (1961):

Tectónica penecontemporanea a lo largo de la costa mexicana del Océano Pacifico. Geofísica Intern., vol. 1, No 1, p. 3-20, 9 fig.

NORMARK. W.R. & CURRAY, J.H. (1968):

Geology and Structure of the Tip of Baja California. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 79. No 11, p. 1589-1600. 5 fig., 1 tabl.

NORTH. F.K. (1965):

The curvature of the Antilles. Geol en Mijnbouw. vol. 44, No 3. p. 73-86, 5 fig.

OFFICER. C.B. & al (1957):

Geophysical investigations in the eastern Caribbean: Venezuelan Basin. Antilles island arc and Puerto Rico trench. Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 68, No 3. p. 359-378, 5 fig. 1 pl.

- PILSBRY, R.A. (1929):
With the Pinehot South Sea expedition. Acad. Nat. Sc.
Philadelphia, p. 43-52.
- PILSBRY, R.A. (1930):
Land Molluscs of the Caribbean islands Grand Cayman, Swan.
Old Providence and St Andrew. Acad. Nat. Sc. Philadelphia
Proc., vol. 82. p. 221-261.
- PINET, P.R. (1972):
Diapirlike Features Offshore Honduras:
Implications regarding tectonic evolution of Cayman Trough and
Central America. Geol. Soc. Amer. Bull.. vol. 83, No 7, p. 1911-
1922, fig. 1-9, 1 tabl.
- RADELLI, L. (1967):
Géologie des Andes colombiennes. Trav. Labo. Géol. Fac. Sc.
Grenoble, Mém. No 6, 457 p.. 162 fig. (these).
- RAINWATER, E.H. (1967):
Resume of Jurassic to Recent sedimentation history of the Gulf of
Mexico Basin. Transactions, Gulf Coast Assoc. Geol. Soc., vol.
XVII, p. 179-210, 24 fig.
- ROD, E. (1967):
Paleotectonic reconstruction of the Antillean Caribbean area for
the close of the Carboniferous. Bol. Inform. Asoc. Venezolana
Geol. Min. Petr., Caracas, vol. 10, p. 197-204.
- SCHMALZ, R.F. (1969):
Deep-Water evaporite deposition: A genetic model. Bull. Amer.
Assoc. Petrol. Geol., vol. 53/4, p. 798-823, fig. 1-16, tabl. 1-2.
- SCHUCHERT, C. (1935)
Historical geology of the Antillean-Caribbean region. Wiley et
Sohns, New York. 811 p., 107 fig., 16cartes paléogéogr.
- SILVER, L.T., STEHLL, F.G. & ALLEN, C.R. (1963):
Lower Cretaceous pre-batholithic rocks of northern Baja
California, Mexico. Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol., vol. 47, No 12,
p. 2054-2059. 1 fig.
- STIBANE, F.R. (1967):
Palaeogeographie und Tektogenese der kolumbianischen Anden.
Geol. Rundsch . Bd. 56. hlft 2, p. 629-642, 5 fig.

STIBANE, F.R. (1970):

Beitrag zum Alter der Metamorphose der Zentral-Kordillere Kolumbiens. Mitt. Inst. Colombo-Aleman Invest. Ci. No 4, p. 77-82. fig. 1-2.

TANNER, W.F. (1965):

Origin of the Gulf of Mexico (résumé). Spec. Pap. Geol. Soc. Amer., No 82, p. 309-310.

TANNER, W.F. (1971):

Pole-ward drift of North America. Geol. Rundschau, Bd 60, H. 3, p. 848-867, 1 fig.

TARDY, M. (1972):

Etude stratigraphique comparée des séries secondaires de la bordure sud de la "peninsule de Coahuila", et de la Sierra de Parras. Miméographié, 23 p.. 4 fig.

TARDY, M. & MAURY, R. (1972):

Sur la présence d'éléments d'origine volcanique dans les grés des flyschs d'age Crétacé supérieur des Etats de Coahuila et de Zacatecas (Mexique). Miméographié, p. 1-10, fig. 1-2.

VASQUEZ, E.E. & DICKEY, P.A. (1971):

New evidence on the Oca Fault and its relation to global Tectonics. VI Conf. Geol. del Caribe. Margarita 1971, p. 1-25, fig. 1-16, 1 tabl. (miméographié).

VINIEGRA, O.F. (1971):

Age and Evolution of Salt Basins of Southeastern Mexico. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 55. No 3, p. 478-494, 10 fig.

WEEKS, L.A. & al (1971):

Structural relations among Lesser Antilles, Venezuela and Trinidad-Tobago. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 55, No 10, p. 1741-1752. fig. 1-5. tabl. 1.

WEYL, R. (1966):

Geologie der Antillen. Beitrage region Geol. Erde, Borntraeger, 418 p., 127 fig., 47 photos, 24 tabl.

WILHELM. Q. & EWING. M. (1972):

Geology and history of the Gulf of Mexico, Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 83, No 3. p. 575-600, fig. 1-25, tabl.1.

WING, R.S. (1971):

Structural analysis from radar imagery of the Eastern Panamanian Isthmus. *Art. J. Modern Geol. U.S.A.*, vol. 2. No 1.

YARBOROUGH, H. (1967):

Geologic history of the Gulf Basin (resumé). *Transactions. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, vol. XVII, p. 160.

ZANS, V.A. & al (1963):

Synopsis of the geology of Jamaica (1962). An explanation of the 1958 provisional geological map of Jamaica. *Geol. Surv. Dept. Jamaica*. 72 p. ill.