

RELACIONES TECTÓNICAS EN LA MARGEN CONTINENTAL AL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO Y CINEMÁTICA DEL MANTO: MORFOLOGÍA-BASAMENTO- BLOQUES CORTICALES SOBRE LA PLACA

*Tectonic Relationships in the Continental Margin on Southern Gulf of Mexico
and Kinematics of the mantle: Morphology-Basement-Crustal blocks on the Plate*

José H. Sandoval-Ochoa¹, J. Eduardo Aguayo-Camargo¹, Mario A.
Gutiérrez-Estrada¹ y Juan Araujo Mendieta²

RESUMEN

Las inferencias de la historia geológica de las cuencas sedimentarias en nuestro país, han sido limitadas por el paradigma de los basamentos en los niveles de acceso, hasta donde la capacidad de horadación ha permitido llegar a los sistemas de perforación de pozos petroleros, sin embargo, las configuraciones de los zócalos continentales conllevan la historia adicional: explican las fosas para el relleno sedimentario como resultado de la cinemática, fracturamientos y deformaciones de los bloques corticales de la parte superior de las placas continentales y oceánicas.

Con la inversión de datos de "Anomalía de Bouguer" integrados con otros datos geológicos y geofísicos previos y ensamblados sobre una porción del sur del Golfo de México, se calculó la Zona Transicional Océano Continente del sur de Veracruz y oeste de Tabasco. Se definieron otros rasgos tectonofísicos asociados a la cinemática en la margen continental de la parte superior de dos o más subplacas. El Macizo alto de Veracruz (mal interpretado Macizo de Golfo) delimita en contra del continente en yuxtaposición con la subplaca oceánica del Golfo que ocupa el espacio desalojado por la salida entre otros, del bloque de Yucatán del interior del Golfo. Si el "Macizo del Golfo" alguna vez existió, éste fue la subplaca continental de Yucatán elevada, la cual aportó detritos al oeste por su desgaste a su paso frente a la Cuenca de Veracruz.

Palabras clave: Macizo Oceánico; zócalos, subplacas y cortezas continentales y oceánicas; estructuras petrolíferas profundas.

ABSTRACT

The inferences of the geological history of the sedimentary basins in Mexico have been limited by the paradigm of basements which are at the access levels where borehole capacity allows to reach, to oil drilling systems. However, mapping and relief itself, of oceanic and continental basements complex convey and additional history: they explain the troughs and holes for the sedimentary fill, as a result of kinematics, fracture and deformation of crustal blocks on top of oceanic and continental plates.

With the inverted "Bouguer Anomaly" data, integrated with other previous geological and geophysical data, and its assembling on a southern portion of the Gulf of Mexico, the Ocean-Continent Transitional Zone was computed in marine surroundings of Veracruz-Tabasco States. In the region other tectonophysical features associated to the continental margin kinematics in a crustal scale of the top of two or more subplates, are discussed. The high "Macizo de Veracruz" (for Veracruz Massif, *i.e.* misinterpreted "Macizo del Golfo") bounds in juxtaposition against the continent, the Gulf oceanic

1. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-Facultad de
Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México.
Apartado Postal 70-305, México 04510 D.F.
E-mail: sandoval@mar.icmyl.unam.mx.

2. Subdirección de Exploración y Producción, Instituto
Mexicano del Petróleo Eje Central Lazaro Cárdenas 152,
México 07730, D.F.

subplate which occupies the dislodged space that the Yucatan Continental subplate and others, left in the Gulf's interior. If the "Macizo del Golfo" ever existed, this was the Yucatan continental plate, which above sea level eroded and supplied detrital deposits to the west when passing next to Veracruz Basin.

Palabras clave: Oceanic Massif; Continental and oceanic: zocles, subplates and crusts; deep hidrocarbon structures.

Introducción

Uno de los problemas fundamentales de la geología del Golfo de México ha sido el papel que juega el basamento, o sea, el complejo basal en los términos generales en los que lo define Quezadas (1961), constituido por rocas ígneas y metamórficas sin especificar edad. El término "basamento" en este trabajo se atribuye además, al concepto de basamento de contraste tectonofísico y geofísico, esto es, de contraste de propiedades sísmicas, gravimétricas, magnetométricas y de superficies del relieve, así como en términos globales al zócalo, donde descansan las secuencias de rocas sedimentarias en paquete. En ciertas localidades alrededor del Golfo de México no se ha alcanzado el basamento con la perforación, pero con frecuencia muchos investigadores han interpretado fracturamientos y la presencia de rocas evaporíticas y terrígenas clásticas suprayacentes a éste, también deformadas y falladas, donde incluso se ha originado un aparente alineamiento de domos y acumulaciones salinas anticlinales; la movilidad de la sal y evaporitas han jugado un papel importante en los depósitos sedimentarios y también otros factores tales como un gradiente de presión de roca y de, esfuerzos tangenciales, han causado deformaciones bien definidas, en la mayoría de las ocasiones con alguna relación acusada del "basamento".

Cuando se trata de buscar la explicación de la relación, basamento-sedimento, el problema de la morfología puede resolverse con métodos morfométricos, ya que, por regla general, la morfología es la expresión de lo que ha sucedido y sucede en el interior (Gutiérrez *et al.*, 1998). Los problemas de la tectónica salina, deberán resolverse contemplando los sistemas de rocas encajonantes y su cinemática, y los de los basamentos mediante el conocimiento de su evolución geodinámica.

Pues bien, estas condiciones basales se han venido proponiendo para las cuencas petrolíferas de la planicie costera de los estados de Tamaulipas y Veracruz, tan solo para explicar las estructuras geológicas cuavertales y estratigráficas propicias para la acumulación de hidrocarburos (Fig. 1). Sin embargo, el zócalo continental no ha registrado toda la historia

tectonofísica de la corteza terrestre de esa zona transicional del E del Continente Mexicano, al cuasi océano del Golfo de México, pero si una importante de lo ocurrido. Esos basamentos han sido bien evaluados aunque interpretativos, de acuerdo con Quezadas (1961) y Sawyer *et al.*, (1991) son configuraciones elaboradas con la perforación, la sismoestratigrafía, correlaciones de la geología del subsuelo y con los métodos geofísicos; sin embargo, en ocasiones se han explicado los comportamientos de las estructuras sedimentarias, pero no de las expresiones, en si mismas de las cuencas vacías o fosas. Siendo que estos basamentos, si bien gobiernan o controlan la distribución de los paquetes sedimentarios, a su vez, también acusan el comportamiento tectonofísico de las rocas infrayacentes de los zócalos continentales y oceánicos; la historia se complementa con el conocimiento de las partes de la corteza deformada y fracturada de sus placas (Fig. 2).

Metodología

Para la región estudiada (Fig. 3) se integraron los datos geológicos y geofísicos del S y W Golfo de México y la margen continental aledaña: Proyecto CICAR (Cooperative Investigations in Caribbean and Adjacent Regions, Mayo, 1970). Principalmente de las Fases 1 y 2, del Proyecto IDOE (International Decade of Oceanographic Exploration) 1971, a bordo del USRV *Ida Green*, en la Porción Sur del Golfo de México, cuyos datos de Anomalía de Bouguer Simple, fueron corregidos para convertirlos en una "Anomalía de Bouguer", con esta expresión se ensamblaron los datos de la porción continental oriente de la Carta Gravimétrica Mexicana y material de trabajo de Woolard y Monges, (1956). Se hizo la inversión de los datos a partir de la "Anomalía de Bouguer" y no de la Anomalía de Aire Libre por haber un mejor ensamblamiento de anomalías de mar con tierra. No obstante de que la típica Anomalía de Aire Libre marina ofrece mejores ventajas al evaluar sus anomalías en los océanos, no fue éste el caso, por el carácter continental de la Plataforma Continental y bajo ésta el gran espesor de rocas corticales en transición a una corteza cuasi-oceánica por el alto contenido de

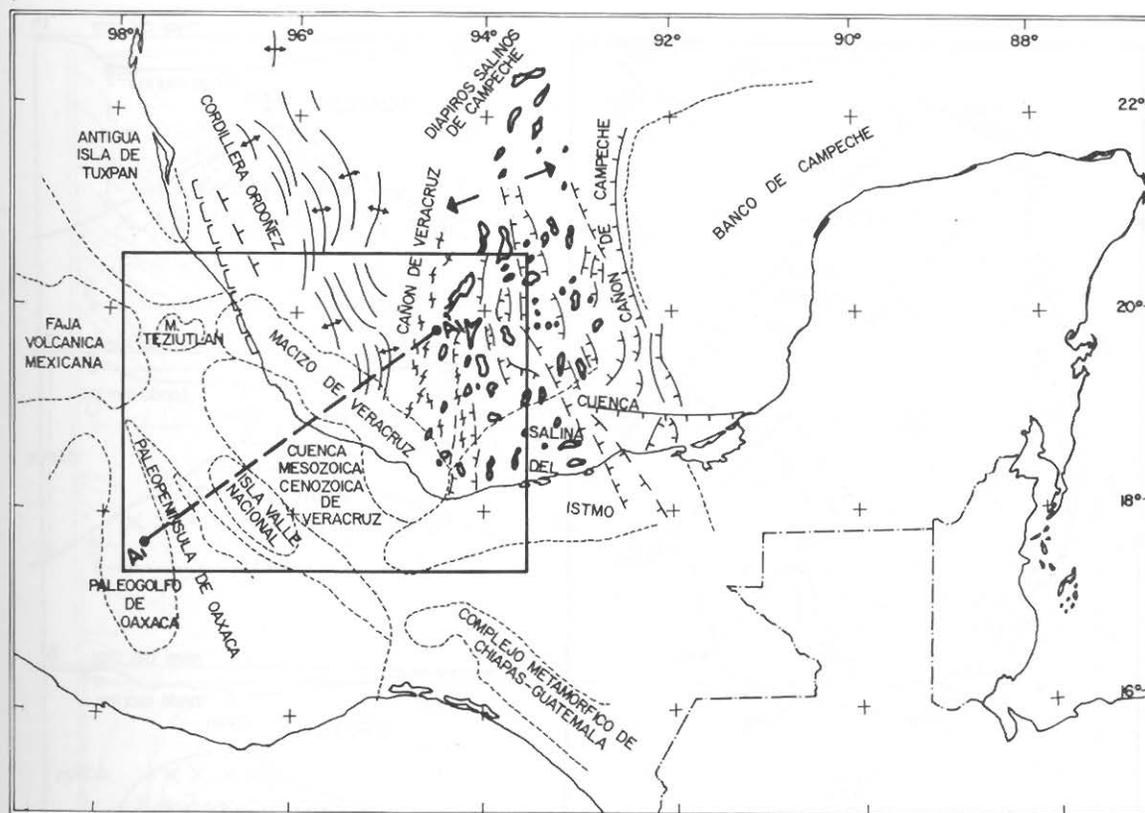


Figura 1. Plano de Localización del Área Estudiada en el recuadro, y de la distribución de Provincias Paleotectónicas del Mesozoico y Cenozoico.

sedimentos; así los criterios, análisis y modelado de interpretación han permitido identificar la continuidad hacia el S de los basamentos de la Cuenca Tampico-Misantla, recapitulados por Quezadas (1961), los cuales coronan, junto con los paquetes sedimentarios de las distintas provincias paleotectónicas del Mesozoico y Cenozoico, a una raíz cortical común perteneciente a la Placa de Norteamérica con varios eventos tectónicos registrados en su historia geológica. No obstante, esta raíz cortical continental que aparentemente es continua, que viene desde el N y W, es decir, como las unidades paleotectónicas "altas" asociadas de: Península de Tamaulipas, Isla Miquihuana, Isla Valles, Macizo de Teziutlán quizás la antigua Isla Valle Nacional y Península de Oaxaca; se conectan a profundidad mayor a la basal para definir con carácter regional un solo cuerpo de corteza continental, la cual forma parte de la placa y está en yuxtaposición con la corteza oceánica solidificada del Golfo de México en Veracruz. Ahí, se presenta una drástica discontinuidad tectonofísica

interpretada como la zona transicional océano-continente, en el sentido lateral hacia el Golfo por debajo de los bloques del Zócalo Continental ésta, como una superficie de yuxtaposición aparenta un alabeamiento hacia la horizontal para colocar al Manto debajo de la Placa de Norteamérica.

Zona de transición océano-continente

Esta discontinuidad, de acuerdo al modelado, separa a la fosa que contiene a la Cuenca de Veracruz, de la corteza oceánica del Golfo de México.

Por el lado del Golfo se tienen tres cúspides solevantadas de rocas de alta densidad (hipabisales) que tienen una misma raíz en una apófisis solidificada del Manto Superior (Fig. 4), que se aproximó a la superficie durante la apertura del Golfo de México (Sandoval, 1975) y/o fue impulsada a través de un aparente centro de dispersión localizado en la Sonda de Campeche (Aguayo *et al.*, 1987 y 1991). Las tres

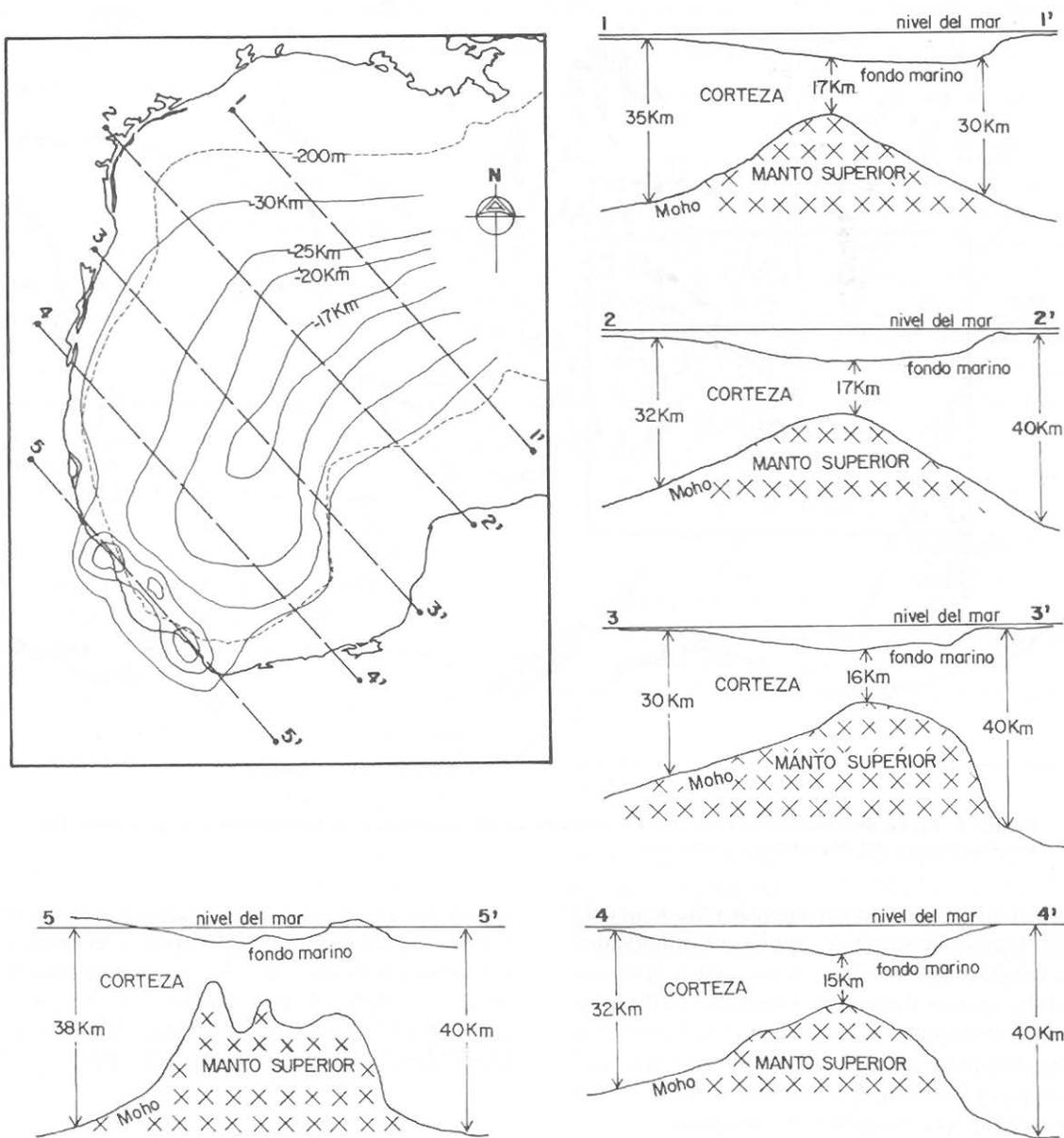


Figura 2. Esquema de curvas de nivel estructurales de la Cima o Cierre del Manto Superior y localización de cortes transversales NW-SE, 1 a 5, de la Corteza y el Manto.

cúspides unidas en una misma raíz corresponden a la estructura anticliforme elevada del Plan de Las Hayas en su parte NW, el cuerpo soleado al SE, que sustenta la región de los Tuxtlas y, la tercera cúspide aunque más pequeña en el justo medio soterrado a profundidad somera, bajo la Plataforma a 50 km de distancia, frente al Puerto de Veracruz. La ladera o flanco SW, de las tres cúspides ha actuado como un paramento de contrafuerte que cae con un echado suficiente para retener

el bloque de corteza continental, cuyo zócalo sustenta a la Cuenca Mesozoica de Veracruz, (Figs. 5a y 5b), por lo tanto el cuestionable Macizo del Golfo tampoco arrojó detritos hacia el SW, a sea, a la Cuenca de Veracruz de la corteza continental, suponiendo proveniencias sedimentarias del "Macizo". Los sedimentos buzantes hacia el continente es decir hacia el SW, bascularon y se deformaron dos por el descenso isostático de la columna geológica de la Cuenca de

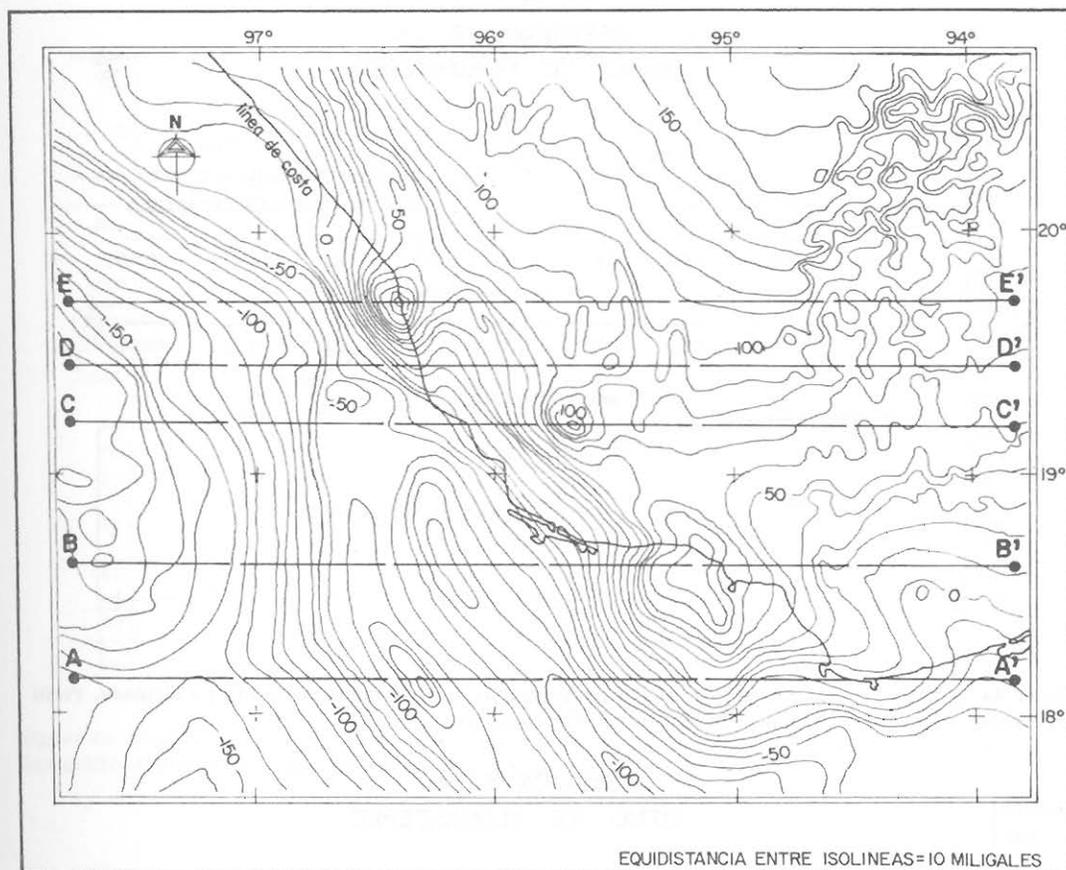


Figura 3. Plano de "Anomalía de Bouguer" y localización de las Secciones Verticales de inversión de datos gravimétricos, AA', BB', CC', DD' y EE'.

Veracruz y asimismo, por efectos del empuje por compresión de los estratos superiores en un proceso de acunamiento encajonado por las dos subplacas en la zona transicional (Figs. 5a y 5b).

La terna de los macizos elevados de Plan de Las Hayas a los Tuxtlas forman la parte superior de una subplaca oceánica que, aunque su posición y geometría sugiere una subducción anunciada por otros, ésta nunca ocurrió, debido al alejamiento de la Plataforma de Yucatán hacia el Sur y al emplazamiento solevantado del Manto.

Morfología del basamento y geodinámica actual

Una vista tridimensional de la zona de transición océano-continente elaborada con los cinco perfiles seriados

(Figs. 4a-4e), de la inversión de datos gravimétricos y de otros datos cruzados, ilustra que el arreglo del zócalo continental y oceánico se yuxtapone para definir en la actualidad una margen continental pasiva en contraste con la corteza oceánica del Golfo, mediante el masivo estructural alto que en conjunto están en franca tendencia al equilibrio isostático. (*i.e.*, compensación isostática), (Fig. 5a).

Aunque en términos globales relativos de la parte transicional océano-continente en el marco tectónico general del sistema del Golfo de México, el Altiplano Mexicano continúa en ascenso isostático con el atraso, por ascenso más lento, de las regiones abisales del fondo profundo del Golfo, (Sandoval *et al.*, 1977). Este proceso en el área estudiada, explica el basculamiento relativo de propensión hacia el Golfo, quizás con efectos tensionales. (Fig. 5b).

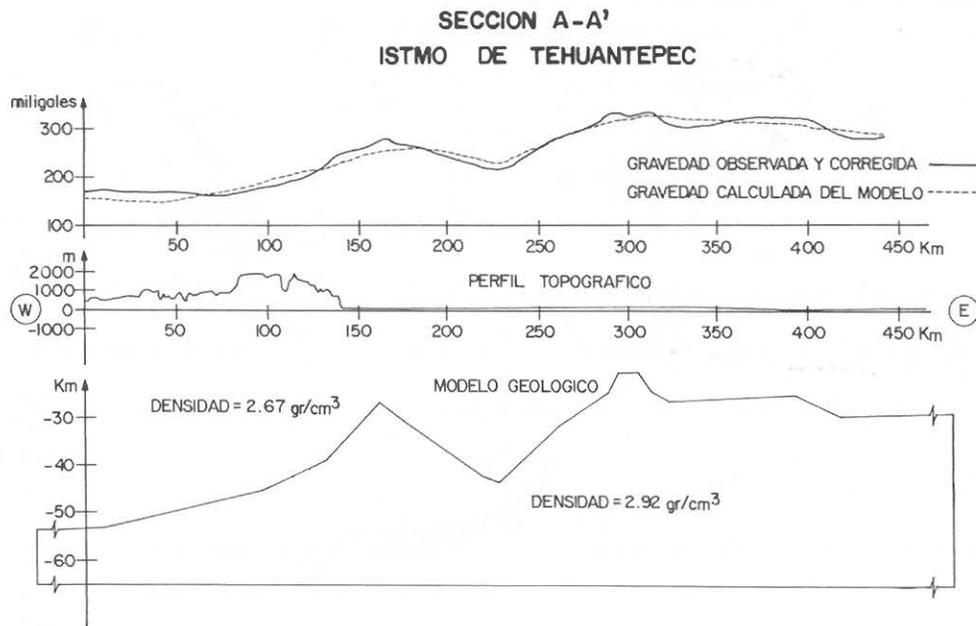


Figura 4a. Sección Vertical AA' superposición de Anomalías de Gravedad Observada y Calculada, Perfil Topográfico-Batimétrico, y Modelo Bidimensional Gravimétrico.

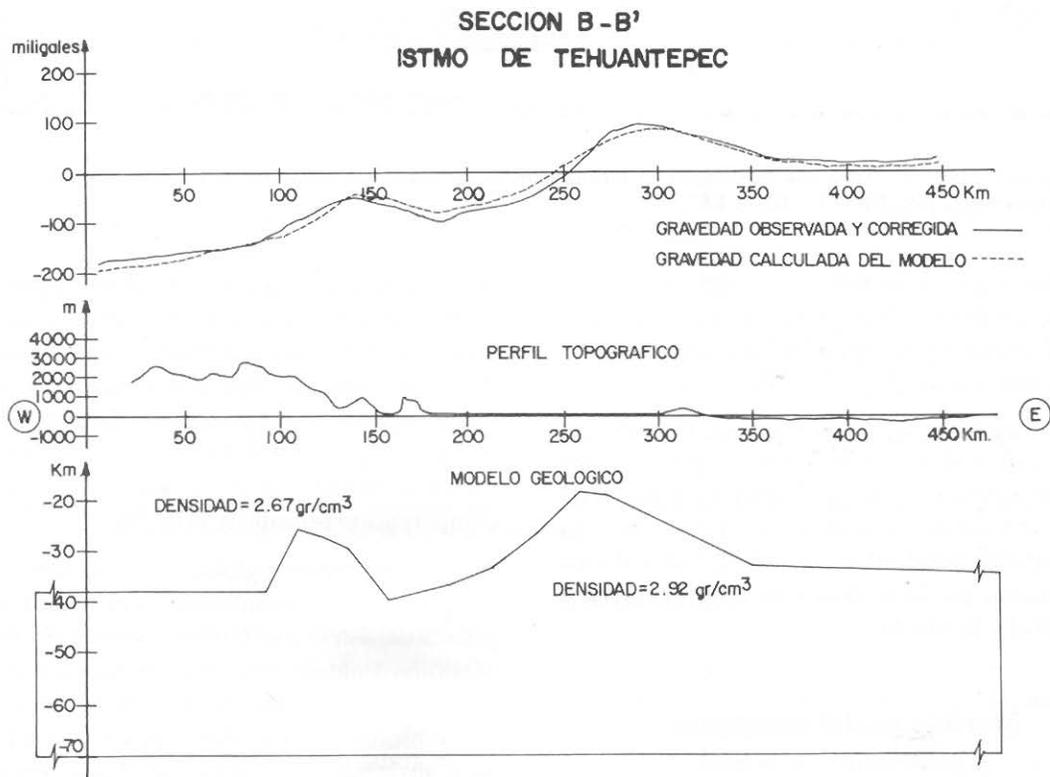


Figura 4b. Sección Vertical BB' superposición de Anomalías de Gravedad Observada y Calculada, Perfil Topográfico-Batimétrico, y Modelo Bidimensional Gravimétrico.

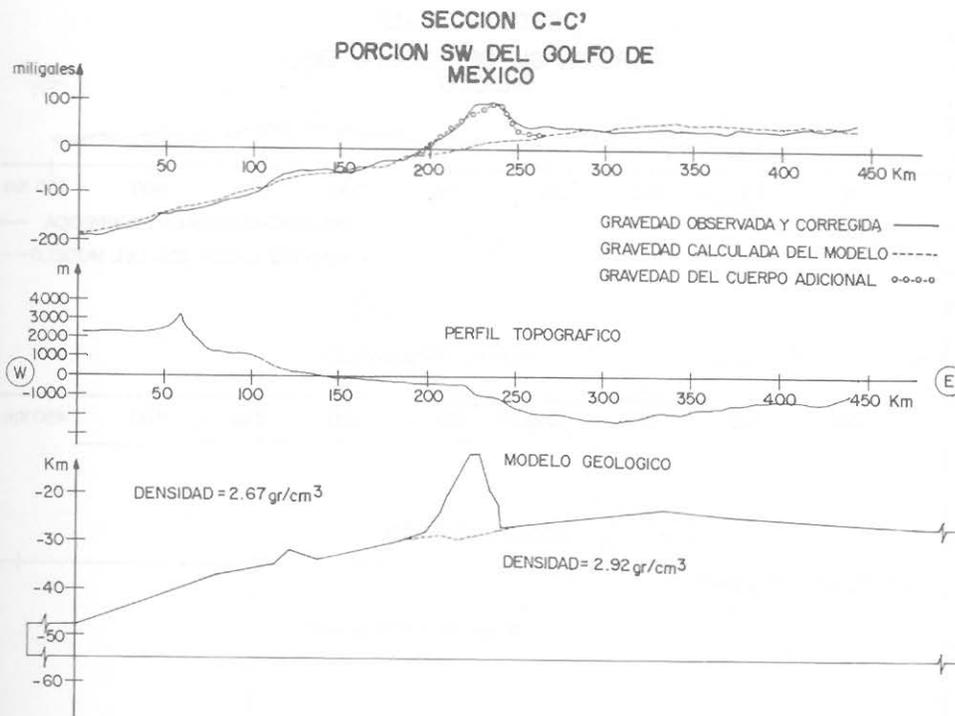


Figura 4c. Sección Vertical CC' superposición de Anomalías de Gravedad Observada y Calculada, Perfil Topográfico-Batimétrico, y Modelo Bidimensional Gravimétrico.

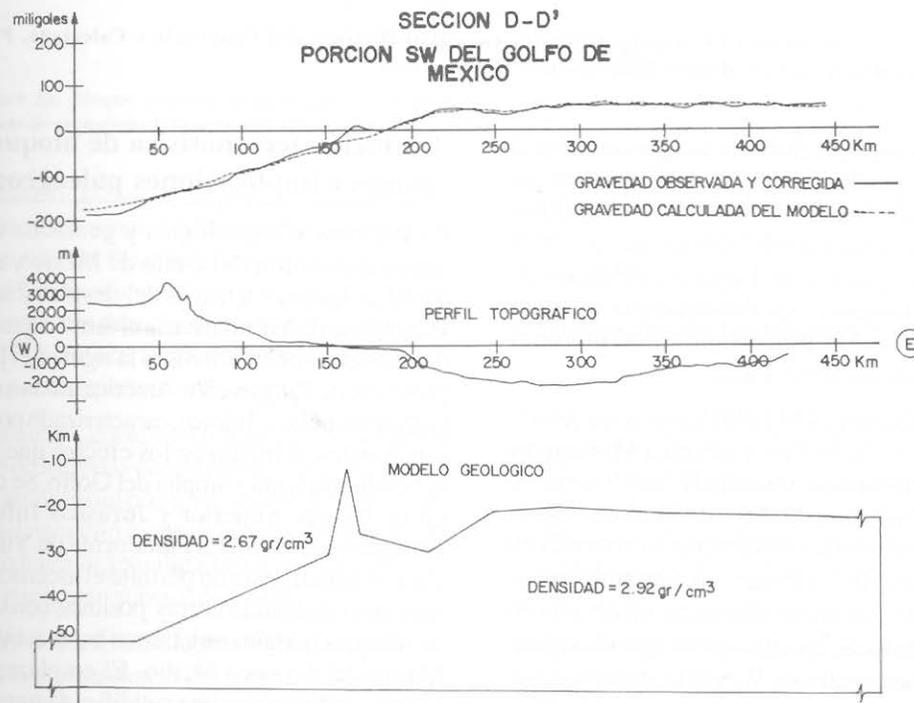


Figura 4d. Sección Vertical DD' superposición de Anomalías de Gravedad Observada y Calculada, Perfil Topográfico-Batimétrico, y Modelo Bidimensional Gravimétrico.

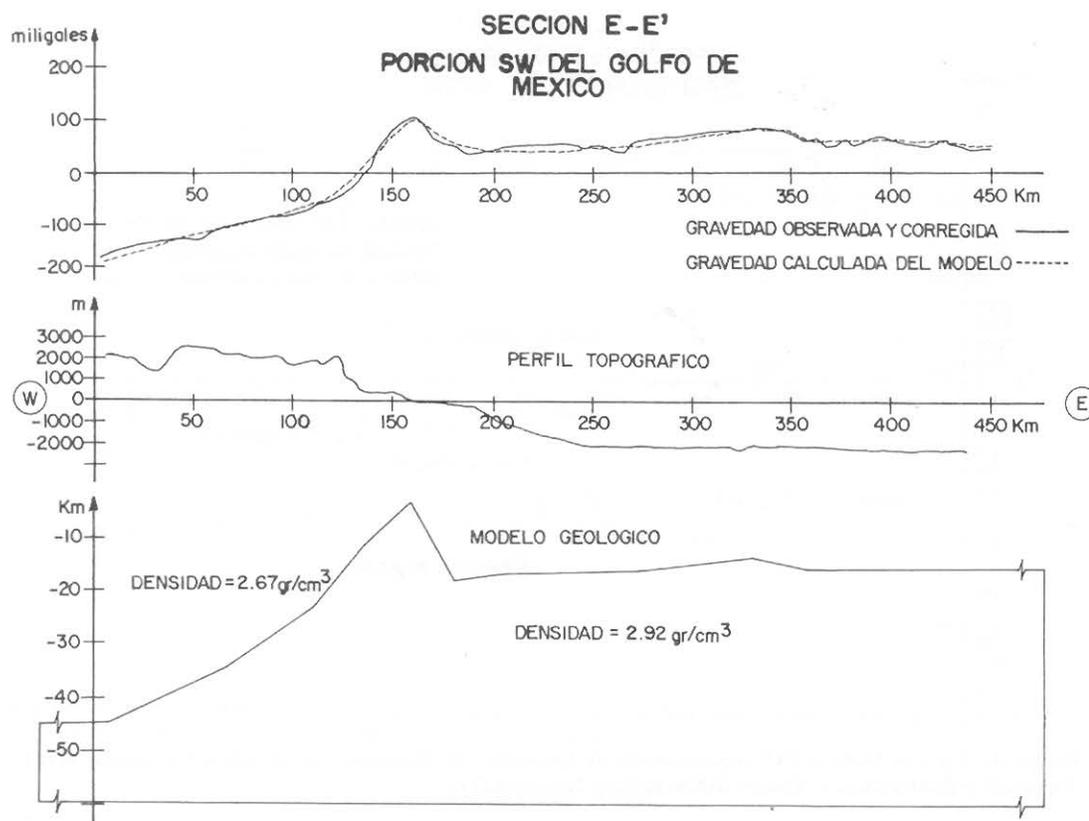


Figura 4e. Sección Vertical EE' superposición de Anomalías de Gravedad Observada y Calculada, Perfil Topográfico-Batimétrico, y Modelo Bidimensional Gravimétrico.

Hacia el NW del área estudiada, la margen continental aparentemente, prolonga la zona transicional con la misma dirección mediante una discontinuidad asociada a la gran falla normal submarina, que en el oriente de la Antigua Isla de Tuxpan y del Macizo de Teziutlán, buza hacia el Golfo donde la cima del Manto, bajo el bloque caído, está más profunda que en el Macizo de Veracruz. (Figs. 1 y 2).

Moore y Del Castillo (1974 y 1991), han considerado un desplazamiento de la Faja Volcánica Mexicana y la cadena de volcanes centroamericanos mediante tres supuestos volcanes del fondo marino bajo la plataforma continental de Veracruz y otros más en Oaxaca-Chiapas. Sin embargo, en este trabajo, sin descartar la ocurrencia de vulcanismo en el entorno de la región estudiada, las estructuras aquí identificadas como el Macizo alto de Veracruz, se consideran ajenas, en tiempo y en espacio rocoso, a la Faja Volcánica Mexicana y a la cadena volcánica centroamericana.

Evolución tectonoofísica de bloques sobre placas e implicaciones paleogeográficas

La información geológica y geofísica integrada, apoya definición del Golfo de México, a partir del Triásico-Jurásico a través del desplazamiento de la Plataforma de Yucatán hacia el Sur. La geocronología de estos eventos en síntesis es la siguiente: Paleozoico, presencia de Pangaea, Sur América unida a esa porción de Norteamérica. Triásico, caracterizado por esfuerzos tensionales se iniciaron los efectos que originaron la hendidura lenta y amplia del Golfo. Se define este, en el Triásico Superior y Jurásico Inferior (*i.e.*, Rhaetico-Liassico). La Plataforma de Yucatán cerca y por su actual posición permite el ascenso del Manto Superior originando tierras positivas con la elevación de bloques marginales y tierras bajas activadas por el Manto del Jurásico Medio. El emplazamiento del Manto configuró la cima solidificada para construir la Corteza Oceánica que hoy conocemos, con afinidad ofiolítica, (Figs. 2 y 5b).

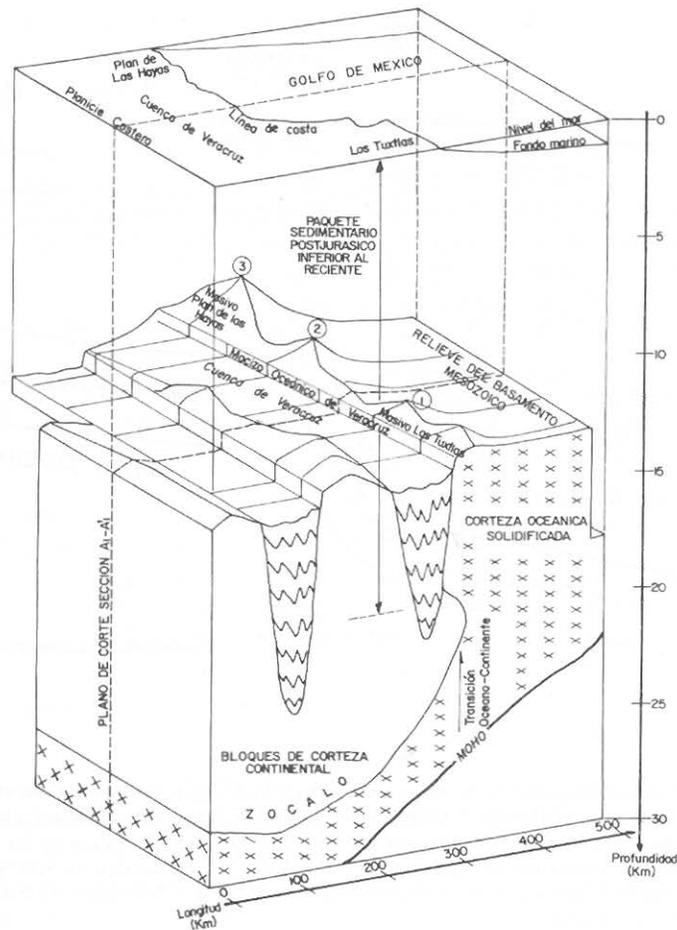


Figura 5a. Bloque isométrico diagramático de Perfiles Seriatos (3D) de las cinco Secciones Verticales Computadas. Se muestra el Relieve del Basamento Calculado y el Plano de Corte Vertical NE-SW.

En el Jurásico Medio y Superior (Oxfordiano-Kimeridgiano), las acumulaciones salinas se originaron con la elevación del Manto y el cierre de la cuenca en el Este del Golfo con un alto estructural del Manto antiguo, localizado entre las Plataformas de Yucatán y Florida, (Lat. 25° a 27°N y 84° a 86°W, Comínguez *et al.*, 1977), por compensación isostática.

En el Cretácico y Cenozoico las transgresiones marinas en el Golfo de México y el continente mexicano, fueron sucesivas; asimismo el posterior aporte de sedimentos clásticos del neógeno hacia el interior del Golfo han continuado hasta la actualidad haciéndolo funcionar como una cuenca en subsidencia potencial.

De acuerdo a la evolución del Golfo de México, se manifiesta la concordancia del rompimiento cortical con la presencia de la sal, siendo ésta más antigua en el N del Golfo y su ocurrencia posterior desde el sur, Triásico Superior-Cretácico Inferior, estos mantos

salinos coinciden con las con regiones petrolíferas del Golfo, de manera ubicua.

Discusión de resultados y conclusiones

Con los datos gravimétricos de Anomalías de Bouguer de mar y tierra, ensamblados para las regiones S y W del Golfo de México y con apoyo de la información geológica se postulan las siguientes interpretaciones para las estructuras mayores y para la cinemática de la porción estudiada, así como el marco tectónico a ambos lados de la Zona Transicional Océano-Continente.

El espesor de la corteza continental en el NW del Istmo de Tehuantepec, se observa con un incremento del espesor hacia el Sur, con un ligero adelgazamiento hacia el Norte bajo la Paleopenínsula de Oaxaca al N de Tehuacán, Puebla y hacia la Faja Volcánica Mexicana.

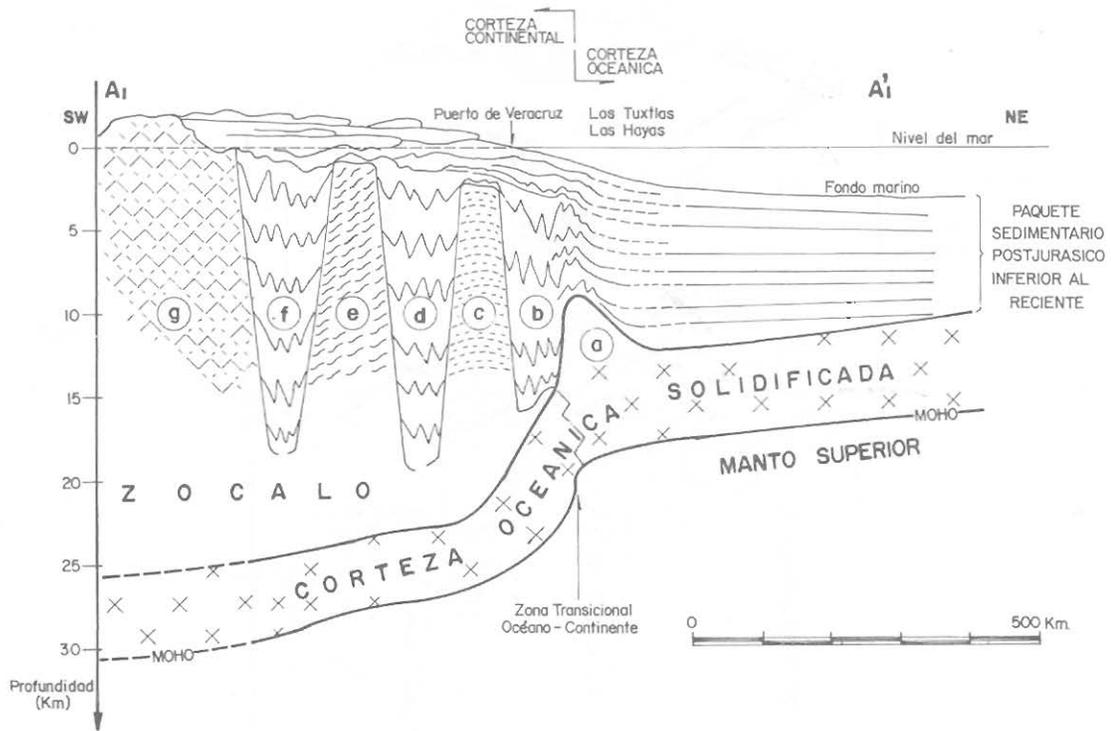


Figura 5b. Sección Vertical Regional A, A' esquematizada de la Margen Continental en el Área Estudiada y que ilustra la Zona Transicional Océano-Contiente NE SW y las Provincias Paleotectónicas asociadas en el SW del Golfo de México: (a) Macizo Océánico alto de Veracruz, Los Tuxtles a Plan de las Hayas; (b) Cuenca Mesozoica-Cenozoica de Veracruz; (c) Antigua Isla del Valle Nacional, bajo la Sierra Madre Oriental; (d) Cuenca del Geosinclinal Mexicano; (e) Paleopenínsula de Oaxaca o Tehuacán; (f) Paleogolfo de Oaxaca; (g) Macizo de Guerrero-Oaxaca.

La Faja Volcánica Mexicana (FVM) considerándose como una zona antigua de debilidad, determina en su extremo oriental su terminación en el borde de corteza continental, donde existe un cambio de espesor en ésta, que disminuye hacia el Golfo bajo la Provincia de la Cuenca Mesozoica de Veracruz, así la Faja asoma su límite con el vulcanismo asociado al Macizo de Teziutlán; ahí termina el continente y con éste la Faja Volcánica Mexicana, el mal interpretado "Macizo del Golfo" pertenece a otra provincia más antigua y con otra historia geológica, y aquí se propone como "Macizo de Veracruz". Asimismo, se propone que el concepto de Macizo se haga extensivo a un macizo oceánico arraigado a la corteza oceánica, para denominar a los cuerpos masivos solidificados solevantados desde el Manto Superior, soterrados tanto como de exposición submarina como subaérea y que se coronan con rocas de afinidad con un complejo ofiolítico; por ejemplo, los macizos de las Penínsulas de Nicoya y Osa en Costa Rica y presumiblemente en el continente sur de México. Entoces el "Macizo del del Golfo" sería entonces el Macizo Océánico Alto de Veracruz.

Se ha considerado también que la Faja Volcánica Mexicana en su porción oriental, en la área estudiada, no es tan amplia ni tan profunda como lo hace interpretado por criterios de la geología superficial con base a extrusivos ígneos. La faja tampoco se extiende más allá de la línea de costa según la evidencia de los datos gravimétricos invertidos en el modelo para una estructura densa, soterrada y solidificada como la que se atribuye a la corteza oceánica del Golfo, en el Macizo Océánico Alto de Veracruz y, por tanto, éste es ajeno a la Faja Volcánica Mexicana y a otro presunto arco volcánico de Oaxaca, Chiapas o Guatemala.

En la porción Sur del Golfo de México las anomalías gravimétricas de la Sonda de Campeche que más destacan son, en su conjunto, un máximo de longitud de onda grande acompañado de una superposición de pequeños mínimos relativos; constituyendo el reflejo de una estructura profunda de fuerte contraste de densidad en exceso (*i.e.*, $d = 0.25 \text{ gr/cm}^3$) y sobre ésta una distribución casi ordenada de promontorios con baja densidad, definiéndose claramente los domos

sepultados con posibilidades económicas de hidrocarburos, azufre y sal, semejantes a las de la Cuenca Salina del Istmo, los cuales se detectan en el oriente de la región estudiada por las relaciones tectónicas y que, asimismo, fuera del área estudiada se asocia a zonas de alta inestabilidad tectónica de esfuerzos transtensionales, en la Sonda submarina de Campeche (Aguayo *et al.*, 1987, 1991 y 1998 y Comínguez 1977).

El límite NE de la Cuenca Mesozoica de Veracruz queda bien definido en términos relativos a los altos gravimétricos del Macizo Oceánico Alto de Veracruz bordeados, aquí, por la Zona de Transición Océano-Continente la cual independiza al supuesto "Macizo del Golfo" desde el Plan de las Hayas, la estructura intermedia hasta el Macizo de los Tuxtlas; fuera de la Corteza Continental. Si el Macizo de Veracruz fuera una cadena de volcanes sepultados sobre un eje de orientación distinta al de la FVM y al de los volcanes centroamericanos, habría que probar un desplazamiento de tales ejes discontinuos en términos de cortezas y placas continentales y oceánicas, asimismo, en condiciones coetáneas.

Detrás del Macizo de Veracruz, aún bajo la Plataforma Continental éste cierra sus contornos estructurales de los tres altos, así como sus líneas isodinámicas de gravedad (Figs. 3 y 5), se cierran delimitando en su flanco NE el Macizo anómalo, perteneciente ya, a la Corteza Oceánica del Golfo de México.

Así entonces, el supuesto "Macizo del Golfo" si es que preserva su nombre, quedará representado por los tres altos estructurales-gravimétricos que, como un solo cuerpo de raíz común, ostentarán un frente protuberante de la corteza oceánica sólida del SW del Golfo con tres cúspides que delimitan a la margen continental de Veracruz. Por otro lado, si el "nuevo" Macizo de Veracruz, previo a la FVM aparentemente nunca aportó sedimentos hacia el W, no obstante que la Cuenca Mesozoica-Cenozoica de Veracruz presenta echados caídos en esa dirección a causa de su asentamiento isostático en la Cuenca, aún así, dentro de la parte mesozoica de la Cuenca, a partir de la fase deposicional del Jurásico Medio, ésta fue capturada por el Geosinclinal del Golfo con depósitos más distales hacia el protogolfo, iniciando por el sur del Plan de las Hayas. Es decir, la cubeta de la Cuenca de Veracruz fue azolvada y rebosada para el Jurásico Medio y conectada geográficamente al mar abierto; la Cuenca fue rebasada y la parte de la columna de esa época al Reciente, continuó con el relleno desbor-

dando los depocentros de terrígenos y biógenos hacia el Golfo profundo en un proceso de acreción y progradación regional relativamente amplio y continuo. Asimismo, ha estado siempre en la búsqueda de la compensación isostática hasta hoy en día (Figs. 1 y 5b). Esta conclusión hipotética, se ha planteado en base a la síntesis de relaciones de las provincias paleotectónicas de la región con los datos disponibles de la Sismoestratigrafía (CICAR) y gravimetría en el Modelo que aquí se propone. Se puede concluir que, ese proceso de acrecentamiento deposicional en acreciones y progradaciones en un Modelo semejante en la margen continental pasiva, explicaría la geodinámica de construcción de las Plataformas y Taludes Continentales y sus Planicies Costeras del W y S del Golfo de México.

En esa evolución geodinámica el acrecentamiento continental ha tenido efecto en la historia geológica del Golfo, y simultáneamente se han presentado otros procesos interactuantes que, como factores de influencia o de control, no se pueden descartar, y son los procesos niveladores y equilibradores tales como: geológico-isostáticos, oceanográficos-hidrodinámicos, climáticos y atmosféricos.

Algunos detalles no han podido ser explicados con éste modelo, sin embargo hace falta integrar más información geológica y geofísica a mayor profundidad para interpretar las grandes estructuras a escala de subplacas y cortezas; por ejemplo, el entendimiento en su transición del Golfo de México al Océano Pacífico, de la complejidad del Istmo de Tehuantepec, la explicación de las Fallas de Salina Cruz, Xicalango, El Cañón de Veracruz, la presencia de la Paleopenínsula de Oaxaca y los Macizos de la Mixteca, las secuencias ofiolíticas desmembradas, así como la terminación continental de la Placa Norteamericana en su extremo más meridional, lo cual como una de las conclusiones en este estudio se encontraría en la Zona del Istmo de Tehuantepec, y asimismo, el probable inicio de la Placa del Caribe, en el Istmo. Estos problemas serán estudiados en un futuro inmediato y se resolverán con los datos asequibles y, con la aplicación del estado del arte en las técnicas de procesamiento profundo de líneas acústicas disponibles de la industria de exploración petrolera para el análisis de la sismoestratigrafía de estructuras ubicadas hasta 9 segundos de tiempo de viaje doble de onda sísmica a partir de evidencias de la Sísmica de Reflexión Continua en perfiles a profundidad, lo cual en aplicación petrolera en nuestro país, no tiene precedentes.

Literatura citada

Aguayo-Camargo, J.E. y S. Marín-Córdova, 1987. Origen y evolución de los rasgos morfotectónicos postcretácicos de México. *Bol. Soc. Geol. Mex. Tomo XLVIII, No. 2.* pp. 15-39.

Aguayo-Camargo, J.E. y A. Carranza E., 1991. Carta Geología Marina. IV.9.5, Oceanografía. Serie Naturaleza, Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Aguayo-Camargo, J.E., M. A. Gutiérrez-Estrada, J. Araujo Mendieta, J. H. Sandoval-Ochoa y F. Vázquez-Gutiérrez, 1998. Geodinámica Holocénica y Reciente del sistema deltáico Grijalva-Usumacinta, Suroeste del Golfo de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat., 49:*29-44.

Byerly, Gary, R., 1991. *Igneous Activity.* Chapter 6 pp. 91-108. *The Geology of North America, Vol. J. The Gulf of Mexico Basin.* The Geol. Soc. of Am. in Salvador, A., ed. Boulder Colorado, USA.

Comínguez, A.H., J.H. Sandoval Ochoa y L. Del Castillo G., 1977. Aporte Gravimétrico en el Modelado Regional del Golfo de México. *Bol. Asoc. Mex. Geofis. de Explor., 18:* 57-82.

Gutiérrez-Estrada, M., J.E. Aguayo-Camargo, F. Vázquez-Gutiérrez y J.H. Sandoval-Ochoa, 1998. *Morphology and Surface Sediments, Continental Shelf Off Tabasco and Campeche, Mexico.* 4th. Pacific Ocean Remote Sensing Conference. Session PORSEC, Qingdao, China, July 28-31. Scientific Article in Memory.

Moore, G. W. and L. Del Castillo G., 1974. *Tectonic Evolution of the Southern Gulf of Mexico.* *Geol. Soc. of Am. Bull., 85:*607-618, 19 figs.

Quezadas Flores, A.G., 1961. Las rocas del Basamento de la Cuenca Tampico-Misantla. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet., 13:*(9-10), 289-323.

Sandoval Ochoa, J.H., A.H. Comínguez G. y Luis Del Castillo G., 1974. *Tectonofísica en el E y S del Continente Mexicano.* Interpretación preliminar. Presentado en la Reunión (1974) de la Unión Geofísica Mexicana, México D.F. nov. 4-8, 1974.

Sandoval Ochoa, J.H., 1975. *Anomalías Geofísicas y su Relación con la Tectónica de la Porción Sur del Golfo de México,* Tesis de Maestría en Ciencias (Geofísica), Depto. de Física, Facultad de Ciencias, UNAM., 87 pp.

Sandoval Ochoa, J.H., A.H. Comínguez G. y L. Del Castillo G., 1977. *Modelo Geodinámico de la Estructura del Golfo de México.* *Rev. Anales del Instituto de Geofísica, UNAM. Vol.22-23,* pp. 153-165. Resumen previo en la Reunión Anual (1976) de la Unión Geofísica mexicana, 9-12 nov. 1976, San Luis Potosí, S.L.P. México

Sawyer, D.S., R.T. Buffler and R.H. Pilger, Jr., 1991. *The Crust under the Gulf of México Basin.* Chapter 4, *The Geology of North America, Vol. J,* pp. 53-72. *The Gulf of México Basin.* The Geol. Soc. of Am. In Salvador, A. ed. Boulder Colorado, USA.

Woolard, G. P. y J. Monges C., 1956. Gravedad, Geología Regional y Estructura Cortical en México. *Anales del Instituto de Geofísica, UNAM, Vol. II.* pp. 60-112. México. y material de trabajo geofísico alusivo, del Instituto (1956-1976).