

2 Ej. No. 31



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

LA TECTONICA DE PLACAS EN EL NOROESTE
DE MEXICO



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

T E S I S

Que Para Obtener el Título de
LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P r e s e n t a :

RAFAEL RODRIGUEZ GONZALEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE DE MAPAS Y FIGURAS.

1. Etapas fundamentales de la Historia de la Tierra.
2. La Deriva Continental
3. Puentes Continentales.
4. Góndwana, según Wegener.
5. Distribución de las glaciaciones de fines del carbonífero en Gondwana.
6. Distribución de fósiles, en tierras afines.
7. Corte esquemático de la corteza terrestre.
8. Mapa finográfico del fondo marino.
9. Principales unidades topográficas de las cuencas oceánicas y las zonas adyacentes a los continentes.
10. Cordillera submarina del Atlántico.
11. Secuencia de la separación de dos continentes y creación entre ellos de un océano.
12. Formación del Océano Atlántico.
13. Las seis grandes placas tectónicas.
14. Zonas de extensión y subducción entre las placas.
15. Límite de las placas tectónicas.
16. Mapa del Mar de Cortés.
17. Situación del Golfo.
18. Mapa Geológico.
19. Mapa Climático
20. Perfiles Batimétricos del Golfo de California.
21. Mapa batimétrico del Golfo de California.

22. P rfiles transversales de los cañones submarinos que se localizan en la sección sur del golfo de California.
23. Zona de epicentros y fallas entre las placas Pacífica y Norteamérica.
24. Mapa Tectónico regional de México.
25. Mapa de franjas magnéticas de la costa Pacífica del Norte de América.
26. Formación del golfo de California.
27. Rompimiento de la corteza terrestre.
28. La formación de la falla de San Andrés y su relación con el origen del golfo de California.
29. Mapa de fallas y centros de expansión.
30. Desplazamiento pen nsular.

I N D I C E

	Pág.
Introducción	6
Cap.I Antecedentes Históricos	9
Cap.II La teoría de la Deriva Continental	16
Cap.III Expansión del fondo marino y tectónica de placas	27
1. Estructura interna de la Tierra	27
2. Relieve oceánico	32
3. Campo magnético	36
4. La tectónica de placas	41
Cap.IV Aspectos generales del Golfo de California.	45
1. Expediciones	45
2. Situación	48
3. Morfología terrestre	50
4. Climas y mareas	55
5. Batimetría	58
6. Sistema de fallas	64
Cap.V Formación del golfo de California	67
1. Origen	68
2. Verificación	77
Conclusiones	80
Bibliografía	84

I N T R O D U C C I O N

Desde épocas pretéritas, algunos hombres perspicaces, suponían que los continentes se desplazaban, unos con respecto a otros, y a medida que aumentaban los conocimientos, se consolidaba esta idea. Sin embargo, hasta finales de la década de los sesentas, es cuando la mayoría de los científicos creen que la corteza terrestre es frágil y esta dividida en grandes bloques o placas que chocan entre sí.

El desarrollo de los conceptos movelistas fue corto y se encontró con muchos y variados obstáculos para poder ser aceptado. En la actualidad los grandes avances tecnológicos y el incremento de las investigaciones interdisciplinarias, han hecho posible que las ideas de los desplazamientos horizontales se cimenten, transformándose en la revolucionaria "Teoría de la Tectónica Global de Placas", que propone el deslizamiento de gigantescas secciones de la corteza terrestre que derivan sobre materiales plásticos, simulando "balsas que flotan y viajan sobre un océano de capas más fluidas".

A raíz de esta hipótesis se han podido esclarecer en buena medida, fenómenos que por otras teorías no ha sido posible hacerlo, aunque también muchas veces al intentar explicar los ac_

cidentes superficiales de la Tierra, se ha exagerado al imputarle a la tectónica, más influencia de la que posee, y esto es consecuencia principalmente del desconocimiento esencial de la Teoría, ya que tal parece que los revolucionarios conceptos movilistas, son ajenos a la comprensión de cualquier persona que carezca de un adiestramiento amplio en la Física terrestre, lo cual negamos rotundamente.

Creemos obviamente, que , a mayor basamento de conocimientos, es posible entender y usar mejor la teoría; pero, para que los geógrafos la utilicen no es necesaria una alta especialización en magnetismo, sedimentología, sismología, gravimetría, etc.

Aunque si bien es cierto, que la "Tectónica de placas", ha causado modificaciones serias sobre la concepción tradicional de la Tierra, actualmente no ha sido del todo aceptada, pues to que existen partes, aún confusas que están en espera de explicaciones satisfactorias.

Para corroborar que el manejo de esta novedosa teoría , no es competencia exclusiva de eruditos. En este trabajo se ha intentado presentar en los primeros capítulos, la evolución de las hipótesis movilistas, después se explicaran en forma sencilla los principios fundamentales de la Tectónica de Placas, para luego aplicarse en el desentrañamiento del origen del golfo de California, que por cierto es una de las regiones TECTÓNICAS

cas más dinámicas de México.

El conocimiento de la génesis de esta zona es muy importante, porque a través de él, será posible primero explicarnos y luego aprovechar la morfología de la línea costera, los recursos presentes y los aún no conocidos que se encuentran dentro del golfo.

Al observarse un mapa del golfo de California y pensar en el potencial de recursos naturales que ofrece, es fácil imaginar que su brazo peninsular se extiende hacia el océano, como si con ello invitase a estudiar y descubrir sus riquezas y secretos.

Desde épocas remotas, el hombre se ha hecho preguntas acerca de su medio; es decir de la Tierra. Y ha intentado encontrar las respuestas primero, a través de mitos y leyendas y posteriormente en base a la investigación científica.

En la actualidad se ha logrado un avance extraordinario en las ciencias de la Tierra, pero éste no ha sido lo suficientemente grande para resolver por completo seis preguntas básicas , que nos inquietan desde hace siglos:

- 1) El origen de los sistemas montañosos.
- 2) El origen de los geosinclinales.
- 3) La causa de los volcanes y de otras actividades ígneas.
- 4) La causa de los terremotos profundos.
- 5) El origen del campo magnético terrestre.
- 6) Las temperaturas dominantes en el interior de la Tierra 1/.

1/ Adams L. H. Some Unsolved Problems of Geophysics. Transactions of the American Geophysical Union, V.28. num.5, 1947 pp.674-675.

Al intentar encontrar las respuestas a estas interrogantes milenarias se dividieron las opiniones, principalmente en dos tendencias antagónicas: la primera de estas corrientes es la tradicional, que acepta la existencia de una Tierra estática; y la segunda, que propone la idea de que los continentes se desplazan lentamente y no siempre han permanecido como se conocen.

Esta discrepancia de criterios provocó una secuela de ideas a lo largo de la historia del pensamiento humano, pues desde hace cientos de años, algunos hombres con imaginación, suponían que los continentes se habían desplazado unos con respecto a otros; estas fantasías adquirieron más consistencia al imprimirse los primeros Mapamundis, ya que permitieron concebir ese gran rompecabezas que formaban los continentes y los oceános.

La idea del desplazamiento de los continentes, fue explicada a su manera por Francis Bacon en 1620; se basaba fundamentalmente en la asombrosa correspondencia de las costas americanas con las costas africanas y europeas.

Por otro lado, Isaac Newton en el siglo XVIII, sostiene la teoría tradicional de la tierra rígida, en la cual se sustenta que el planeta se está enfriando, y al efectuarse esta pérdua de calor, disminuye el volumen terrestre y la corteza se arruga al intentar ajustarse a su nuevo contorno.

En 1801, Alexander Von Humboldt observó que las costas atlánticas de Suramérica y Suráfrica tenían un paralelismo evidente, y que además la composición de ambos grupos de rocas costeras eran análogos; creía que ese fenómeno se produjo por una fuerte erosión que dio origen al océano Atlántico 2/.

Los avances científicos seguían aumentando al igual que las ciencias de la Tierra, pero todavía en 1830 se aceptaba con veracidad la teoría tradicional de la Tierra como unidad estática y la mayoría de los hombres de Ciencia de esa época apoyaban la teoría de Newton e intentaban comprobarla cuantitativamente; no se consideraba sensata la posibilidad de la migración de los continentes.

Antônio Snider, representante de la escuela catastrofista, en 1858 sugirió que durante el enfriamiento de la masa terrestre los continentes estuvieron unidos y al crearse una condición de inestabilidad se produjo una gran falla que separó las costas orientales de América y las occidentales de Africa-Europa, las cuales estaban unidas por una porción de terreno que él llamó Atlántida y que se hundió a consecuencia de esta gran grieta, dejando en su lugar al océano Atlántico, (los escritos de Platón, mencionan la existencia de la Atlántida, pero la ubican en el mar Mediterráneo y no en el sur del océano Atlántico).

2/ Carozzi A.V. New Historical Data on the Origin of the Theory of Continental Drift. Geol. Soc. Amer. Bull v.81 1972 p.283

A fines del siglo XIX las doctrinas uniformitaristas habían empezado a difundirse y a influenciar a estudiosos de las ciencias de la tierra; estas corrientes sostenían principalmente que los procesos actuales que modifican la superficie de la Tierra, son similares a los que se llevaron a cabo en un pasado geológico; es decir, que existe una uniformidad de procesos entre pasado y presente. Sin embargo, muchos científicos aún asociaban la deriva continental con eventos catastróficos. Un ejemplo de ellos fue Charles Darwin, que en 1879 supuso que la Luna se había desprendido de la Tierra en una época geológica pasada, dejando tras de sí, una gran huella en el océano Pacífico.

Physics of the Earth's Crust, es el título de un tratado de geofísica que escribió Osmond Fisher y en éste, menciona la relativa fluidez del interior de la tierra que dependía de corrientes ascendentes, que a su vez se movían debajo de la corteza de los continentes. Estas ideas fueron una anticipación sorprendente a nuestros días. En realidad este tratado de Geofísica, fundamentalmente logró en su momento reactivar el interés en la movilidad continental.

Las ideas que contenían el origen de la Luna como parte del océano Pacífico y al movimiento de la masa continental, permanecieron unidas en los trabajos desarrollados por W. H. Pickering y H. B. Baker hasta principios del siglo XX. Hasta ese momento la escuela geofísica Anglo-Americana, aceptaba la teoría

tradicional que plantea la idea de una Tierra rígida, que a medida que pierde calor, disminuye el volumen terrestre y al intentar ajustarse la corteza a las nuevas dimensiones, ésta se arruga y provoca la formación de cuencas y montañas. Como se advirtió anteriormente, esta teoría fue iniciada en el siglo pasado por Isaac Newton y continuada principalmente por el geofísico británico Harold Jeffreys, quien la apoyó con cálculos y estudios sísmicos y delimitó tres zonas en el interior de la tierra: las capas más internas y externas no tienen pérdida de calor, por lo cual sus volúmenes no varían, y sólo la capa intermedia se encoge a medida que se enfría y se solidifica; por lo que la zona que la cubre, es decir la capa exterior se contrae y se pliega formando cuencas y zonas montañosas 3/. Por el contrario, la escuela geofísica alemana aceptaba la teoría movilista, en donde se afirmaba que fragmentos de la corteza terrestre flotaban sobre un líquido interior, por lo que no era descabellado imaginar la posibilidad del desplazamiento de los polos terrestres. Esta corriente teutónica estuvo representada principalmente por Wettstein, Loeffelholz von Colberg y Kveichganer, quienes además manejaban datos meteorológicos-climáticos para reforzar sus teorías. Por ese tiempo, el geólogo austriaco Eduard Suess escribió varios tratados, dentro de los cuales su obra más sobresaliente fue Das Antlitz der Erde, publicada a finales del siglo XIX y posteriormente

3/ Jeffreys Harold, The Earth. 4a.ed. (New York; Cambridge Univ. Press., 1959) pp. 303-310.

traducida al idioma inglés como The Face of the Earth, en donde pone particular interés a los movimientos horizontales; menciona a los cratones, que son porciones de la corteza terrestre de relativa estabilidad y que se aproximan entre sí, prensando a las porciones que permanecen entre ellos, las cuales son más plásticas e inestables que los mismos cratones y reciben el nombre de geosinclinales; éstos son comprimidos y al igual que sus sedimientos, son plegados y movidos verticalmente (los desplazamientos horizontales son los causantes de los movimientos verticales). Suess opina que precisamente esta es la causa de la existencia de las cadenas montañosas del sureste y este de Asia, y que el origen de las columnas o pilares (horts) se debe al empuje magmático; y las trincheras o fosas, a distensiones horizontales.

Este geólogo austríaco fue quien utilizó por primera vez el nombre de Gondwana, para referirse a la gran masa continental del hemisferio austral, que abarcaba el centro y el sur de Africa, Madagascar y la península de la India; más tarde se incluyó a Australia, Suramérica y Antártida (Gondwana, originalmente fue el nombre de una región del este de la India). También fue el primero en utilizar el término de Eustasia, para referirse al ascenso y descenso del nivel medio del mar a escala mundial (infirió estas sucesivas transgresiones y regresiones marinas a través de las marcas estratigráficas que permanecieron en los continentes) y supuso que estos ascensos y descensos del nivel

medio del mar, eran provocados por movimientos de los fondos marinos y por el relleno parcial de la cuenca oceánica por sedimentos de origen continental 4/

Para explicar la distribución de los recientes alineamientos montañosos de la Era Terciaria, F. B. Taylor, científico norteamericano publicó en 1910, Bearing of the Tertiary Mountain Belt on the Origin of the Earth's Plan; en él hace un análisis profundo sobre la relación que existe entre " el poderoso deslizamiento de la corteza terrestre", como él le llama, y la alineación de cadenas montañosas del terciario; en su primer ensayo no le dio mucha importancia al mecanismo que provocaba el movimiento continental, pero después retoma el caso, y en nuevos trabajos, amplía y clarifica sus ideas, y concluye afirmando que hay muchos lazos de unión, los cuales muestran que Africa y Suramérica estuvieron antiguamente unidas 5/.

Los conceptos de F. B. Taylor tuvieron muy poco impacto en los medios científicos y aunque es verdad que hay una gran similitud en las ideas de este autor y las de A. Wegener las que se estudiaran más adelante), es necesario aclarar, que cada uno desarrolló sus teorías bajo circunstancias y objetivos distintos.

4/ Monkhouse F. J. Diccionario de Términos Geográficos. OIKOSTAO, S.A. Ediciones, 1a.ed. en lengua castellana 1978. p. 186.

5/ Hallam A. A Revolution in the Earth Sciences, Oxford University Press, New York, 1973 pp. 3-6

Alfred Wegener fue un científico aventurado que sistematizó la teoría de la Deriva Continental, para lo cual se ayudó principalmente de su profesión de meteorólogo. Nació en Berlín Alemania, en 1880 y se instruyó primeramente en Kollnisches Gymnasium de Berlín; luego ingresó a las Universidades de Heidelberg, Innsbruck y Berlín. Cuando aún era estudiante de meteorología, al lado de su hermano Kurt - estudiante de astronomía-, estableció una nueva marca de vuelo en globo aerostático de cincuenta y dos horas y media.

Más tarde, Alfred se incorpora a una expedición danesa en 1906, que se dirige al noreste de Groelandia, (inexplorada hasta entonces); esta investigación aproximadamente dura dos años, y en ella intentan estudiar la termodinámica de la atmósfera superior.

A su regreso a Alemania, es nombrado profesor en Astronomía y Meteorología en la Universidad de Marburg, donde escribe un buen texto de Meteorología.

La idea de la deriva continental germinó en 1910, y es producto de varias observaciones hechas en Groelandia, una de las cuales son las fragmentaciones y desplazamientos de los trozos de hielos flotantes en el mar Artico -según afirma su compañero expedicionario, Lauge Kock-; la observación la explica el mismo Wegener en una carta, que le envía a su novia Elsa

Köppen, en la navidad de 1910, donde le dice que al hojear un atlas, notó una gran semejanza entre las costas opuestas de América del Sur y de Africa. Pero sólo hasta el regreso de su segunda expedición a Groelandia, fue cuando empezó a estructurar su teoría y para lograrlo, se auxilia de disciplinas ajenas a la suya, como la Geofísica, la Geología y la Paleontología; el adentrarse al estudio de estas Ciencias, descubre una sencilla publicación editada en Frankfurt, Alemania en 1912, en la que se mencionaba la posibilidad de que alguna vez Brasil y Africa estuvieron unidos, ya que los paleontólogos notaban afinidades faunísticas entre Africa y Suramérica; Europa y Norteamérica; Madagascar y la India. Los ejemplos dados por estos científicos fueron los fósiles de animales casi idénticos, como son algunas plantas, que no pudieron atravesar el océano por sí solos. Sin embargo, los paleontólogos no aceptaban la deriva continental, y explicaban sus hallazgos en base a la existencia de "Puentes Continentales", que permitieron la comunicación entre las grandes porciones de tierras emergidas. El meteorólogo alemán acepta los hallazgos fosilíferos, pero rechaza la teoría, arguyendo que la sola presencia de agua no determina la existencia de un océano, sino que es la diferencia de densidades la que establece la permanencia de un océano o un continente. Por consiguiente un océano no puede transformarse fácilmente en un continente o viceversa 6/.

6/ Uyeda Seiya, La nueva concepción de la Tierra. Edit. Blume, Barcelona, España. 1980, pp.27-28.

Basándose en una sencilla ley, que descubrió Arquímedes hace aproximadamente 2,200 años, Wegener rechaza la teoría de los puentes continentales mediante el fenómeno de la Isostasia, que plantea que las cadenas montañosas por debajo, poseen raíces profundas de baja densidad, formadas por rocas síalicas^{7/}, (corteza continental), mientras que bajo las planicies, existen raíces poco profundas; la isostacia fundamentalmente explica un fenómeno de equilibrio o comprensión existente en la corteza superficial de la Tierra. Un ejemplo de este fenómeno es la elevación actual de la península escandinava; en la edad glacial, esta península estuvo soportando el peso excesivo de los hielos y a medida que los glaciares se habían retirado hace 11,000 años, ésta se empezó a elevar, ya que la fuerza que la oprimía estaba desapareciendo; en la actualidad la península escandinava se encuentra a casi 300m. por encima del nivel que tenía hace 11,000 años. Algunos cálculos hechos en esta zona, prevén que subirá 200m. más para alcanzar el estado de equilibrio ^{8/}.

^{7/} La corteza terrestre esta formada por dos capas fundamentales, llamadas SIAL y SIMA; donde el SIAL (rocas síalicas) esta compuesto por Silice y Aluminio, son poco densas y forman los continentes; por el contrario el SIMA esta formado por Silice y Magnesio, son rocas más densas y se localizan a mayores profundidades que el SIAL; los fondos marinos estan constituidos por SIMA.

^{8/} Beiser A. La Tierra, Colección de la naturaleza de Time-Life, México 1971, p. 192.

Al año siguiente Wegener, elabora dos artículos Petermanns Mitteilungen y Geologische Rundschau y los incluye en el libro titulado Die entstehung der kontinente und ozeane que publica en 1915. En 1924, la tercera edición del libro es traducida al inglés, francés, ruso y español, y en este último idioma se le llama "El origen de los continentes y los océanos". En esta misma publicación, Wegener traduce el término "Die verschiebung der kontinente", como desplazamiento continental, que fue la expresión más acertada.

En ese mismo año, acepta una plaza especial de Meteorología y Geofísica en la Universidad de Graz en Austria y escribe junto con el célebre meteorólogo W. Köppen, "Die klimate der geologischen vorzeit", y otros muchos artículos, hasta antes de realizar su tercera expedición a Groelandia.

La similitud de las costas atlánticas entre Africa, Europa y América, sugirieron a Alfred Wegener (como a otros estudiosos anteriores a él), que los continentes de alguna manera se deslizaban y se apartaban desde épocas geológicas remotas (fig. 1). El autor de la teoría de la deriva continental afirma que hace aproximadamente 200 millones de años, en el período carbonífero, existía un solo continente de grande dimensiones al que denominó Pangea (las raíces griegas de este nombre significan "Todas las tierras") el cual contenía las actuales Norteamérica, Suramérica, Europa, Asia, Africa, Australia y la Antártida; este protoconti-

ETAPAS FUNDAMENTALES DE LA HISTORIA DE LA TIERRA

ERA	PERIODO	EPOCA	EVENTOS PRINCIPALES	MILLONES DE AÑOS
CUATERNARIO		Holoceno	*Fin de las glaciaciones. Elevación del Nivel del mar. Agricultura humana	0, 011 1,8
		Pleistoceno	*Grandes glaciaciones cuaternarias. Aparición del hombre	
CENOZOICO	Neógeno	Plioceno	*Aparición de los Australopithecus en África	7
		Mioceno	*Emergencia de los Andes	26
	Paleógeno	Oligoceno	*Colisión entre África y Eurasia; comienzo del desarrollo de los Alpes y de los Andinos	37-38
		Eoceno	*Colisión entre India y Eurasia; nacen los Himalaya	53-54
		Paleoceno	*Emergencia de las Montañas Rocallosas; nace el reino de los mamíferos	65
MESOZOICO	Cretácico	*Culminación del reino de los dinosaurios que después se extinguieron; contemporáneamente se extinguen en los océanos los amonites y los microscópicos Globotruncata	136	
	Jurásico	*Pangea comienza a fragmentarse; se inicia la apertura del Atlántico. Primeras aves	190	
	Triásico	*Se establece el reino de los reptiles	225	
PALEOZOICO	Pérmico	*Colisión entre Asia y Europa; nacimiento de los Urales; todos los continentes se reúnen en uno solo: Pangea *Colisión entre África y América del Norte; nacimiento de los Apalaches	260	
	Carbonífero	*Grandes bosques y difusión de insectos alados	345	
	Devónico	*Colisión entre Europa y América del Norte; desarrollo de la cadena caledoniana	395	
	Silúrico	*La vida emerge del agua e invade los continentes	440	
	Ordovícico	*Aparición de los primeros vertebrados: los peces	500	
	Cámbrico	*Primeros animales con concha y esqueleto	570	
ARQUEOZOICO O PRECAMBRICO			*Gran glaciación	650
			*Primera asociación segura de animales pluricelulares de cuerpo blando	700
			*Primeros animales de cuerpo blando	1500
			*Primeros fósiles seguros: algas	2200
			*Primeros estromatolitos	2900
			*Primeras estructuras de posible origen biogénico (algas unicelulares o bacterias)	3200
			*Primeras rocas sedimentarias	3750
		*Primeras lluvias; formación de extensiones de agua; erosión y acumulación de sedimentos	3800	
ERA PREGEOLOGICA			*Solidificación de la primera corteza terrestre	4000
			*Enfriamiento de la parte externa del planeta *Reasentamiento por gravedad del interior del planeta y subdivisión en capas con densidad creciente *Recalentamiento progresivo hasta la fusión casi completa *Formación de la Tierra a partir de la nebulosa solar fría	4500

Fig. 1. Cuadro tomado del Consejo Nacional de ciencia y tecnología: EL REDESCUBRIMIENTO DE LA TIERRA., 1982. pag. 275.

nente estaba circundado por un enorme océano llamado "Panthalasa" 9/. El primitivo continente se empezó a fragmentar y a separarse (fig. 2).

La separación entre Suramérica y Africa comienza en el cretácico, del mismo modo que ocurre con Norteamérica y Europa, só lo que estas últimas permanecieron unidas en sus porciones boreales, hasta el cuaternario.

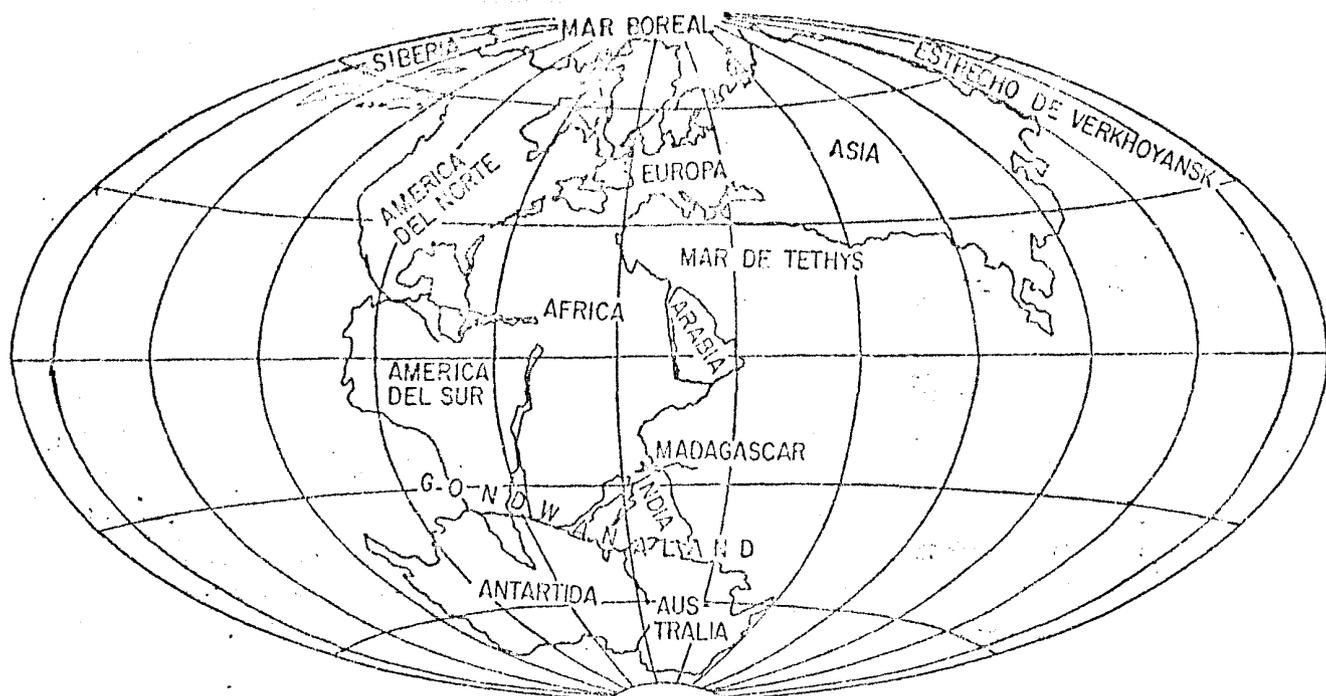
El desplazamiento del continente Americano hacia el continente, ocasionó por compresión un levantamiento de los sistemas montañosos ubicados en/o cerca de la costa oeste; las Antillas y el arco Scotia (este último se localiza al sur de América, y sus coordenadas aproximadas son 40° long.oeste y 55° lat. sur), se rezagaron al efectuar este movimiento, permaneciendo en el océano Atlántico.

Por otro lado, el océano Indico se empezó a formar en el jurásico, pero la gran abertura ocurrió hasta finales del cretácico y principios del terciario. Mientras esto acontecía, la India completó su traslación hacia el norte de la península, dando origen a las cordilleras Himalayas y a otros sistemas montañosos asociados.

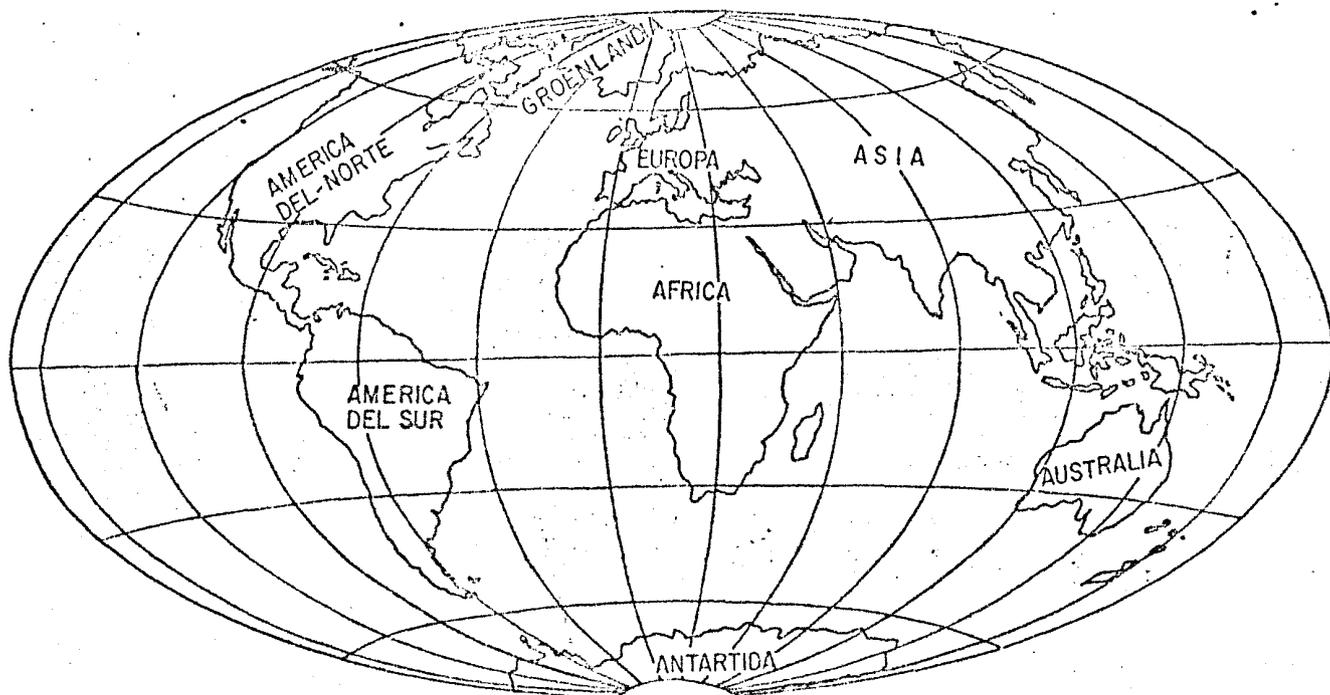
En lo concerniente a Nueva Guinea-Australia, éstas se separaron de la Antártida en el océano y se dirigieron hacia el nor

9/ Científicos contemporáneos a Wegener, señalaban que cuando la pangea se fragmentó, produjo las grandes masas de tierra, cuyos nombres eran: "Gondwana" en el Hemisferio Sur y "Laurasia" en el Hemisferio Norte.

JURASICO .



CUATERNARIO .



LA DERIVA CONTINENTAL

Fig. 2 Laminas tomadas de Selecciones de Scientific American.

te, empujando en su camino al archipiélago indonesio, a finales del terciario.

Esta teoría fue muy importante en su época, fundamentalmente por la gran cantidad de evidencias geológicas, paleontológicas, biológicas, geofísicas, que presentó el autor de la teoría para reforzarla.

Uno de los argumentos geofísicos más utilizados en esta teoría fue el fenómeno de la isostasia, que, como ya se explicó anteriormente, consiste en que el peso de las montañas debe estar compensado de alguna forma en el interior de la Tierra para que el material debajo de ellas no esté sujeto a tensiones, y como el agua del mar tiene menos peso que las rocas que constituyen los continentes, 10/ . Wegener supuso que debajo de la corteza terrestre existía una capa fluida o de alta viscosidad, llamada Manto. Además argumentó que, si los bloques continentales pueden moverse verticalmente a través de este sustrato fluido, no había razón para no creer que éstos mismos se movieran en forma horizontal, y al hacerlo provocaran plegamientos de la corteza que originaron grandes sistemas montañosos como los Alpes, Himalaya y Andes. También suponía que debajo de los océanos existe un material más denso (rocas basálticas) sobre el que se encuentra una capa menos densa (gra-

10/ Udias V. A., Física de la Tierra. Editorial Alhambra, S.A. Madrid, España 1981. pp.12-13.

nítica) que forma los continentes.

En cuanto a las evidencias paleográficas, Wegener, le pone más énfasis a las similitudes entre Africa y Suramérica; por ejemplo, la meseta africana posee evidentes analogías con la meseta brasileña (fig. 3), fundamentalmente en rocas de origen ígneo.

Encontró igualmente "estratos horizontales de conglomerados glaciales llamados tilitas " 11/, cuya edad estimada corresponde al sistema paleozoico tardío-mesozoico-temprano, localizado al sur de Africa en el sistema Karroo, que son idénticos a las tilitas que se encuentran en el sistema de Santa Catarina en Brasil. Además, creía que la geología compleja de las islas Molucas en Indonesia sólo se podría entender a partir del empuje producido por Australia-Nueva Guinea sobre esas islas.

Alfred Wegener se apoya en una gran cantidad de vestigios de ambientes pasados, que al ubicarlos sobre mapas actuales permitieron suponer la forma que tuvo la antigua Pangea (fig. 4). Algunas de las marcas o huellas estudiadas por Wegener, se mencionan a continuación:

11/ La tilita es una masa compacta, formada por fragmentos de rocas que se originaron cuando fueron transportadas por mantos de hielo en épocas anteriores al cuaternario. En algunas regiones debajo de las tilitas, se han descubierto superficies rayadas y pulidas que señalan las rutas de glaciares antiguos.

PUENTES CONTINENTALES

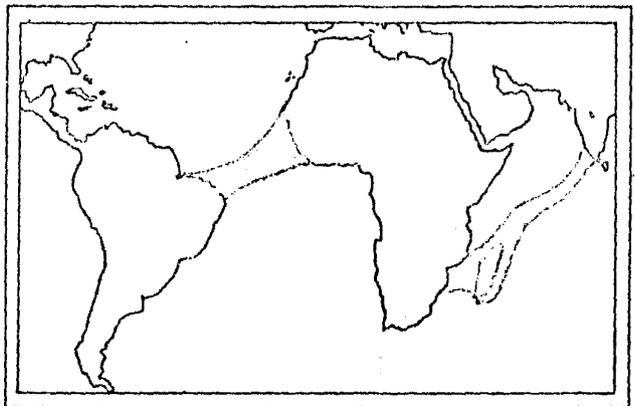
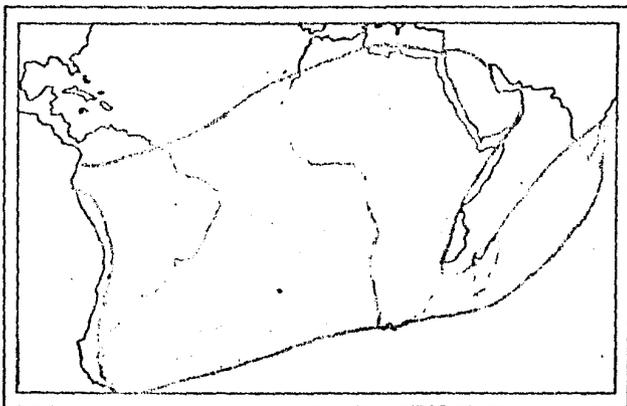


Fig. 3 Cuadros tomados del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. EL REDESCUBRIMIENTO DE LA TIERRA.

GONDWANA, SEGUN WEGENER

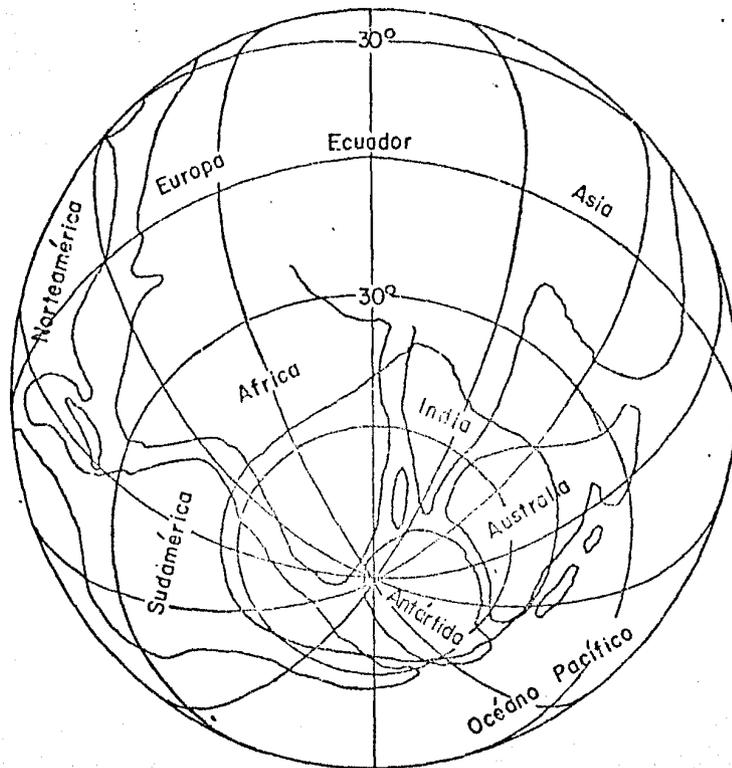
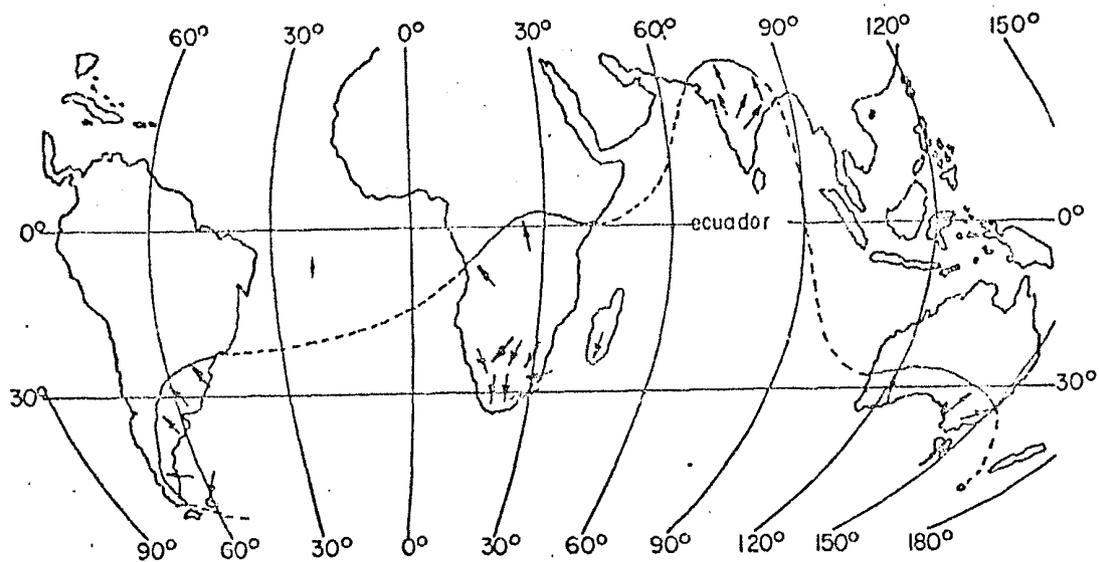


Fig. 4 Dibujo tomado de Uyeda S. LA NUEVA CONCEPCION DE LA TIERRA. 1980, p. 31 .

Las tilitas fueron interpretadas correctamente como huellas de antiguas extensiones de hielo, y las ubicó cronológicamente en el carbonífero-permico, y especialmente en la porción austral de los actuales bloques continentales, como son Surafri-
ca, Suramérica, India y Australia (fragmentos de la antigua Godwana). Los vestigios mejor estudiados se localizan en Dwyka, Surafrica, y de ellos se conocen edades relativamente exactas (fig. 5).

La presencia de yacimientos de carbón las explicó, como condiciones antiguas de climas húmedos y calientes, que originaron zonas pantanosas donde existieron plantas exuberantes y de gran tamaño, que cuando fueron sepultadas, a través del paso del tiempo, originaron el carbón actual; las situó en mapas y detectó sus edades. Un claro ejemplo es la estratigrafía regional de Tasmania y la porción este de Australia, donde se encontraron depósitos de tilitas; partiendo de Tasmania los vestigios glaciales disminuían a medida que se avanzaba hacia el norte hasta desaparecer. Wegener demostró que agrupando todos los continentes en una única masa continental durante el permocarbonífero, se podía escoger un polo cerca de Surafrica y tener todas las regiones glaciales en su vecindad 12/.

12/ Sydeney P. C. Jr. La estructura de la tierra. Edit. Omega S.A. Barcelona, España, 1975. p.39.



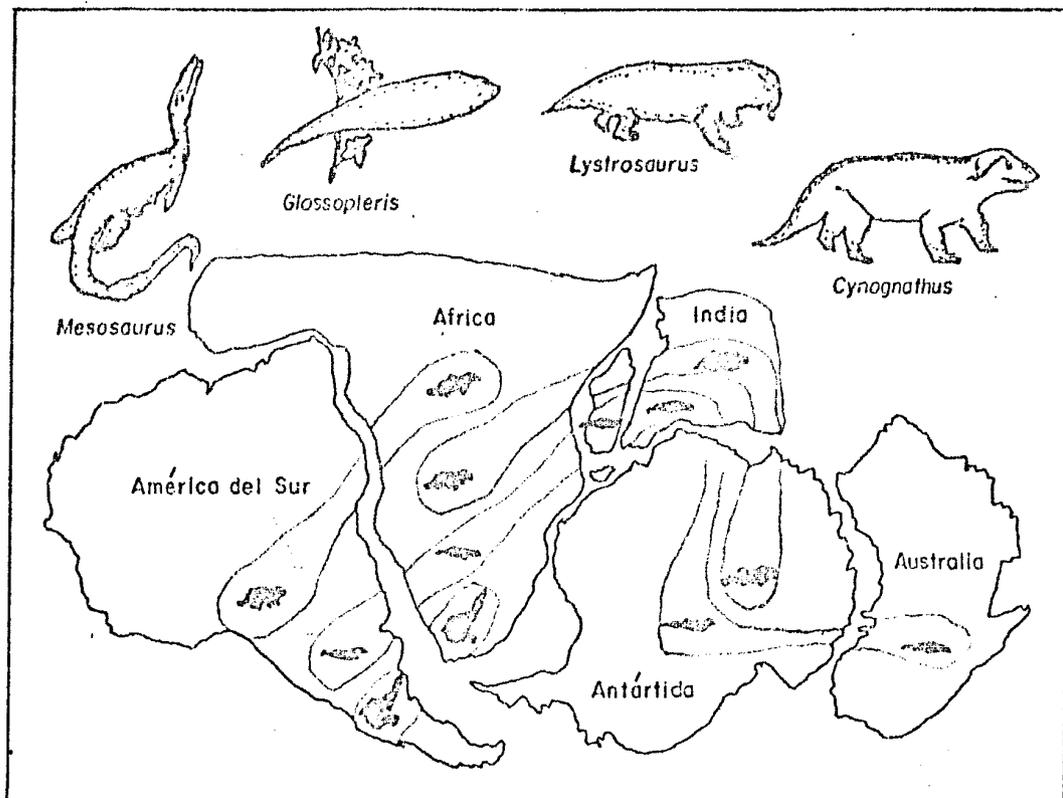
DISTRIBUCION DE LAS GLACIACIONES DE FINES DEL CARBONIFERO EN GONDWANA

Detectó antiguas zonas áridas a través de los depósitos de rocas de sal, que se produjeron debido a un exceso de evaporación mayor que la precipitación de esa zona. Así mismo, se apoyó en los fósiles para reconstruir paleoclimas, como sucedió en los troncos fósiles de árboles, donde la escasez de anillos significa generalmente condiciones tropicales húmedas (debido a la ausencia de contrastes estacionales que originan estos anillos en el tronco del árbol); igualmente, los cuerpos fósiles de grandes reptiles casi siempre están asociados a climas calientes y húmedos, puesto que este era su nicho ecológico. Otros ejemplos son el pequeño reptil Me-sosaurus, que en el pérmico solo se encontraba en Suráfrica y Brasil; y la planta paleozoica Glosopteris que se extendía sólo a las tierras del hemisferio austral (fig. 6).

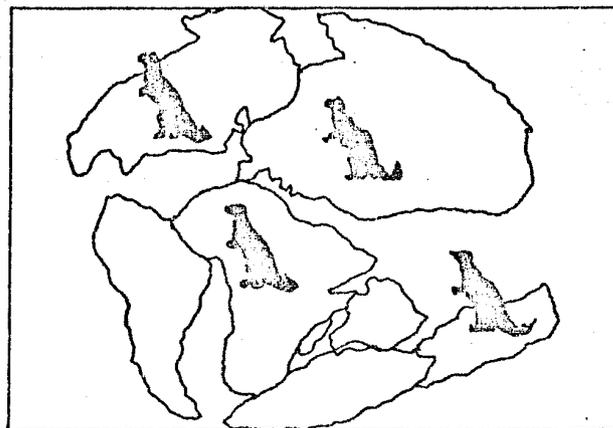
De igual manera, la distribución de los organismos vivos usada para probar la antigua agrupación continental. Los marsupiales y las lombrices de tierra son algunos de los muchos casos en que se basó Wegener.

Los marsupiales australianos han evolucionado aislados desde principios del terciario, pero como en Suramérica existen también marsupiales y además ambos poseen los mismos o similares parásitos, se supuso entonces, la unión pasada de Australia y Suramérica.

Por otro lado, considerando las lombrices de tierra, es evidente la imposibilidad de que éstos por sí solos pudieron



ALGUNOS ANIMALES Y PLANTAS CUYOS RESTOS SE ENCUENTRAN EN CONTINENTES DISTANTES ENTRE SI .



DISTRIBUCION DE LOS IGUANODONTES AL INICIO DEL CRETACICO

cruzar los océanos. El meteorólogo alemán lo sabía y se apoyó en los estudios que realizó el zoólogo alemán M. Chaelson , quien elaboró un mapa de la distribución de las familias Lumbricid y Megascolecio, donde se mostraban grandes afinidades entre la fauna de Norteamérica y Europa; Suramérica y Africa; la de Australia, India, Suráfrica y la Patagonia.

La teoría de la Deriva Continental estuvo sólidamente argumentada y explicaba en forma razonable y simple, muchos procesos geológicos que hasta ese entonces nadie había podido aclarar, como la similitud de las costas atlánticas, el origen de la cordillera Himalaya, de los andes, etc.

Solo quedaba un problema fundamental: ¿Cuál era la causa que movía los continentes?.

Wegener intentó responder a esta interrogante y mencionó que la causante de este movimiento es la fuerza de fuga de los polos , y que ésta actúa como consecuencia de la fuerza centrífuga. La explicó, diciendo que la fuerza de gravedad en lugar de ser atraída directamente hacia el centro de la Tierra, desviaba ligeramente su atracción hacia el Ecuador, debido al movimiento de rotación del globo terráqueo 13/. Y con ello se

13 / Creemos que Wegener, para explicar el mecanismo motriz de su teoría, se apoyó en el "efecto de Coriolis", el cuál de fine Monkhouse 1978 como "el resultado del factor de desviación en la fuerza centrífuga, producido por la rotación de la Tierra, sobre un cuerpo que se desplace sobre su superficie, el cual es desviado hacia la derecha en el hemisferio Norte, y hacia la izq. en el hemisferio Sur. Se conoce también con el nombre de "fuerza geostrófica". Su nombre se debe al matemático francés G.G. de Coriolis, quien en 1835 estudio dicho fenómeno.

producía la fuerza necesaria para mover los continentes. Posteriores cálculos científicos refutarón su afirmación, demostrando que la fuerza de fuga de los polos es millones de veces menor que la fuerza de gravedad y que, por lo tanto, era imposible que esta fuerza tan insignificante desplazara los continentes y elevara montañas.

No obstante Wegener sostenía, que, por mínima que sea la fuerza que actué, si lo hace por un tiempo prolongado y continuo, es capaz de mover los continentes. Además creía que la atracción que ejercen el Sol y la Luna sobre el planeta, ocasionaban la deriva hacia el oeste del continente americano.

Finalmente la teoría es olvidada por no poder explicar satisfactoriamente el mecanismo motriz que movía los continentes.

Por su parte, Alfred Wegener, buscando pruebas definitivas para su teoría, realiza su tercera expedición al Artico, donde desafortunadamente, a la edad de 50 años, sólo encuentra la muerte en los engañosos hielos de Groelandia.

TECTONICA DE PLACAS .

Por casi dos décadas, la teoría de la Deriva Continental, estuvo abandonada; pero las nuevas tecnologías desarrolladas en la Segunda Guerra Mundial, así como el apoyo por parte de instituciones dedicadas a la investigación, permitieron a los científicos encaminar sus estudios al conocimiento de los recursos naturales del planeta (principalmente del mar), y esto ocasionó descubrimientos que reavivaron la idea del desplazamiento de las masas continentales.

Principalmente hubo adelantos científicos en el conocimiento de la constitución interna de la tierra, del relieve del piso oceánico y del campo magnético del planeta. Estos avances explicaron el desplazamiento del fondo marino, que era el mecanismo motriz que requería la teoría de la Deriva Continental, para de nuevo ser científicamente tomada en cuenta.

1. ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA.

En la primera mitad del presente siglo, los investigadores de las ciencias de la Tierra observaron una vasta cantidad de fenómenos, cuya explicación sólo podría ser hallada en el interior de nuestro planeta. Pero el problema se agravaba,

puesto que ¿Cómo se podría conocer el subsuelo?, si aun no se conocía toda la superficie terrestre. Además, la tecnología no permitía tener un acceso directo a las profundidades del globo terráqueo (actualmente tampoco es posible hacerlo); si se compara la Tierra con una manzana, se puede afirmar que el hombre sólo ha averiguado directamente en un grosor similar al de la cáscara de esta fruta .

Los métodos geofísicos de prospección son indirectos y de ellos sobresale el método sísmico, que se puede comparar con la acción del hombre que al golpear una sandía con la mano y escuchar el ruido, intenta conocer el estado en que se encuentra el interior de este fruto de corteza verde. Así también los métodos sísmicos le han permitido a los científicos indagar acerca de la estructura interna de la Tierra.

El sismólogo se apoya en el conocimiento de las oscilaciones sísmicas, que pueden ser producidas por un terremoto o por una explosión subterránea ocasionada por el hombre. Estas oscilaciones también llamadas ondas sísmicas, se clasifican en dos grupos que son:

- a) Las ondas interiores y
- b) Las ondas superficiales.

De las cuales para conocer el interior de la Tierra, sólo es útil conocer las primeras, que se dividen a su vez en dos tipos:

a.1 Las ondas primarias u ondas (P)

Se propagan por el interior de la Tierra, en forma similar a las ondas sonoras que se desplazan en el aire. Estas ondas sísmicas (P) alcanzan una velocidad aproximada de 7Km. en un segundo en capas superiores, y en capas más profundas logran viajar hasta 13Km. en un segundo, dependiendo para ello de la densidad y las características del medio que atraviesan; se les llama ondas (P) por ser las primeras en ser detectadas por los aparatos sensibles (sismómetros y sismo-grafos), estos son los más veloces porque se mueven en un vaivén que sigue la dirección de propagación.

a.2 Las ondas secundarias u ondas (S)

Se desplazan en sentido perpendicular a la dirección de su propagación, por eso también se les llama transversales; en capas cercanas a la superficie alcanzan velocidades hasta de 4Km, en un segundo y en estratos más profundos aumenta su velocidad. Las ondas (S) no se propagan en medios líquidos.

Las ondas (P) y (S) poseen una misma serie de características conocidas, que nos sugieren cómo puede estar constituido el interior del planeta. Por ejemplo, los dos tipos de ondas aumentan su velocidad a medida que se encuentran a mayor profundidad y varían las velocidades según las constantes elásticas de las capas que atraviesan.

Todas las ondas sísmicas registradas en gráficas (sismogramas), muestran como cambian sus velocidades o si rebotan o se desvanecen en alguna capa interior de la Tierra y esto da elementos para conocer la constitución del subsuelo, aun sin tener conocimiento directo con estas capas. "Los sismogramas, como los cardiogramas para el médico, nos revelan lo que hay en el corazón de la Tierra..." 14/.

Del estudio de los sismogramas se infiere que el interior de la Tierra tiene tres grandes capas concéntricas, que son: Corteza, Manto y Núcleo.

Partiendo de las capas externas a las más profundas, se detecta que la corteza tiene de 30 a 50Km de profundidad y que se divide en dos subcapas llamadas sial y sima; donde la primera es la más superficial y la conforma un material parecido al granito con una densidad de 2.7 g/cm^3 . 15/; esta subcapa constituye los continentes y recibe el nombre de sial, porque se

14/ Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Temblores de Tierra. Cartilla popular I.P.G.H. no.363 San José, Costa Rica, 1976, p.24.

15/ La densidad es la concentración de la materia, expresada en masa por unidad de volumen (gramos sobre centímetros cúbicos). La unidad de densidad empleada es la del agua, a 0°C un centímetro cúbico de agua aproximadamente pesa 1 gramo. La densidad de la tierra en su conjunto es de 5.5 g/cm .

creo que los elementos principales que se encuentran en ella son el sílice y el aluminio.

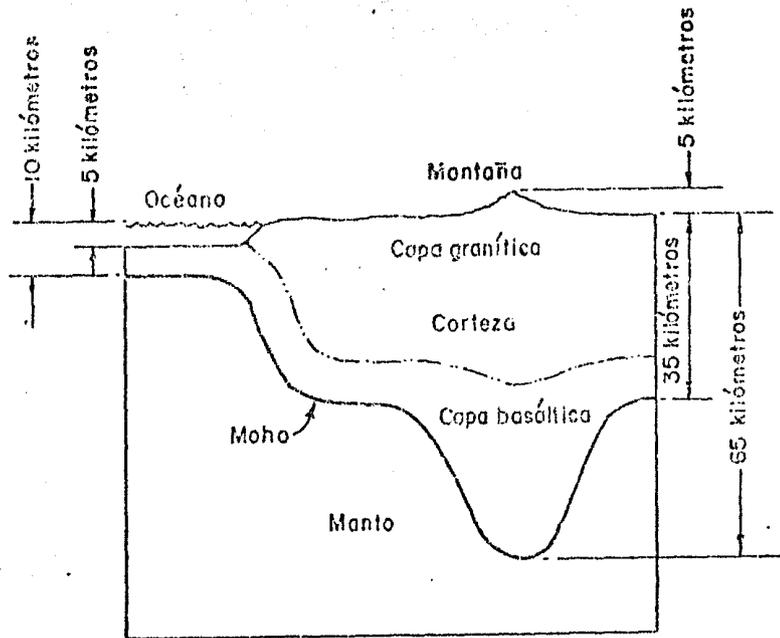
La subcapa más interna recibe el nombre de sima, porque los elementos más abundantes en ella posiblemente son el sílice y el magnesio, que constituyen el material basáltico del que están formados los fondos de los océanos, cuya densidad es de 2.9 g/cm^3 .

Debajo de esta última capa que forma parte de la corteza, se encuentra la superficie de Mohorovicic o Discontinuidad de Moho, (recibió este nombre en honor de su descubridor Andriga Mohorovicic).

Después de la corteza, se encuentra el manto, formado por rocas parecidas al olivino y a la peridotita, constituida por silicatos, óxidos de hierro y magnesio; la densidad del manto aumenta con la profundidad y va desde 3.3 g/cm^3 en su parte superior 16/, hasta 5.5 g/cm^3 . El manto tiene aproximadamente 2860 Km. de espesor (fig. 7).

Al pasar del manto al núcleo, la densidad varía bruscamente a 10.0 g/cm^3 , lo que indica un gran cambio en el material que lo compone. Por lo cual se cree que el núcleo externo está

16/ Los primeros 100 Km, de profundidad que incluyen la corteza y parte del manto superior, reciben actualmente el nombre de Litosfera (Litos-Piedra), por debajo de ésta se encuentra una capa llamada Astenosfera (Astenos-débil) de material blando en estado de semifusión de gran plasticidad, de modo que la Litosfera puede resbalar sobre ella. Posteriormente se verá la importancia de este fenómeno en el desplazamiento continental.



CORTE ESQUEMATICO DE LA CORTEZA TERRESTRE

formado principalmente por hierro, y algo de níquel en estado líquido (este supuesto motivó en parte la elaboración de la teoría del origen del campo magnético, que se basa en la plasticidad del hierro fundido).

En cambio el núcleo interno, debido a las grandes presiones que soportan los materiales que lo componen (que son los mismos del núcleo externo), vuelven a detectarse en estado sólido a pesar de las altas temperaturas que soportan.

2. Relieve Oceánico.

Sólo hasta que se perfeccionó el método de reflexión acústica (el ecosonda), se pudo medir realmente la profundidad marina; para lograrlo, desde un barco se emitían ondas sonoras que viajaban a través del agua y que al llegar al fondo marino regresaban en forma de eco, y en el barco eran registradas electrónicamente en gráficas llamadas ecogramas o sonogramas. Los buques pueden ir registrando los accidentes del piso marino, aun cuando estén avanzando y logran resoluciones de alta precisión de hasta $1/5000$ 17/, lo que ayuda a cartografiar el fondo oceánico con lujo de detalle; así fue como se pudo ver por vez primera el suelo marino que cubre las $2/3$ partes de la superficie del planeta (fig, 8)

17/ Significa que en una profundidad de 5,000m., se pueden detectar variaciones en el relieve, hasta de un metro.

La topografía de los océanos se puede dividir en dos grandes grupos, que son: I) Márgenes continentales y II) Fondo de la cuenca oceánica (fig. 9).

I) Las márgenes continentales.

Son poco profundas y geológicamente pertenecen a las grandes masas continentales; dentro de las cuales se pueden identificar a las plataformas continentales, que se caracterizan por ser zonas casi planas, que regularmente no alcanzan profundidades mayores a los 200m.

El talud continental, se localiza al final de la plataforma y se distingue porque tiene una pendiente de inclinación mayor que la plataforma, y en ocasiones llega a profundidades mayores a los 2000m.

Sobre algunos taludes, se desarrollan conos deltáicos que son grandes acumulaciones de materiales que depositan amplios ríos como el Amazonas y el Misisipí; los materiales que los forman están poco consolidados y fácilmente pueden derrumbarse por el ángulo de inclinación y por la acción lubricante del agua.

Cuando se producen estas avalanchas de sedimentos, erosionan todo a su paso y horadan profundas zanjias sobre el talud; a las que se les llama cañones submarinos como el de Hudson y Baltimore.

PRINCIPALES UNIDADES TOPOGRAFICAS DE LAS CUENCAS OCEANICAS
Y DE LAS ZONAS ADYACENTES A LOS CONTINENTES.

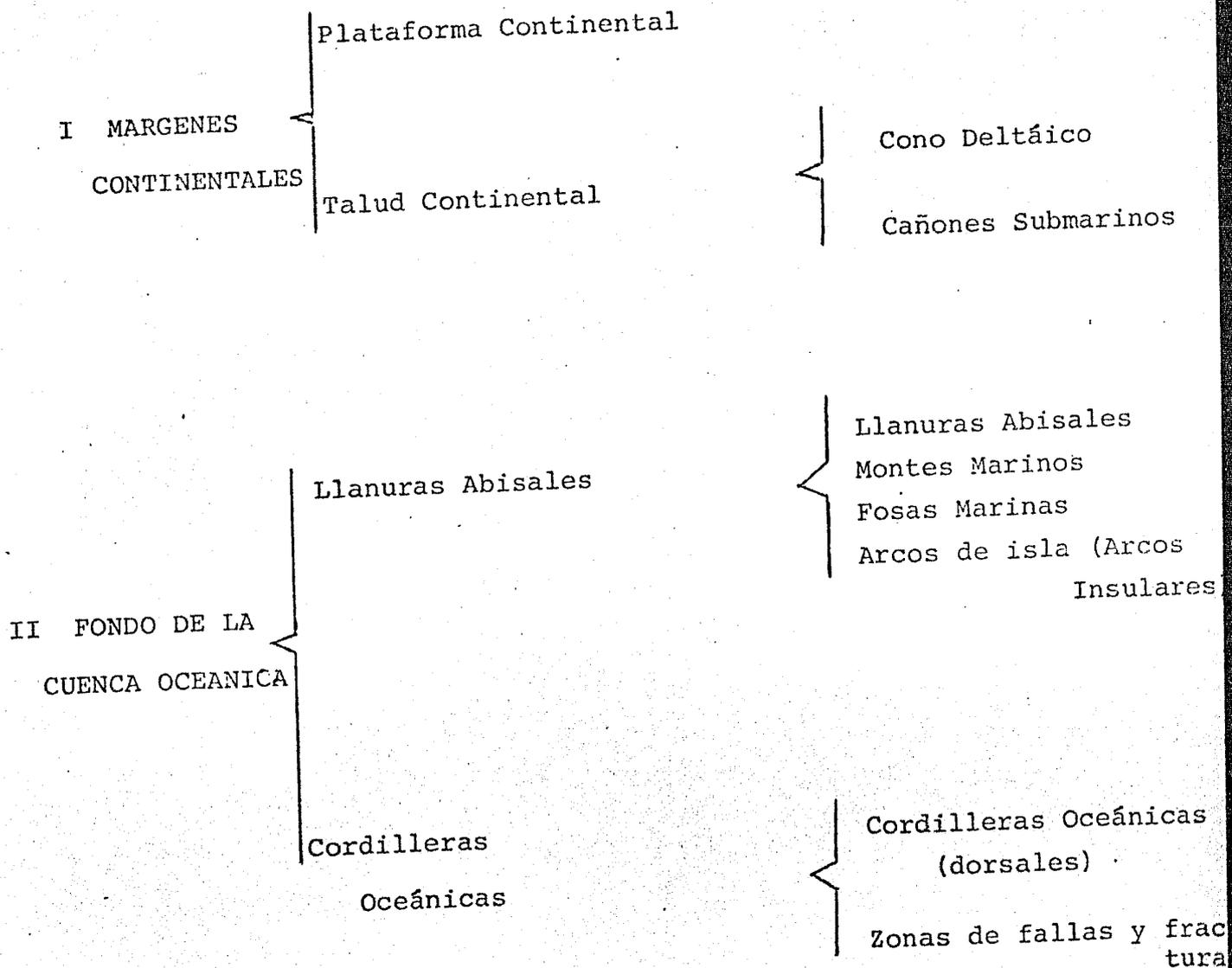


Fig. 9 Este cuadro sinóptico fue elaborado, basándose principalmente en los datos obtenidos de: Hallan A., A Revolution in the Earth Sciences from Continental DRIFT to Plate. 1971, pp.70-73; y de The Open University. Principales accidentes de la superficie terrestre. 1974, pp. 41-55.

II) Fondo de las cuencas oceánicas.

Las profundidades oceánicas en su mayoría son grandes planicies, puesto que los materiales sedimentarios de origen continental recorren enormes distancias, desde la desembocadura de los ríos o desde los derrumbes de los conos submarinos hasta el fondo oceánico, logrando así rellenar las irregularidades que en él se encuentran; además, los esqueletos de diminutos organismos planctónicos marinos, también cubren esas anomalías.

Pero en las cuencas oceánicas también se hallan volcanes aislados llamados montes marinos. La mayoría tiene forma cónica, como los volcanes continentales y cuando se elevan sobre el nivel del mar dan origen a islas oceánicas. Pero algunos tienen la parte superior plana. Probablemente por la acción erosiva de las olas y se les denomina guyots (en honor de Arnold Guyot que fue un geólogo del siglo XIX de nacionalidad suizo-americana).

También se pueden encontrar en las cuencas, arcos de islas, que son cadenas o rosarios insulares, que tienen una disposición curva o arqueada (como las Aleutianas, Kuriles, Japón y Filipinas). Es común que este tipo de islas se encuentren asociadas a fenómenos sísmicos y volcánicos. Paralelas a estas cadenas de islas, se localizan las fosas marinas (siempre del lado externo u oceánicas de los arcos insulares), que llegan a tener profundidades desde 6,000m. hasta 11,000m.

Las cordilleras oceánicas, son más espectaculares que sus correspondientes continentales; puesto que algunas llegan a medir más de 60,000Km. a lo largo y más de 1,000Km. a lo ancho; algunos picos individuales se levantan hasta 3,000m. sobre el piso marino. También se identifican por tener en su parte central un surco o grieta que tiene de 25 a 50Km. de ancho y profundidades hasta de 2,500m. (fig.10). "Este valle en forma de grieta corre a lo largo de las crestas de la cordillera centro-oceánica (dorsal Meso-oceánica) por la mayor parte de su longitud..." 18/. La cartografía submarina muestra que estas cordilleras se encuentran frecuentemente interrumpidas por grandes desplazamientos a los que J. T. Wilson (1965) les llamó "fallas transformantes" o transformacionales, que son diferentes a las fallas ordinarias que se producen en el continente.

Esta nueva falla descubierta, se explica en función de que al mismo tiempo que las dorsales producen nueva corteza oceánica y se desplaza el piso marino en direcciones opuestas o perpendiculares a la dorsal, también se produce una falla paralela a la expansión del suelo marino.

18 / Bullard E. El origen de los océanos. "Scientific American", versión española tradc. por Carlos M. Escorza y Alfonso González V. 2a. edición Edit. Blume, Madrid, 1974. p. 101.

Escala vertical exagerada 40:1

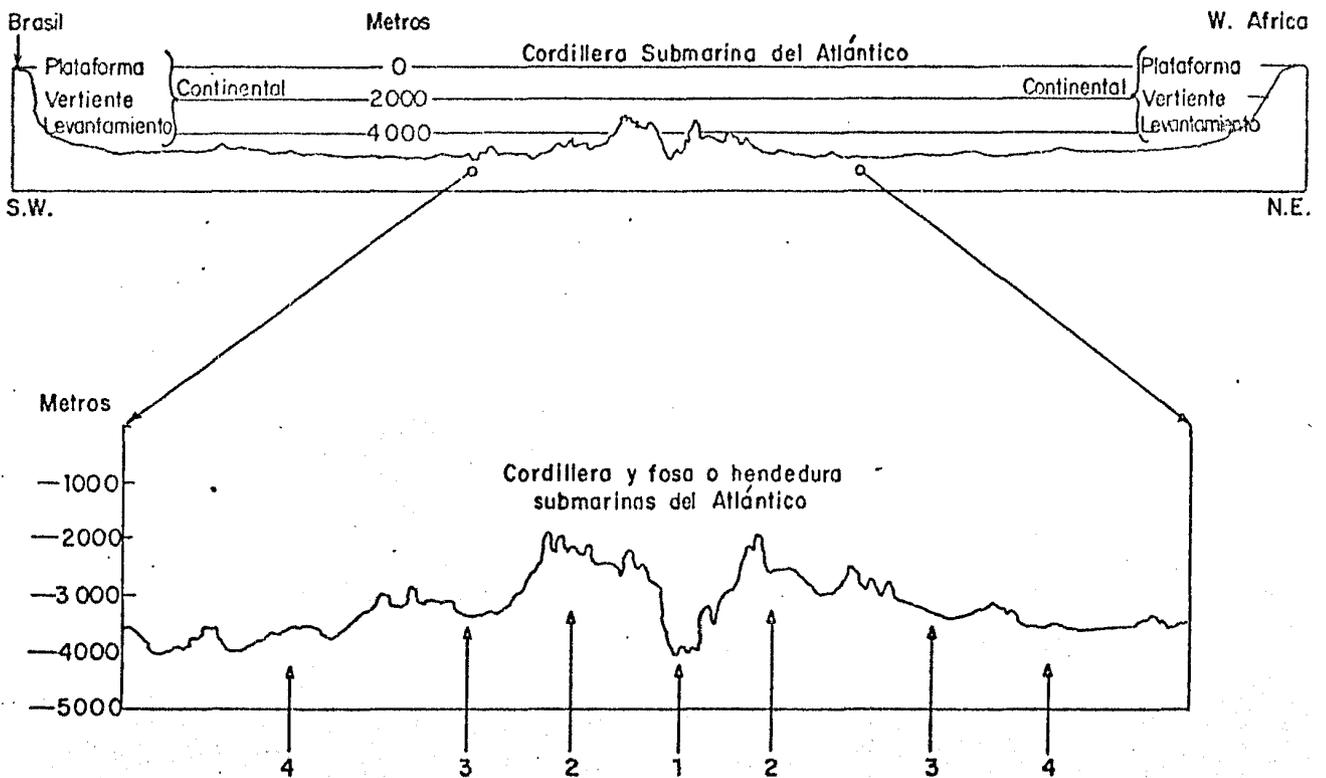


Fig. 10 La Cordillera Submarina del Atlántico :
1 fosa central ; 2 montañas centrales;
3 zona intermedia más plana; 4 bordes
montañosos exteriores abruptos.
Cuadros tomados de The Open University.
PRINCIPALES ACCIDENTES DE LA SUPERFICIE
TERRESTRE. 1974, p. 50 .

3. Campo Magnético.

Actualmente, de manera general se acepta que la tierra se comporta como si fuera un imán, y esto explica que la aguja de la brújula apunte al polo norte magnético. Sin embargo, es necesario remontarse al pasado, para entender el magnetismo terrestre. Hace mucho tiempo que los chinos descubrieron las propiedades de la piedra imán (magnetita), que usaron para distintos fines; uno de ellos fue orientarse en sus largos viajes.

La teoría actual más aceptada, que explica el magnetismo terrestre, es la llamada " Teoría de la Dínamo ", y se le atribuye a E.C. Bullard y W.M. Elsasser, en ella afirman que el núcleo externo de la Tierra actúa como un dínamo, que se autoexcita, es decir, que el planeta gira y crea un campo magnético.

También menciona que la Tierra comenzó sin un campo magnético propio, que sólo contaba con el débil campo de la galaxia, y empezó a formar el suyo gracias a corrientes eléctricas que se originan en el núcleo externo (que está formado de hierro fundido a elevadas temperaturas), de modo similar a las que se forman en un recipiente con agua hirviendo (ocasionadas por diferencias de temperaturas); a estas corrientes se les llama de convección, que principalmente ocasionaron campos electromagnéticos que fueron ordenados en uno solo por el fenómeno de la rotación de la Tierra.

Sin embargo, surgió una nueva interrogante, que planteaba lo siguiente: Si el magnetismo terrestre se produce en forma similar al de un dínamo, entonces, a lo largo de la historia del planeta tuvieron que existir variaciones magnéticas, debido a que los movimientos de los fluidos se encuentran en el núcleo externo, y al originar el campo magnético, éstos son tan inestables que producen modificaciones al mismo, llamadas variaciones seculares del geomagnetismo, que consisten en el desplazamiento del polo norte magnético (desde hace 300 años aproximadamente se lleva un registro en las ciudades de Tokio y Londres, y se observa que el ángulo formado con el polo norte magnético ha variado).

El tiempo del registro de la migración del polo norte magnético era tan breve, que no trascendió este hallazgo, hasta que se descubrió que algunas rocas ígneas como las basálticas que, al enfriarse y solidificarse, quedaban "grabadas" en ellas, la dirección del campo magnético que actuaba en ese momento; es decir, se transformaban en "fósiles" que señalan la dirección del antiguo campo magnético.

Para que las rocas ígneas queden magnetizadas, es indispensable que estén fundidas y al enfriarse pasen por la temperatura Curie 19/, y adquieran la magnetización del

19/ También se le llama Punto de Curie, y es una elevada temperatura en la que los materiales se funden y pierden la propiedad de magnetizarse. Para cada tipo de material es distinto el Punto de Curie.

campo existente en ese momento. A este fenómeno se le llama magnetización termorremanente; recientemente se detectó que rocas sedimentarias que sufrieron fuertes calentamientos, también registran antiguos campos magnéticos.

A principios de los años cincuentas, los científicos , ayudados por el magnetómetro de gran sensibilidad diseñado por Blau, se lanzaron a medir el magnetismo de rocas de diferentes puntos del continente europeo y se descubrió que en distintos momentos geológicos, el norte magnético de las rocas variaba; se podría creer entonces que éste migraba, pero al estudiar el magnetismo de las rocas del continente americano , se encontró algo realmente interesante. Las trayectorias seguidas por el polo norte magnético, de acuerdo a la información de las muestras de rocas europeas, no coincidía con la trayectoria que resultaba de las rocas americanas, y la única forma de hacerlas coincidir era desplazando los continentes en tal forma, que cerraran el océano Atlántico.

Se encontró que la posición del polo norte magnético ha ido variando en el tiempo, describiendo trayectorias diferentes para cada continente. La explicación de este hecho, consiste en que los continentes se han movido con respecto a la actual posición del polo magnético, puesto que las trayectorias son diferentes para cada masa de tierra. De los estudios magnético-cronológicos de las rocas de distintos puntos del planeta, se pueden concluir que a medida que se retrocede en

el tiempo, los continentes se agruparon hasta formar, hace 200 millones de años, ese protocontinente del que ya se ha hecho mención. Posteriormente, el uso del magnetómetro permitió conocer la dirección e intensidad del campo magnético; hasta entonces fue posible detectar características magnéticas de la región que se pretendía estudiar, y así fue como se hallaron las "anomalías magnéticas", que se definen como la diferencia entre una intensidad medida y alguna referencia estandar que se escoge normalmente para representar en su conjunto y tan exactamente como sea posible, variaciones mundiales (estas anomalías se obtienen restando la intensidad magnética, que se calcula debería existir y la intensidad real que se registra).

En 1963 los científicos Vine-Matthews publicaron una teoría que se basaba en el estudio de extensas zonas con anomalías magnéticas, y al investigar el fondo marino hallaron que las anomalías estaban dispuestas en franjas o bandas de 20 a 30 Km. de anchura y cientos de Kms. de longitud. Y que existían bandas que registraban las anomalías de las rocas que estaban magnetizadas en el sentido más o menos actual del polo norte magnético y otras franjas que registraban anomalías de rocas inversamente magnetizadas con respecto al actual polo norte magnético.

Cuando cartografiaron las anomalías magnéticas del fondo marino, notaron una gran coincidencia con la topografía del mismo, puesto que las crestas dorsales del fondo oceánico (cor

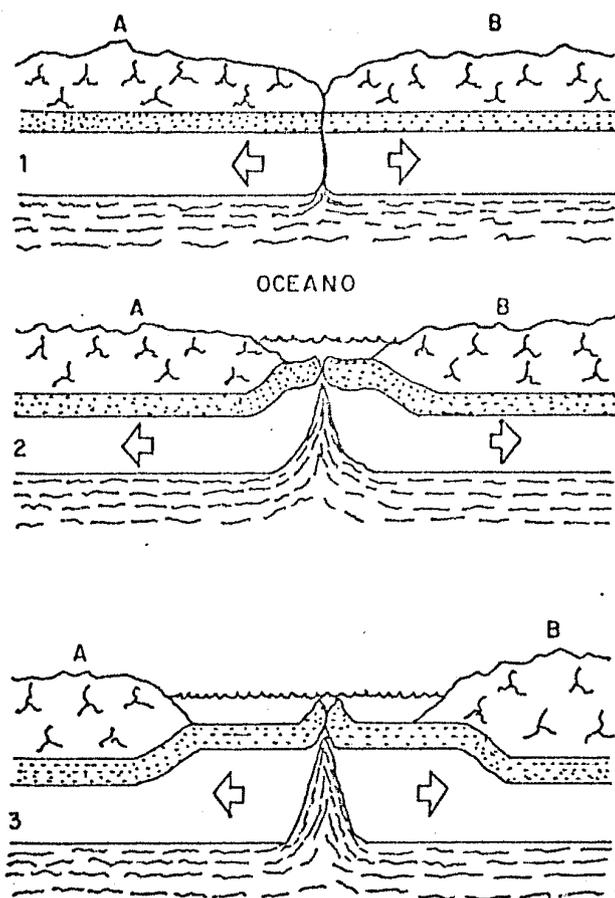
dilleras mesoocéánicas) se localizaban en el centro de estas anomalías, porque eran simétricas, respecto a las crestas dorsales, y similares de océano a océano, excepto por sus distintos tamaños.

Apoyándose en los descubrimientos anteriores, afirmaron que existía un movimiento en la Astenosfera (que corresponde a los primeros 100Kms. del interior de la tierra), que se originaba porque ahí existían capas de materiales blandos y semifluidos; estos desplazamientos provocaron que en el antiguo continente Pangea se produjera primero una fractura, que lo separó en dos bloques; el material fluido de la Astenosfera sube y sale por la abertura, formando una dorsal oceánica y luego se deposita a uno y a otro lado de las dos grandes masas continentales, y los comienza a empujar separándolos, y así es como se inicia la formación de un reciente océano.

El material salido de la dorsal oceánica, es magma procedente del manto caliente, que al enfriarse por debajo del punto de Curie, se magnetiza en el sentido normal o invertido del campo magnético dominante en ese periodo específico (fig. 11).

Para conocer la velocidad del desplazamiento del fondo marino, es necesario saber la edad de las rocas 20/, que

20/ DATAACION.- Es el método más común, empleado para determinar la edad de las rocas y se basa en la medición de las concentraciones actuales de núcleos originales y núcleos transformados. Existen cinco tipos de relojes radioactivos utilizados para determinar la edad de los eventos geológicos. Surendra P. "La edad de la tierra". Revista Naturaleza. V.4, No.4, 1973, pp.160-169.



SECUENCIA DE LA SEPARACION DE DOS CONTINENTES Y CREACION ENTRE ELLOS DE UN OCEANO.

forman las bandas magnéticas y esta velocidad de alejamiento de las bandas con respecto a las cordilleras oceánicas, es variable en el tiempo y en es espacio; sin embargo, "el valor mitad del desplazamiento en la dorsal mesoatlántica y la dorsal Este del Pacífico, se ha determinado aproximadamente como de 1 cm/año y 5 cm/año respectivamente" 21/. Estos valores se obtienen sumando el desplazamiento de una banda magnética data da y su correspondiente del otro lado de la dorsal oceánica. Otros investigadores han obtenido medidas de expansión que no coinciden con las anteriores; esto se debe a que el desplazamiento en las dorsales, no es homogéneo, por ejemplo; " Algunos cálculos suponen que la velocidad relativa del océano Atlántico es de aproximadamente 3 cm/año de modo que en 200 años, se ha separado en 6,000Kms. la distancia desde la costa de América a Europa-Africa" 22/.

4. La tectónica de placas.

Los datos aportados por el Paleomagnetismo, permitieron que la vaga idea del desplazamiento del fondo marino, se transformara en una realidad que quedó registrada en el magnetismo de las rocas oceánicas y permitió conocer la historia de esta "cinta registradora" y del desplazamiento o traslación de los continentes.

A raíz del nuevo concepto de la expansión del piso marino,

21/ Sydney P.C.Jr., ob.cit., pp.44-45

22/ Udias V.A., ob.cit., p.67.

asociado a la vieja hipótesis de la Deriva Continental, surge la Teoría de la Tectónica de Placas, la cual adquiere prestigio, cuando, en la revista "Nature" en 1967, D.P. Mackenzie y R.L. Parker plasman sobre un planisferio la distribución de los epicentros, así como la topografía más relevante de las cuencas oceánicas y la de la superficie continental y notan una gran correlación entre éstos.

A partir de este artículo, se pudo afirmar que casi todos los sismos se producen a lo largo de las dorsales oceánicas, fallas transformantes, arcos de islas y algunas importantes fajas orogénicas (como los Andes, Himalaya-Alpino, etc.). Además, se descubrió que si se trazan líneas que unan todos los accidentes y fenómenos antes mencionados, se obtendría la superficie terrestre delimitada por una serie de bloques o losas que reciben el nombre de "Placas Tectónicas", las cuales según Wyllie J. Peter (1974), tienen aproximadamente 100 Km. de espesor y se mueven lateralmente sobre la Astenosfera (fig. 12). Debajo de la capa más externa de la Tierra, llamada Litosfera (que es sólida y resistente), se encuentra la Astenosfera de aproximadamente 70 Km. de profundidad hasta 260 Km. (es parcialmente fundida) y esto permite que sobre la Astenosfera plástica se encuentren "flotando" placas o bloques rígidos.

Para confirmar lo antes dicho, Dewey (1972), afirma lo siguiente: "Los continentes viajan sobre las placas en movimiento y su deriva es consecuencia del movimiento de las placas ,

FORMACION DEL OCEANO ATLANTICO .

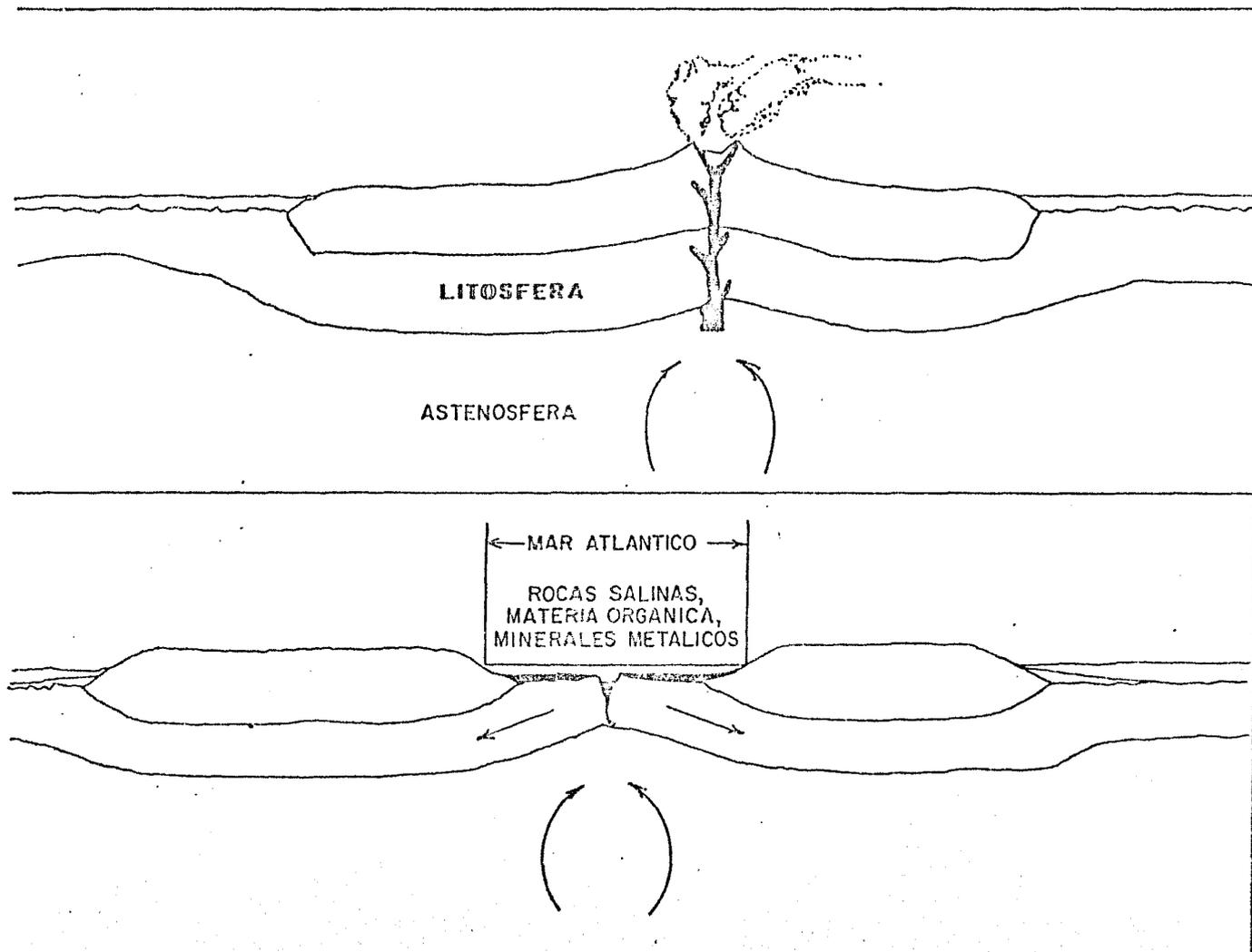


Fig. 12 Cuadro tomado de Selecciones de Scientific American
DERIVA CONTINENTAL Y TECTONICA DE PLACAS.1981, p.241.

al igual que la expansión del suelo marino es una resultante de la movilidad de las placas. Los continentes pueden separarse a través de un océano en expansión (Africa y América del Sur) o acercarse uno al otro (Australia y el sureste de Asia); y llegar a chocar (la península de la India y el Tibet").

En la actualidad se consideran seis grandes Placas Tectónicas y otras de menor tamaño (fig. 13), cuyos límites entre sí pueden ser de tres tipos:

- a) Bordes de crecimiento : También se les conoce como zonas de expansión y son los límites en los cuales las placas se apartan unas con respecto a otras; y esto se lleva a cabo cuando el límite entre las placas es una dorsal oceánica, que está produciendo material que origina nueva corteza marina y separa así las placas adyacentes (fig.14)

- b) Límites Destructivos: Reciben también el nombre de zonas de subducción. Estos bordes se caracterizan porque en ellos la corteza se consume, al introducirse por debajo de los sistemas de arcos de islas o de fosas oceánicas, o de algunas cadenas montañosas. La litosfera al sumergirse penetra más allá de la Astenosfera (aproximadamente a una profundidad de 700 Km.).

LAS SEIS GRANDES PLACAS TECTONICAS.

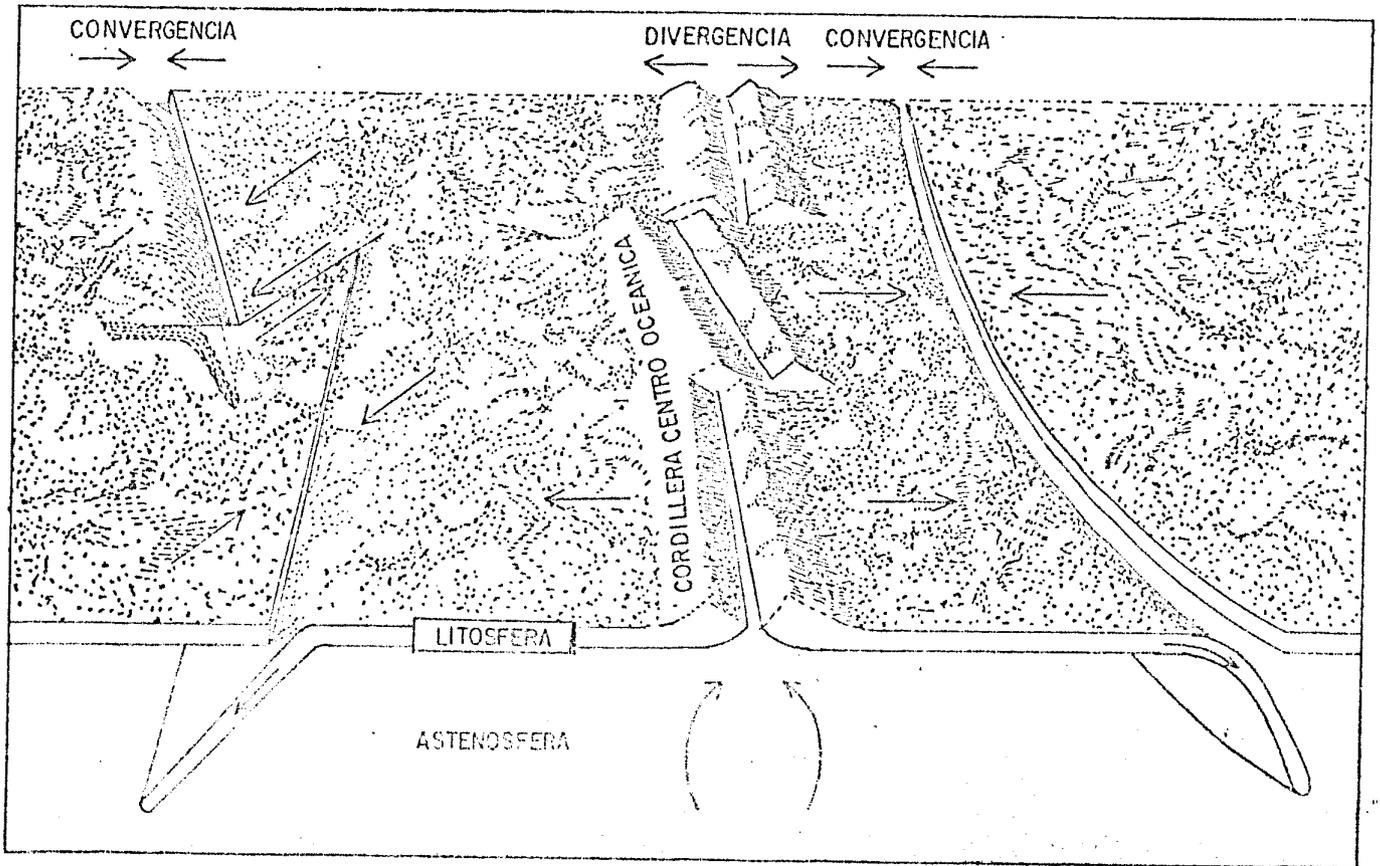
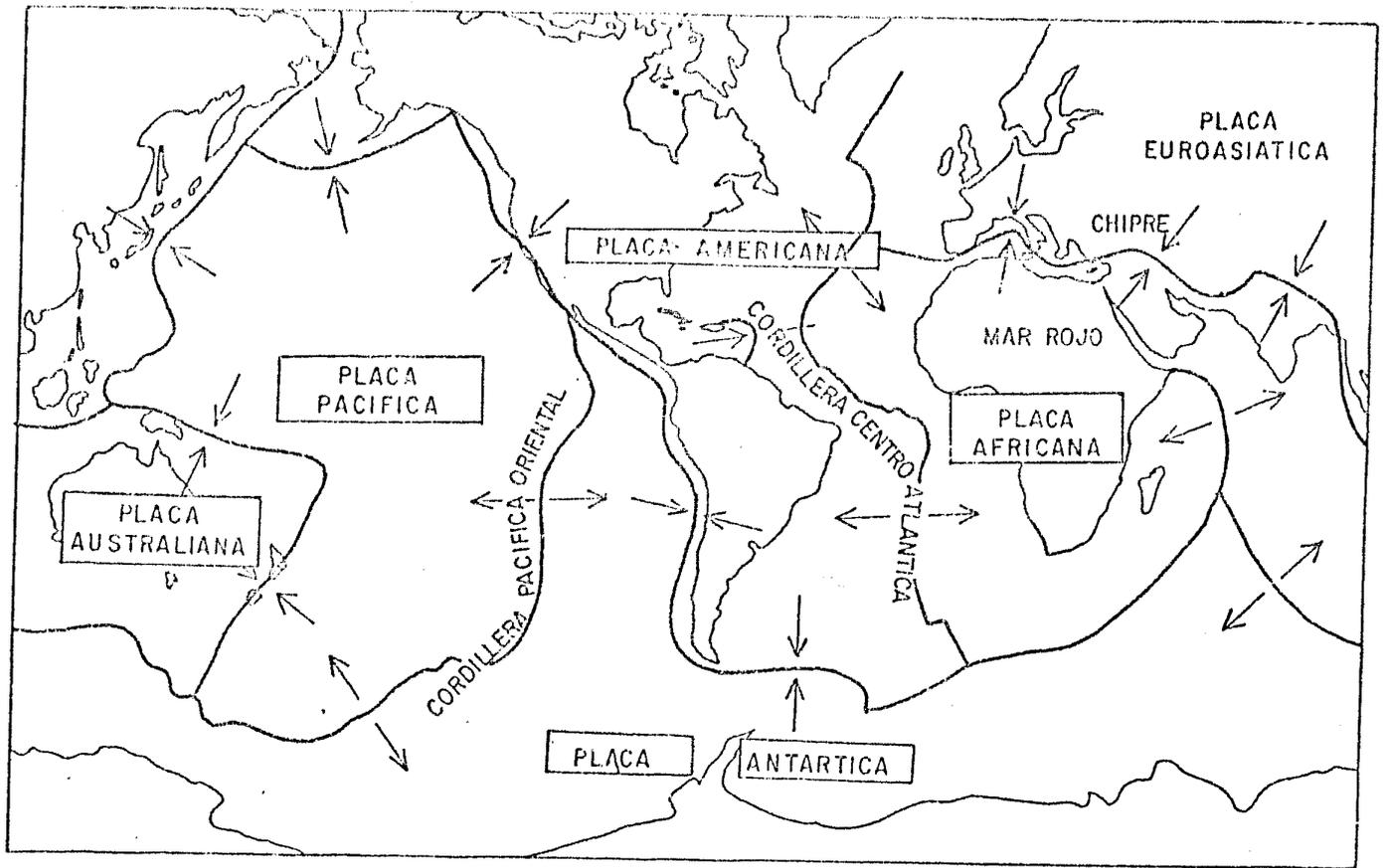
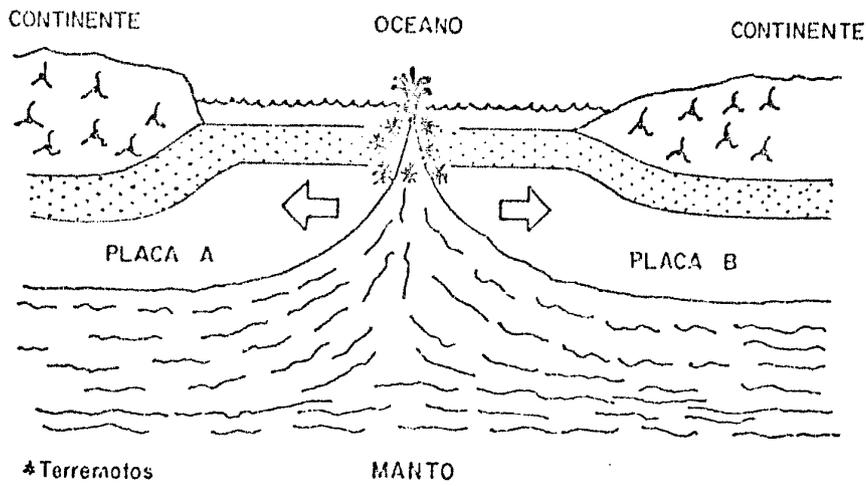
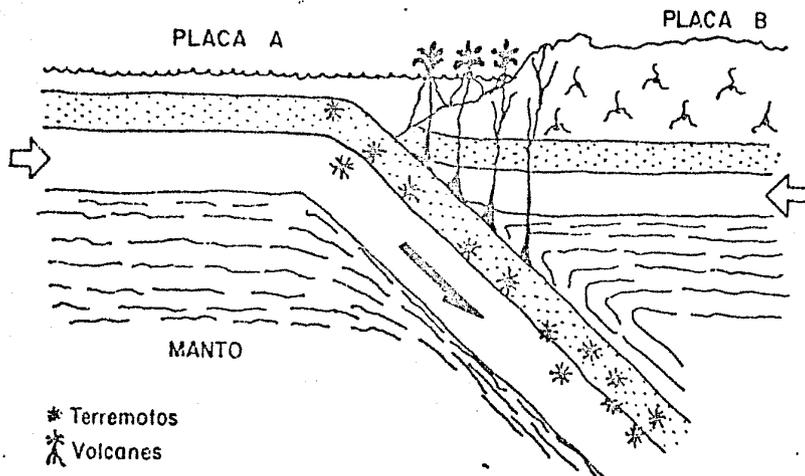


Fig. 13 Lamina tomada de Selecciones de Scientific American DERIVA CONTINENTAL Y TECTONICA DE PLACAS. 1981, p.234.



ZONA DE EXTENSION ENTRE DOS PLACAS.



ZONA DE SUBDUCCION ENTRE DOS PLACAS.

Fig. 14 Cuadros tomados de Udias V. A. LA FISICA DE LA TIERRA. 1981, p. 61.

c) Bordes Conservadores: Se producen, cuando los límites entre las placas, propician que éstas se deslicen unas con respecto a otras. Este tipo de límites está asociado con las fallas de transformación, que frecuentemente cortan el eje de las cordilleras oceánicas.

Aunque en la actualidad la teoría de la Tectónica de Placas ha resuelto muchas interrogantes, como el origen de algunos sistemas montañosos; la causa de los volcanes y otras actividades ígneas; algunos movimientos telúricos, y también muchos desplazamientos continentales, a la fecha todavía existen preguntas por resolver, y esto sólo se logrará uniendo cada una de las investigaciones que se realicen a nivel local, pero tomando en cuenta el desplazamiento horizontal de las masas terrestres que cada día es más claro y evidente. (fig.15).

LIMITES DE LAS PLACAS TECTONICAS

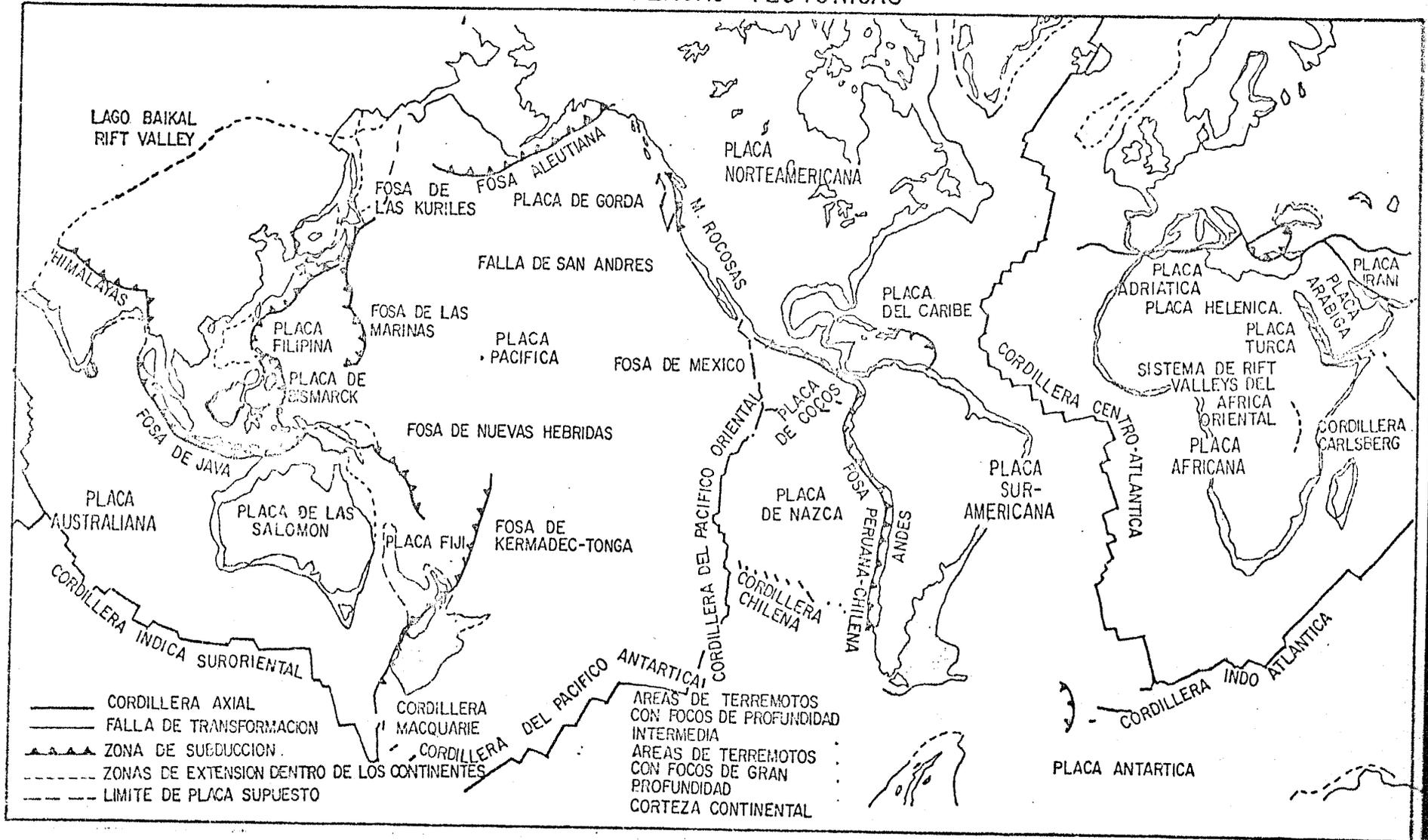


Fig. 15 Lamina tomada de Selecciones de Scientific American. DERIVA CONTINENTAL Y TECTONICA DE PLACAS.1981,p.181.

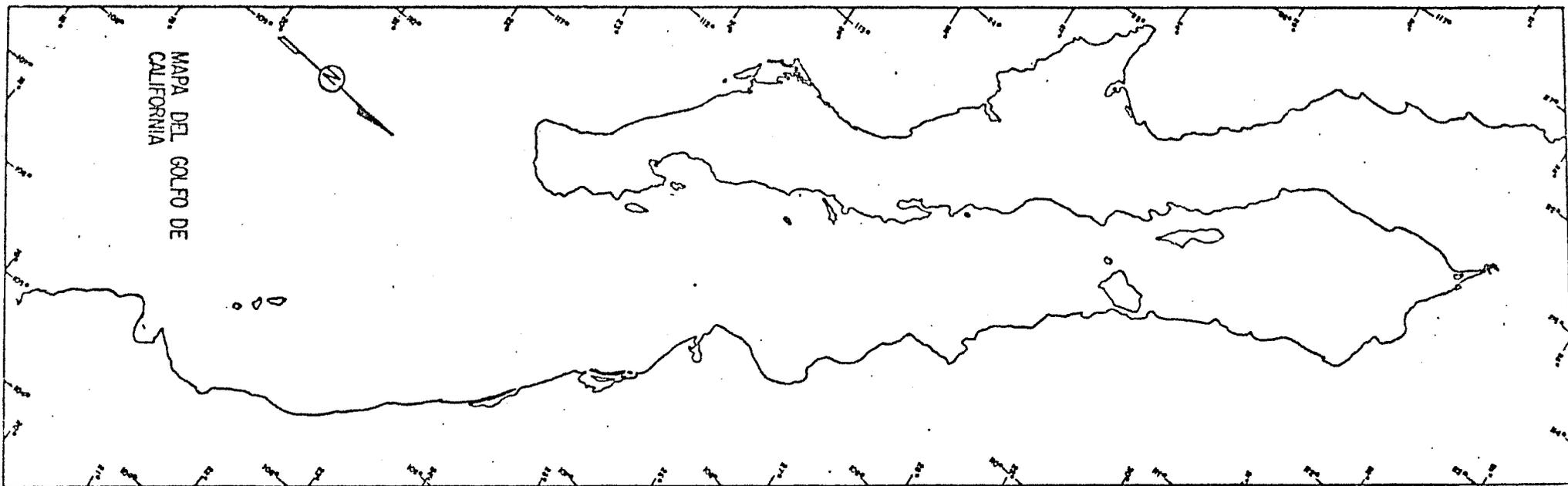
CAPITULO IV. ASPECTOS GENERALES DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

Las nuevas ideas que conforman el concepto de placas tectónicas, se están aplicando directamente para comprender diversos fenómenos que por otras teorías no han sido resueltos, como la explicación de los sismos profundos, la ubicación peculiar de las fajas volcánicas, el origen de los grandes accidentes orográficos y otros muchos que suman una larga lista de incógnitas por resolver.

En nuestro país existen zonas, donde para su conocimiento e interpretación, es indispensable el apoyo de la Teoría de la Tectónica de Placas. Una de estas áreas mexicanas es el golfo de California, el cual es especialmente interesante desde el punto de vista tectónico-oceanográfico, puesto que en su interior se llevan a cabo fenómenos que siguen evidenciando su inestabilidad (fig.16).

1. Expediciones.

Es necesario volver los ojos al pasado para concebir que las exploraciones realizadas en el golfo de California, están vinculadas estrechamente a la historia de México.



Esc. 1: 7,500,000

Fig. 16 Mapa del Mar de Cortés.

Antes de la conquista, los primeros asentamientos humanos en la región, fueron realizados por los indios, que atraídos por la abundante fauna terrestre, la cercanía al rico mar del golfo de California y el agua constante que bajaba de los valles semidesérticos, decidieron poblar las tierras cercanas al golfo.

Estos aborígenes lograron adaptarse de tal forma que edificaron culturas importantes, como por ejemplo la "Civilización Conchera", que se desarrolló en las costas interiores de la península de Baja California, apoyándose en la utilización de las riquezas costeras y marinas.

Dos años después de la conquista de Tenochtitlán; en 1523, el rey Carlos V le encomendó a Hernán Cortés que buscara una comunicación entre las costas orientales y occidentales de la Nueva España, para que la navegación española se abreviara, al dirigirse a las Indias Orientales (Asia). Cortés emprendió la empresa, y en 1534 uno de sus capitanes llamado Hernando de Grijalva, descubrió las costas de la California; al siguiente año el mismo Cortés navegó por ambas costas del golfo (se cree que a partir de este hecho, el golfo recibió el nombre de mar de Cortés).

En las cartas de relación que Cortés envía a Carlos V, le reporta la existencia de una gran isla -que correspondía a la península de Baja California- 23/. Finalmente en 1539, Cortés

23/ Leon Portilla, M., Descubrimiento en 1540 y primeras noticias de la isla de Cedros. Calafia (Rev. de la Universidad Autónoma de Baja California) Vol.2, Num.1, 1972, p.9

envía a Francisco de Ulloa a explorar más hacia el norte, acompañado por tres barcos; su travesía dura dos años y circunavega las costas del golfo de California y logra llegar cerca de la desembocadura del río Colorado, donde debido al color rojizo de las aguas, bautiza al golfo como "El Mar de Bermejo".

A raíz de los descubrimientos hechos por Cortés y su ejército, el piloto Castillo dibujó un mapa de México en 1541, donde incluyó a la península bajacaliforniana, cuya representación era muy similar a la actual. Sin embargo, en el reinado de Carlos II se desmoronaron estos avances, y se consideró a la península como un archipiélago de grandes islas, llamadas Carolinas. Y sólo hasta que los jesuitas Salvatierra, Ugarte y Eusebio Kino, viajan a través del golfo y de las tierras adyacentes, (entre 1701 y 1721), es como logran demostrar que la California es una península 24/.

Las investigaciones que se realizaron en el mar de Cortés después de la conquista de México, fueron harto importantes: por ejemplo, en la época colonial, el Barón Alejandro de Humboldt, en su "Ensayo Político sobre el reino de la Nueva España", describe la provincia de la vieja California, incluyendo

24/ Bassols B. A. El noroeste de México, Edit. UNAM. Instituto de Investigaciones económicas; México 1972. pp.185-198.

dentro de ésta al mar de Bermejo; sin embargo, las investigaciones científicas contemporáneas se inician en el golfo con el primer crucero hidrográfico que fue auspiciado por U. S. Fish Commission Steamer "Albatrus" en 1889 (townsend, C.H., 1901). Posteriormente la U. S. Navy a finales del siglo XIX efectuó otro crucero, y a partir de los datos obtenidos, elabora un mapa batimétrico escala 1:1000 000.

En el siglo XX, las modernas investigaciones estuvieron a cargo de "E. W. Scripps" que organizó un crucero en la primavera de 1939, donde se hicieron aproximadamente 3 000 sondeos en 53 estaciones hidrográficas, cubriendo íntegramente el golfo. Dentro de sus investigaciones se incluyen las mediciones de temperatura, salinidad, oxígeno y calcio; además muestrearon fitoplancton y zooplancton (Sverdrup 1941; Roden y Groves 1959).

A finales de 1940 se realizó una segunda expedición, organizada de nueva cuenta por E. W. Scripps Cruise, donde participaron los científicos sobresalientes del momento ; gran parte de los resultados obtenidos en esta travesía científica son todavía la base para recientes investigaciones.

2. Situación del Golfo.

El litoral mexicano del océano Pacífico mide 7,974Km. 25/

de longitud, dentro de los cuales aproximadamente 3 200 Km. le corresponden a las costas del golfo de California, es decir, el 40% de los litorales del Pacífico. Esta zona marítima ha recibido diversos nombres a través del tiempo: mar de Cortés, mar de Bermejo, golfo de Cortés y golfo de California; a más de ocupar una posición geográfica única a lo largo de la margen marina del océano Pacífico (fig.17), ya que se encuentra delimitado al oeste por el estrecho brazo continental llamado península de Baja California, que se distingue por su aridez. Hacia el norte y el este, colinda con los litorales semidesérticos de Sonora y Sinaloa. Todo el golfo comprende una gran cuenca de evaporación, la cual finaliza al sur, puesto que existe una comunicación abierta con el océano Pacífico (Roden, 1964).

Al observar un mapa del mar de Bermejo, su contorno asemeja un rectángulo y además se nota cierta similitud en su forma con la del mar Rojo y el golfo Pérsico.

Sigue una dirección N-NW y S-SE y su longitud es de 1 250Km, con anchuras que varían desde 92Km. al sur de la isla Tiburón, hasta 222Km. en la porción meridional de la península Bajacaliforniana. Sus coordenadas son 31°40' Lat.norte, 115°long. oeste y 23°lat.norte, 107°long. oeste; la profundidad media se considera de 800m., la superficie de sus aguas se ha calculado en 181 000 Km² y se cree que su volumen es de 145 billones de m³ 26/.

3. Morfología Terrestre.

Las tierras que bordean al golfo se pueden agrupar en dos regiones geomórficas que son: la planicie costera del noroeste y la vertiente oriental californiana (Tamayo 1980).

I) La planicie costera del noroeste.

Se distingue por tener una dirección NW-N a S-SE y forma una franja de 1 400 Km. de longitud, y con una amplitud (limitada por la sierra Madre Occidental y las aguas del golfo de California al este y oeste respectivamente) que varía de 250Km. al norte a 75Km. al sur; la altitud media de estas tierras es de 100m. sobre el nivel del mar. La planicie costera se inicia en los E.U.A. y finaliza al toparse con el río Santiago; dentro de su área se ubican parte de Nayarit, Sinaloa y Sonora.

Es una zona de pendiente suave, que se inclina hacia el mar, en ocasiones se observan cerros erosionados o sierras de poca altura asociados a conos aluviales muy tendidos. Las escasas lluvias de carácter torrencial, han provocado que las vertientes ya muy "desgastadas" de la sierra Madre Occidental aporten abundantes cantidades de materiales detríticos de edades recientes, sobre la planicie costera. Desde el norte de Sonora hasta el río Yaqui se presentan grandes áreas de típicas llanuras desérticas, donde la escasa precipitación no ha permitido la formación de un avenamiento organizado; contri-

buyen a ello la excesiva evaporación y la presencia de dunas. En la zona norte se pueden encontrar sedimentos deltáicos del río Colorado y en la parte meridional de la planicie es posible encontrar llanuras aluviales formados por los materiales que han sido arrastrados de las serranías, y que han elevado el terreno, y con esto provocan que los cauces de las corrientes en su curso inferior sean meándricos 27/.

Esta llanura costera se encuentra relacionada con una plataforma continental amplia, de posible carácter deposicional y con un talud moderado, excepto en la parte media de la planicie, donde el talud se profundiza rápidamente 28/. Dentro de la llanura se encuentran numerosos esteros y lagunas costeras, estas últimas se localizan en la región norte, donde reciben muy poca agua dulce por la escasez de lluvia, y su desarrollo está más bien vinculado con las mareas, cuya amplitud es grande; más al sur, entre Guaymas y Mazatlán, existe una serie continua de estas lagunas costeras, que reciben abundante aporte de aguas dulces provenientes de las precipitaciones continentales.

Aunque la planicie costera del noroeste de México está considerada como una sola unidad geomórfica, dentro de ella existen algunas diferencias que han servido para zonificar

27/ Ibíd., pp.56-62

28/ Rodríguez R. Carranza A., y Gutiérrez M. Unidades Morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. UNAM. C.C.L.M. (1975) pp.81-88

esta unidad en tres:

- a) Zona desértica de Sonora; b) Llanura costera de Sinaloa;
- c) Zona de sierras y valles paralelos de la sierra Madre Occidental 29/.

En las dos primeras zonas, el tipo y edad de las rocas localizadas es muy variable, pero la última, que se encuentra más al sur, se identifica porque es más ancha y predominan las rocas volcánicas terciarias (fig.18).

La llanura costera desde Mazatlán a los Mochis, Sinaloa, forma un plano inclinado hacia el suroeste, razón por la cual en esta zona, el curso de los ríos es normal a la costa 30/ ; aquí mismo es posible observar una tendencia a la inmersión que se comprueba con el origen de las bahías de Mazatlán, Guaymas y Topolobampo; es decir, en las costas de Sonora y Sinaloa existen evidencias que muestran recientes sumersiones , como en el caso de terrazas que se encuentran bajo el nivel del mar y en su base se encuentran huellas erosivas que fueron "trabajadas" por las olas, lo que permite suponer que en épocas recientes, estas formas costeras estaban sobre el nivel del mar 31/

29/ Alvarez, M. Jr., Apuntes de la clase de Geología, Paleogeografía y Tectónica de México. 5o. año de la carrera Ing.Geol., Fac. de Ing., UNAM (1962) (inéditos) p. 120.

30/ Rodríguez R. y otros, ob.cit., p. 84.

31/ Tamayo L.J. ob.cit., pp.61-62.

II) Vertiente oriental californiana.

Es una franja angosta de aproximadamente 5Km. de anchura promedio, y está limitada al oeste por la sierra californiana y al este por el mar de Bermejo, los cuales se encuentran próximos entre sí y provocan la angostura de la vertiente; mide aproximadamente 1 250Km. de longitud y es posible distinguir dos zonas principalmente a lo largo de la costa:

a) Zona deltáica del río Colorado y b) costa Bajacaliforniana.

a) La primera se localiza en la parte septentrional del golfo, y tiene una plataforma continental bien desarrollada

debido al vasto aporte de materiales del río Colorado,

que cubre un área triangular con base en el sur, la que tiene aproximadamente 50 Km. de anchura media y 100 Km.

de longitud norte-sur; estos materiales acarreados han

originado una llanura aluvial, casi totalmente seca. Otra

característica interesante de la zona, es que una parte

del delta se encuentra sumergido y esto parece estar en

relación con la última transgresión post-pleistocénica 32/.

b) La costa Bajacaliforniana en contraste con la zona anterior,

se asocia a una plataforma continental muy estrecha o casi

nula. El resto de la costa oriental Bajacaliforniana mues

tra mesetas cortadas por fallas, que señalan diferentes

32/ Van Andel, T.H., Recent Marine Sediments of Golf of California. In: Tjeerd, H. Van Andel and G.G.Jr. Shor (Eds) am. ass. Petrol. Geol. Mem., 3: 2 , 1963, pp.240-245.

períodos de levantamientos, recientemente observados en toda la península de Baja California; algunas exhiben rocas del pleistoceno reciente y otras presentan coladas volcánicas unidas a materiales piroclásticos, que han sido resultado de la actividad del cenozoico. Los declives de la serranía Bajacaliforniana se aproximan bastante al mar y, a veces, de la meseta escalonada se pasa a una angosta playa de varios metros y, en otros tramos no hay playa 33/.

Toda la vertiente oriental californiana abarca una amplia zona de Baja California, Baja California Sur y sólo una pequeña porción del noroeste de Sonora (zona del delta sonorense). Se puede afirmar que en la costa oriental de la península de Baja California, se está produciendo un movimiento de emersión, es decir, de levantamiento, ya que evidencias de terrazas marinas cuaternarias confirman estos movimientos de ascenso; como en el caso de los alrededores de Santa Rosalía, donde se localizan las terrazas más altas (entre +4 y +70 metros de altura), además del mayor número de ellas 34/.

33/ Tamayo L.J. ob. cit., p. 59

34/ Ortlieb L., Reconocimiento de las terrazas marinas cuaternarias en la parte central de Baja California. UNAM. Instituto de Geología. Rev., Vol.2 Num.2 1978, pp.206-207.

4. Climas y Mareas.

El golfo está situado en una región árida, debido fundamentalmente a dos factores: 1) A su ubicación con respecto a la zona subtropical de alta presión, que determina la dirección y época en que soplan los vientos secos y, 2) a la orientación de la sierra alta y continua de la península de Baja California, la cual evita que el océano Pacífico ejerza su influencia húmeda sobre la región. Por lo que se puede afirmar que la mayor parte del golfo está controlada por un clima continental.

Dentro del área del golfo prevalecen los vientos extremadamente secos del desierto, que soplan del norte entre las estaciones del invierno y primavera; por cierto, en este mismo período, específicamente entre diciembre y febrero, es común que soplen vientos de intensidad moderada, que provienen también del norte y cuya permanencia ininterrumpida dura de dos a tres días, estos mismos vientos incrementan su velocidad en el canal de Ballenas (entre las montañas costeras Bajacalifornianas y la isla del Angel de la Guarda), esto provoca que la navegación sea más difícil y riesgosa.

La temporada de lluvias está bien marcada en el año. En el centro y norte se presentan las lluvias en invierno y en el verano en la parte sur. Sin embargo, es más abundante la precipitación sobre el flanco este que sobre el oeste, y la mitad norte del golfo es seca-desértica, con una lluvia anual menor a 100mm. Por el contrario, en la zona sureste llueve a lo lar-

go de la costa más de 1000mm. por año.

Dentro de la zona, es importante la presencia de huracanes y ciclones tropicales, puesto que ellos provocan la variación de la precipitación. En 1968 se registraron 93 ciclones tropicales en el este del Pacífico Norte, con velocidades del viento de 34 nudos (63 Km. en una hora) y 30 de ellos lograron velocidades cercanas a 74 nudos (137.122 Km. en una hora) 35/

Algunos autores como Borrego (1980), consideran que la zona este del Pacífico Norte es la segunda en incidencias de ciclones tropicales, sólo después de la zona de tifones en el oeste del Pacífico Norte.

Los huracanes y tormentas tropicales ocurren de junio a noviembre, con alta frecuencia en septiembre. Estos ciclones tropicales provienen de una área de origen localizada, aproximadamente entre 15° lat. norte, 20° lat. norte y 100° long. oeste, 110° long. oeste. Algunos de éstos penetran al golfo de California y se disipan en distintos lugares de Sinaloa y Sonora. Existe una larga lista de daños que estos huracanes causan cada año en lugares como Manzanillo, Mazatlán, La Paz,

35/ Harris, M. F., Effects of tropical cyclones upon southern California. M.A. Thesis. San Fernando Valley State College, San Fernando, Cal. p.89

San Felipe, etc., 36/.

El territorio circundante al mar de California es árido en general, principalmente porque la evaporación excede a la cantidad de agua originada por la precipitación pluvial y al aporte de los ríos; y esto contribuye a que el mar de California sea una cuenca de evaporación. Se estima que la evaporación de la superficie marina de la porción meridional del golfo es de 130 cm. al año, y en la zona septentrional fluctúan entre 200 y 250 cm. al año, con su mínima en invierno y su máxima en verano 37/. Como se mencionó anteriormente, en invierno y en primavera soplan vientos del norte que impulsan el agua del mar Bermejo hacia afuera, y esto provoca una pérdida de agua diez veces mayor que la que ocasiona la evaporación en esta temporada del año.

Se puede concluir que en el área del golfo de California existen en su mayoría los climas BS y BW (seco estepario y seco desértico) y en pequeñas porciones los Cs (templado con lluvias en invierno como en el norte) y Cw (templado con lluvias

36/ Alvarez B. S., Gulf of California. Centro de Investigaciones científicas y de educación superior de Ensenada, B.C. Espinoza 843 Editores. Ensenada, Baja California, México, 1980 pp.5-6

37/ Roden, G.I. and G. W. Groves. Recent Oceanographic Investigations in the Gulf of California. Marine Res. Your. Vol.18, num.1., 1959, p.20.

en verano en la parte sur de la península Bajacaliforniana)38/
(fig.19).

En el mar de Cortés las mareas son de dos tipos, la semi-diurna con pleamares y bajamares con intervalos de 6 horas y las diurnas con una sola pleamar y bajamar en 24 horas. Las mareas en el golfo de California son las más grandes y peligrosas del mundo, se han logrado registrar en primavera, alturas mayores a los 10 metros (en pleamar) en la desembocadura del río Colorado, que es la región más al norte del golfo 39/.

5. Batimetría.

El golfo de California es una complicada estructura oceanográfica, que se describe como una gran cuenca larga, y angosta, cerrada en el norte y abierta al Pacífico en el sur. En 1950, Shepard elaboró una carta batimétrica del área, y la consideró como una depresión profundamente afallada y cortada; la cual se asemeja morfológicamente al mar Rojo 40/ y al golfo de Pérsico.

38/ García de M. E. Apuntes de climatología. Larios e hijos Impresores, S.A. México, 1978 pp.135-137.

39/ Filloux, J. H. Tidal Patterns and Energy Balance in the Gulf of California. Nature, 1973. p. 219.

40/ Investigaciones hechas por Carey 1950; Drake, 1959; y Swarts Arden, 1960, mencionan que el golfo de California y el mar Rojo tienen muchas afinidades, no sólo en su forma, sino también en su tipo estructural y su génesis.

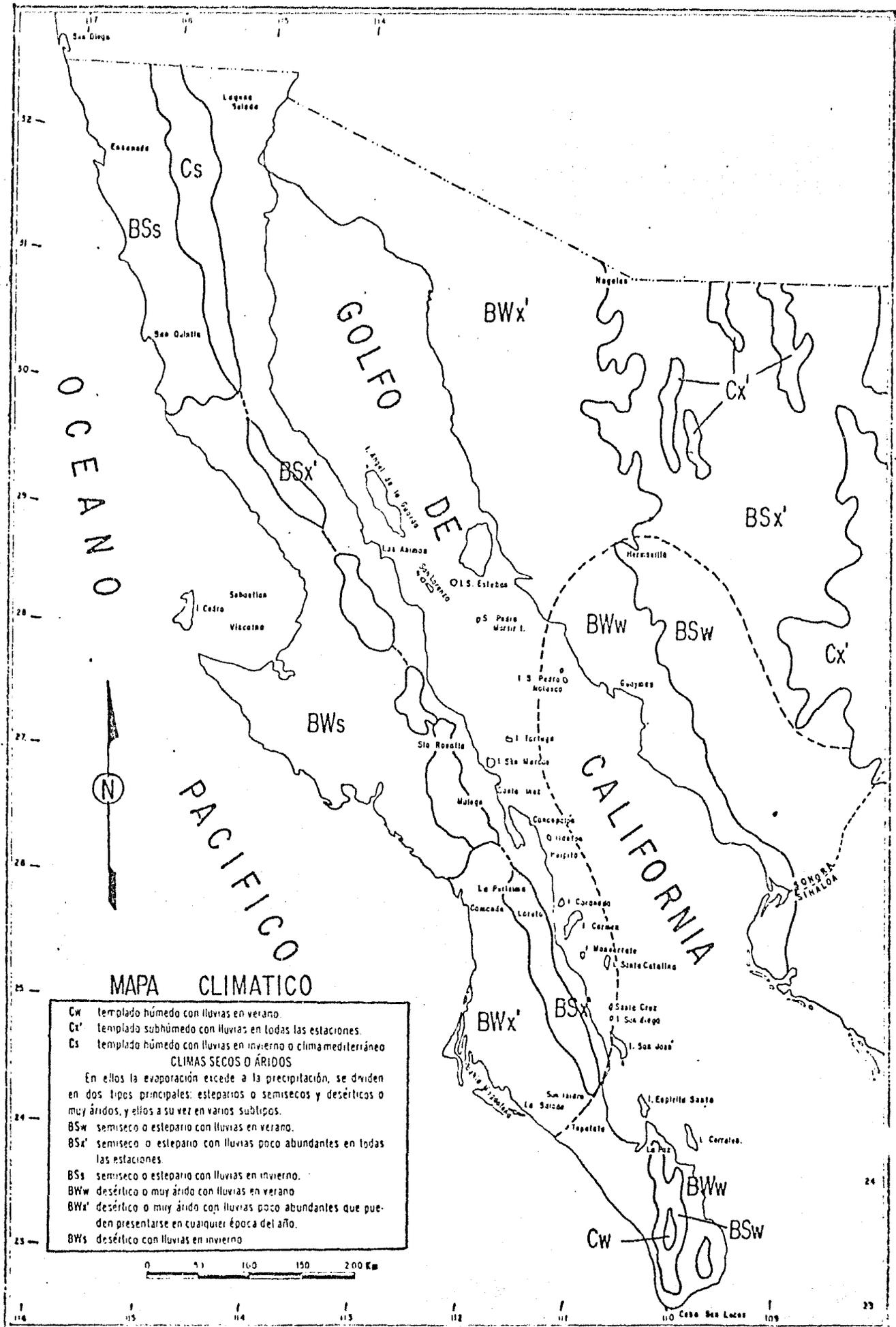


Fig. 19 Mapa tomado de García E. M. APUNTES DE CLIMATOLOGIA. 1978 pp. 132-133.

En el interior de esta gran cuenca marina, se localizan varias islas, de las cuales destacan la Cerralvo, Espíritu Santo, San José, San Diego, Santa Cruz, Santa Catalina, Monserrat, Del Carmen, San Marcos, San Lorenzo, Angel de la Guarda, Tiburón, Tortuga, etc. (fig. 17).

En general, la topografía submarina del golfo es casi llana en el norte y con profundidades someras; en cambio en las zonas más al sur, el piso marino es rugoso con taludes escarpados y profundidades que superan los 3000 m. (fig.20)

Las características del relieve marino permitieron dividirla en tres principales regiones, que reciben su nombre por su ubicación, y son: a) Norte, b) Centro y c) Sur 41/. Dentro de las cuales se encuentran las 9 cuencas marinas más importantes (fig.21), que por cierto son alargadas y sus ejes mayores son paralelos al del golfo:

CUENCAS MARINAS	PROFUNDIDAD MAXIMA
Delfín	500 m.
Tiburón	670 m.
Sal si puedes	1 170 m.

41 / Rusnak, G.A., R.L. Fisher and F.P. Shepard. "Bathymetry and Faults of Gulf of California" in Marine Geology of the Gulf of California. Symposium Am. Assoc. Petroleum Geologists. Mem. 3. 1964. pp.60-63.

PERFILES BATIMÉTRICOS DEL
GOLFO DE CALIFORNIA.

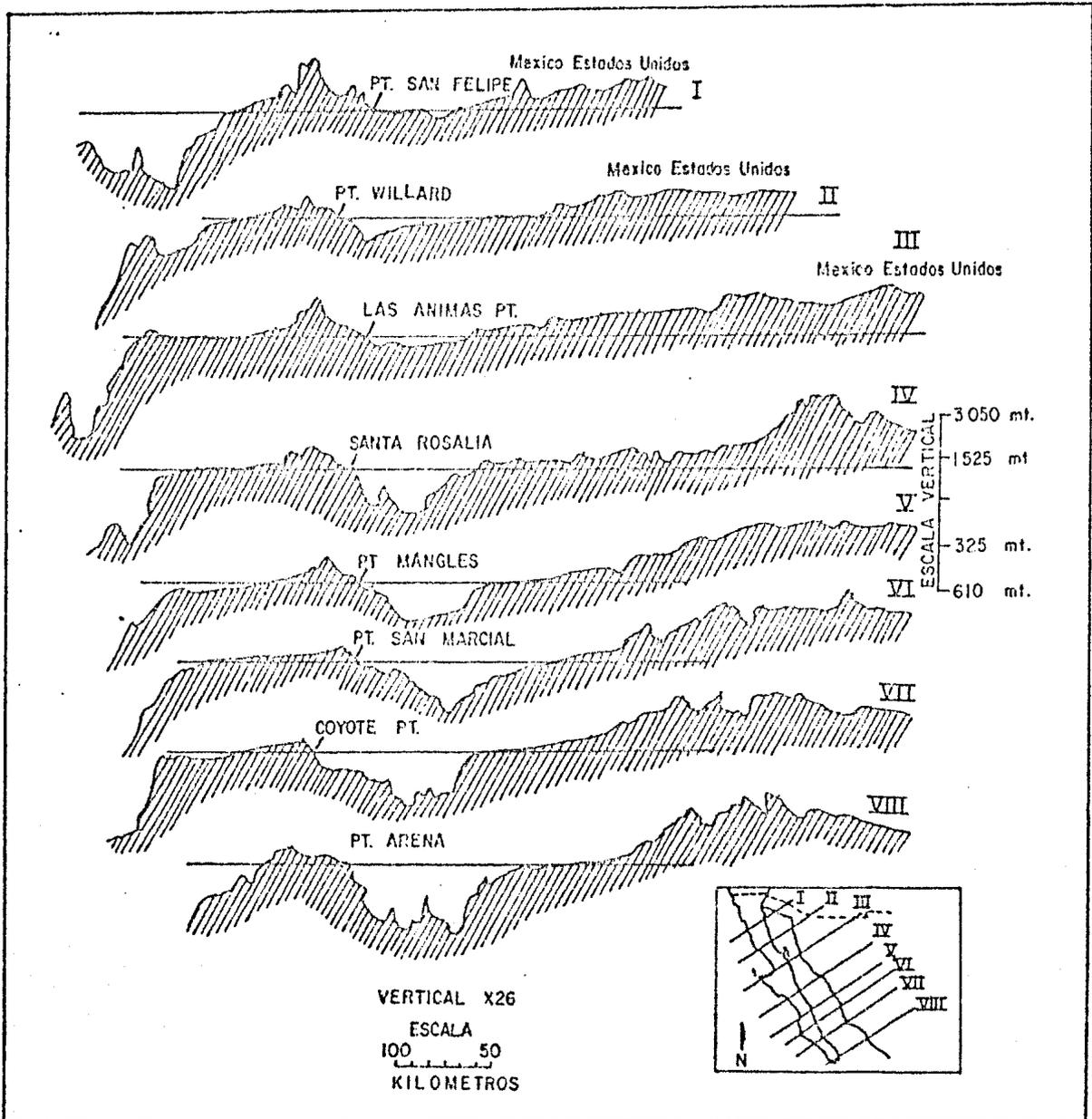
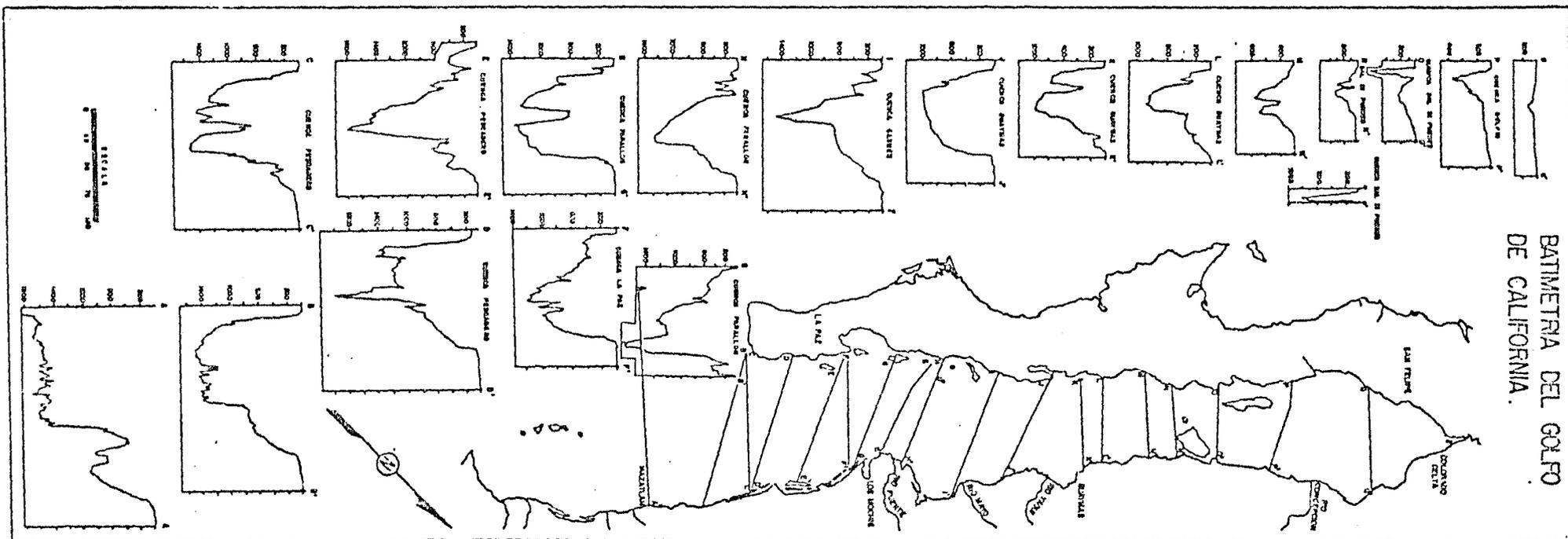


Fig. 20 Cuadro tomado de Rusnak G.A. y Fisher R.L.
STRUCTURAL HISTORY AND EVOLUTION OF GULF
OF CALIFORNIA. 1964, p. 146 .



Esc. 1: 7,500,000

Fig. 21 Lamina tomada de Rusnak G.A., Fisher R.L. y Shepard F.P. BATHYMETRY AND FAULT OF GULF OF CALIFORNIA. 1964, p.66

CUENCAS MARINAS

PROFUNDIDAD MAXIMA

San Pedro	1 000 m.
Guaymas	1 850 m.
Carmen	2 570 m.
Farallón	3 000 m.
La Paz	2 000 m.
Pescadero	3 000 m.

a) La batimetría en la región norte del golfo, se caracteriza por ser de pendiente casi totalmente suave que tiende hacia afuera de la costa y hacia el sur, con algunos rompimientos de escalón; existen también dos depresiones alargadas que se alinean con el delta del río Colorado, que probablemente indican el curso de un antiguo río.

Esta zona septentrional es considerada como de carácter de posicional, ya que el fondo se encuentra cubierto por sedimentos que tapan tanto la historia antigua del piso marino, como las posibles irregularidades que ahí se pudieran encontrar. Mientras más nos aproximamos al delta del río Colorado, más somero y homogéneo es el suelo oceánico del golfo; esta zona específica se parece al amplio valle Imperial, 42/, 43/, que se encuentra en E.U.A.,

42/ T. W. Dibblee, Jr. Calif. Div. Mines Geol. Bull. 170 (1954) Chap.2., pp.21-28. Dice que el Valle Imperial-Mexicali-que se encuentra en la parte norte del Golfo de California-, es una amplia planicie estructural ocupada por aluvión, arenas y gravas lacustres y deltaicas del terciario superior, y que tienen grandes espesores de aluvión y sedimentos lacustres del cuaternario. Es un complejo valle afallado, bordeado por montañas del mesozoico y viejos basamentos de rocas de origen granítico y sedimentario, con la presencia de rocas volcánicas del terciario.

43/ Las viejas rocas sedimentarias que conforman los estratos fuera del valle, podrán ser del mioceno; pero la mayoría de los sedimentos fueron probablemente depositados por el río Colorado durante los últimos millones de años. Esto lo describe R. Mertian and O.L. Bandy, J. Sediment Petrology 35,911 (1965); 2. J.P. Muffler and B.R. Doe, Ibid.1968, pp.38-384.

y también está relleno por depósitos aluviales gruesos, aportados por el río Colorado y corrientes locales 44/.

El límite inferior de esta zona norte, está indicado por una línea imaginaria que se inclina de noroeste a sureste y que une la costa peninsular contraria a la isla Angel de la Guarda, con la parte sur de la Bahía de Guaymas. Dentro de esta divisoria, se localizan de norte a sur, las islas de: Montagne, Angel de la Guarda, Tiburón, San Lorenzo y otras de dimensiones menores. Excluyendo a las islas, en esta región no existen elevaciones marinas que sobrepasen el nivel del mar; excepto por la roca Consag, que se localiza a los $31^{\circ}06'$ de latitud norte y $114^{\circ}29'$ de longitud oeste.

b) Región Centro. En su parte septentrional, limita con la región norte, y en la meridional colinda con una línea imaginaria, que une la desembocadura del río Fuerte con el litoral de Santa Rosalía, contiene en su interior a las islas de San Pedro Mártir, San Pedro Nolasco; y Tortuga, que en realidad es un cono volcánico, cuya parte superior emerge del nivel del mar 45/. También comprende a las depresiones marinas más extensas del golfo, como la Sal si Puedes, San Pedro Mártir, Carmen y Guaymas; esta última es la más amplia de todo el golfo, además se distin

44/ Kovach, R. L., Allen, C. R., and Press, F. Geophysical Investigations in the Colorado Delta region: Jour. Geophys. Research V. 67., 1962. p.2850.

45/ Según R. Batiza, 1978. La isla Tortuga es una formación volcánica de reciente creación, que se localiza en una zona de fracturas y de activos desplazamientos que se producen en el interior del Golfo de California; está compuesta de basaltos toleíticos, vidrios volcánicos y en menor proporción andesitas toleíticas.

que por tener profundidades de casi 2 000 m. y por tener recubierta su base principalmente por material de origen orgánico.

Salvo las cuencas, se puede considerar el relieve submarino de esta región, como moderado.

c) Región Sur. Ocupa la porción meridional del golfo, y en ella se distinguen las islas de San Marcos, Ildelfonso, Coronado, Carmen, Montserrat, Santa Catalina, Santa Cruz, San Diego, San José, Espíritu Santo y Cerralvo entre otras; además comprende las depresiones marinas de Farallón, La Paz y Pescadero (dos de estas cuencas poseen las mayores profundidades del golfo).

En contraste con los sedimentos del piso marino de la región norte, y el lineamiento de las depresiones de la región centro, el fondo de las cuencas del sur del golfo se caracteriza por su relieve irregular, que se manifiesta en la presencia continua de montes marinos y pináculos. También es posible detectar bancos sumergidos, de amplias extensiones, como es el caso del banco adyacente a la isla Cerralvo, que al igual que el monte marino de Cabrillo próximo a la costa de cabo San Lucas, representa una unidad peninsular sumergida, similar a las tierras cercanas a ellas, que están formadas de cuarzo y granito fragmentados 46/. Continuas irregularidades abundan en el fondo oceánico (montes y cordilleras marinas), entre la abertura del mar de Cortés (25° latitud norte) y las tres islas Ma-

46/ Rusnak G. A., y otros, ob.cit., pp.64-68

rias, su composición, parece ser de origen volcánico 47/, que actualmente se encuentran recubiertas por materiales orgánicos.

Es frecuente encontrar exclusivamente en esta región cañones submarinos 48/ que se caracterizan por seguir largos y sinuosos caminos; por tener perfiles transversales en forma de " V "; y por extenderse desde tierra adentro hasta profundidades considerables 49/.

En la porción final de la península de Baja California , desde la altura de la isla de Cerralbo hacia el sur, se pueden identificar una serie de cañones de los cuales sobresalen el de la Tinaja, que es relativamente estrecho y corre paralelo a

47/ G. A. Rusnak y otros 1964, deduce que si la isla Tortuga está formada por materiales volcánicos, los promontorios que se encuentran entre la boca del golfo y las islas Ma rías, deberán ser del mismo material, ya que su origen de acuerdo a su ubicación parece ser el mismo.

48/ Shepard, Francis, P. Submarine topography of the Gulf of California, Pt. 3 of the 1940 E. W. Scripps cruise to the gulf of California. Geol. Soc. America. Mem, 1950, pp.42-43.

49/ El diccionario de términos geográficos de F. J. Monkhouse, define al cañon submarino como "cavidad de laderas empinadas que hiende el fondo del mar a través de la plataforma continental, y otras veces limitada al reborde exterior de la plataforma, con lo que forma una profunda garganta abierta en el talud. El origen de estas formas del relieve es incierta. Se atribuye a la erosión fluvial sub-área dado un nivel del mar mucho más bajo que el actual; a la acción de barrido de la marea; a la actividad de las corrientes de turbidez; a la socavación efectuada por corrientes nacidas de manantiales emergidos en el fondo del mar".

la costa (fig. 22); el Cañón de San Lucas, que principia en la bahía del mismo nombre y se extiende hasta casi 32Km.; posteriormente se encuentra el cañón de San José y que se caracteriza por tener en su cabeza numerosos tributarios, su longitud está calculada en 51Km.; al sur del punto de los Frailes se ubica el cañón del mismo nombre, y tiene 24Km. aproximadamente de longitud; le sigue después el último cañón conocido en las costas interiores de la península, el cañón del Pescadero, que empieza a 13Km. de la costa cercana al punto Pescadero y cuya trayectoria se asemeja al del cañón de San Lucas.

Por el otro lado, en las costas de Sinaloa, específicamente en la parte sur del delta del río Fuerte, se ubica el cañón submarino de San Ignacio, que corre justamente al norte de la isla Farallón de San Ignacio 50/.

6. Sistema de Fallas.

El suelo del mar Bermejo está atravesado por un conjunto de fallas, que afecta a la mayor parte del área y recibe el nombre de sistema de fallas de San Andrés.

Todos los sistemas de fallas del mundo están asociados a sismos y forman parte de una red global de fallas, cadenas volcánicas, grietas y profundas fosas oceánicas, que representan los límites entre las amplias placas móviles que componen la litós

50/ Shepard, F. P. Submarine Canyons of the Gulf of California. International Geological Congress, 21, st. Denmark 1960. Proceedings, Part. 2 1961. pp.11-23

PERFILES TRANSVERSALES DE LOS
 CAÑONES SUBMARINOS QUE SE LO-
 CALIZAN EN LA SECCION SUR
 DEL GOLFO DE CALIFORNIA .

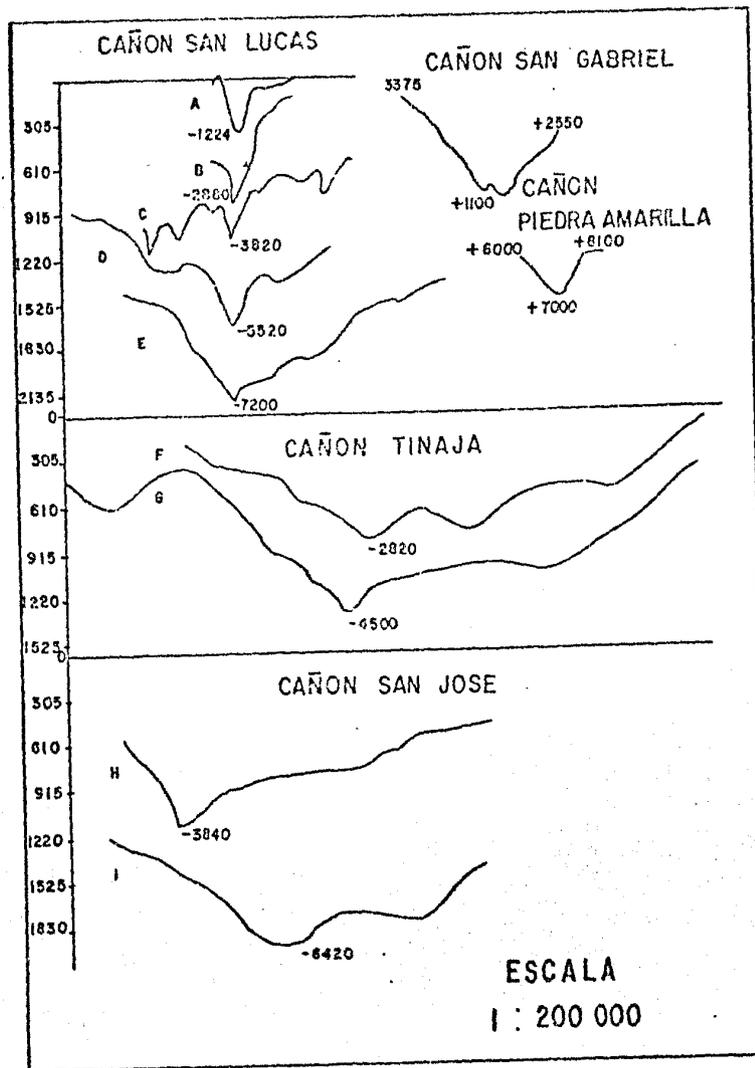


Fig. 22 Lamina tomada de Shepard F.P., SUBMARINE TOPOGRAPHY OF THE GULF OF CALIFORNIA. 1950, p. 21 .

fera del planeta. Precisamente el sistema de fallas de San Andrés, constituye el borde entre las placas de Norteamérica y del Pacífico y separa la región del suroeste de California (incluyendo a la península Bajacaliforniana) del resto de América del Norte (fig. 23).

Este sistema de fallas dentro del golfo, tiene una dirección N-NO a S-SE, aunque también existen de menor tamaño con dirección E-O. Algunas de estas pequeñas fallas se encuentran al este de la sierra de San Pedro Mártir y se produjeron durante el mioceno, asociados a erupciones volcánicas 51/.

Se puede considerar como responsable de las sacudidas sísmicas a las fallas que atraviesan la región del golfo, y es tal la cantidad y variedad de sismos registrados, que existen inclusive estudios específicos de áreas sísmicas o de algún terremoto en particular. Tal es el caso donde Richter (1940), menciona que el Seismological Laboratory of the California Institute of Technology, reporta que se producen una gran cantidad de sacudidas en, o cerca del golfo de California, y que algunas de ellas han sido de gran alcance. Pero la región más activa se localiza a 29° lat. norte y 113° long. oeste 52/. Aunque estos datos

51/ Richter, C. F. Earthquake Epicenters and Estructure of the Pacific Region of North America. 6th. Sci. Cong. Pr. Vol 1 1940. pp.113-118.

52/ Ibíd., pp.114-115

ZONA DE EPICENTROS Y FALLAS
ENTRE LAS PLACAS PACIFICA
Y NORTEAMERICANA .

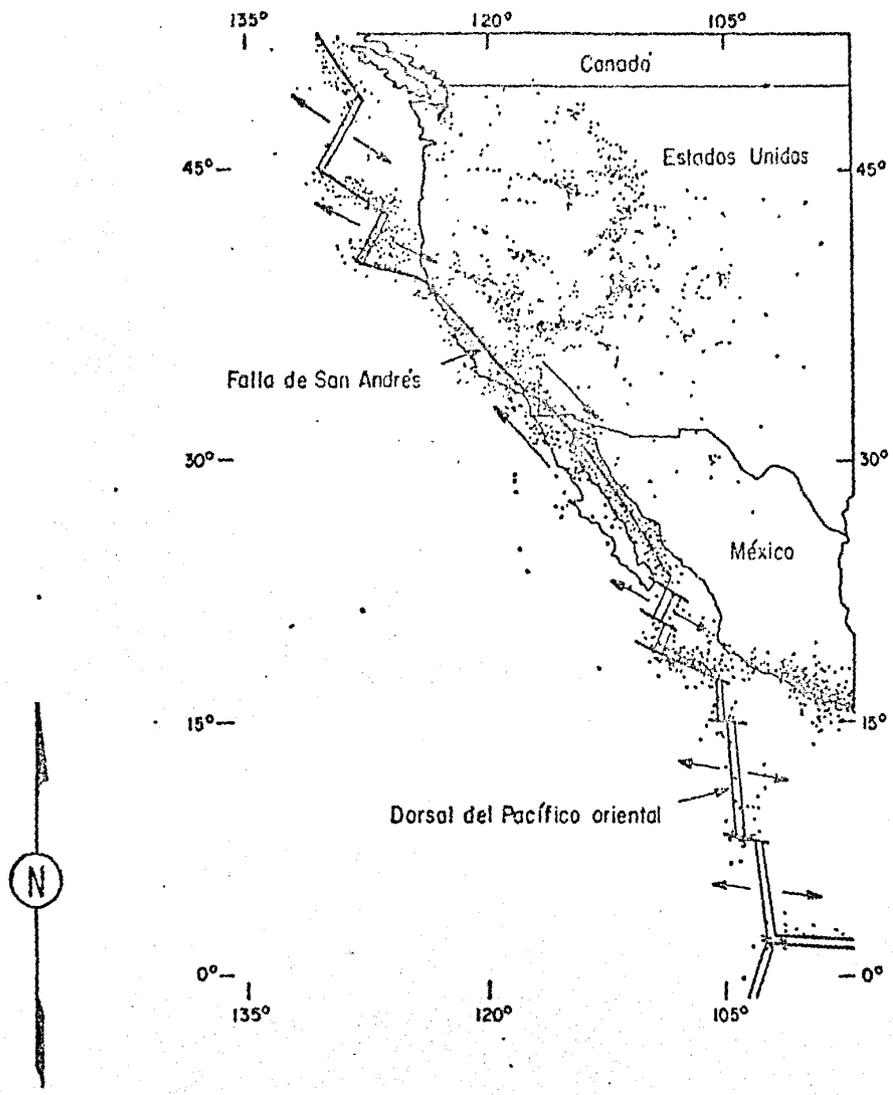


Fig. 23 Dibujo tomado de Uyeda S. LA NUEVA CONCEPCION DE LA TIERRA. 1980, p. 96 .

no son vigentes por haberse registrado hace 44 años, demuestran la íntima vinculación que existe entre los sismos registrados en toda la región y la falla de San Andrés. A través del tiempo, son muchas las manifestaciones de la inestabilidad del área y como ejemplo se puede recordar el terremoto que propició la destrucción de San Francisco el 19 de abril de 1906 y donde perdieron la vida más de 700 personas 53/.

53/ Ripley's, Believe it or Not. Great Disasters. Ed. Ripley International, Ltd. New York. 1979. pp.37-39.

Desde que se dibujó el contorno verdadero del mar de Cortés en mapas, surgieron diversas hipótesis que intentaban explicar su génesis. Esto incrementó una amplia bibliografía sobre el tema, que incluye desde documentos de carácter fantasioso 54/, hasta artículos serios que han generado importantes teorías.

Dentro de los principales científicos que han abordado el asunto, se encuentran:

Alfred Wegener, que hace más de 55 años propuso, dentro de su hipótesis de la Deriva Continental, que el golfo de California se configuró por la separación de la península Bajacaliforniana del resto del territorio mexicano 55/.

Shepard (1950), explicó que la batimetría del golfo se produjo como consecuencia del afallamiento y deslizamiento del piso marino; mientras que Rusnak y Fisher (1964) coincidieron con Hamilton (1961), en que el golfo se formó porque la corteza en esa región estaba dividida en placas, y sobre una de ellas, se encontraba la península que se desplazaba por efectos gravitacionales hacia el noroeste ya que intrusiones batolíticas en la costa oeste de México, constituían un plano de inclinación por

54/ En la bibliografía final, aparecen algunos trabajos, que desarrollan la evolución del golfo de una manera equivocada, -ocasionando confusión en el lector-, puesto que se apoyan en datos reales y concluyen en teorías disparatadas. Por ejemplo, el libro de Goodman J. (1979) y el de Aniceto F. (1978).

55/ Wegener A., The origin of continents and oceans (1929). Dover Publications, Inc. N.Y. (1966) pp.184-185.

donde se deslizaba la placa continental hacia el Pacífico.

Smith, Menard y Larson (1968) analizaron perfiles de anomalías magnéticas cerca de la abertura del golfo, y concluyeron que el movimiento relativo de la parte septentrional de la península con respecto a las costas mexicanas ha sido aproximadamente de 6cm. al año durante los últimos 4 millones de años.

Apoyándose en perfiles de reflexión sísmica y magnética, realizadas en una zona de más de 6 000 Km., Moore y Buffington (1968) sugirieron que el desplazamiento del piso marino sobre la cordillera del Pacífico-Este (East Pacific Rise), en la boca del golfo de California, se inició sobre un proto-golfo hace 4 millones de años y que los movimientos se produjeron sobre fallas transformantes; y fueron causados por la acción de la dorsal Pacífico y otros centros creadores de corteza, que se encuentran dentro del golfo.

En síntesis, establece al igual que otros investigadores, datos que se mencionan posteriormente y servirán para intentar desentrañar el enigma del origen del golfo.

1. Origen.

El mar de Cortés se encuentra del lado este, dentro de la gran depresión del océano Pacífico. Esta cuenca oceánica es la más amplia del mundo, y de su interior sobresale la cordillera submarina del Pacífico, que forma parte de un sistema mundial

de dorsales oceánicas y sigue una trayectoria continua de más

donde se deslizaba la placa continental hacia el Pacífico.

Smith, Menard y Larson (1968) analizaron perfiles de anomalías magnéticas cerca de la abertura del golfo, y concluyeron que el movimiento relativo de la parte septentrional de la península con respecto a las costas mexicanas ha sido aproximadamente de 6cm. al año durante los últimos 4 millones de años.

Apoyándose en perfiles de reflexión sísmica y magnética, realizadas en una zona de más de 6 000 Km., Moore y Buffington (1968) sugirieron que el desplazamiento del piso marino sobre la cordillera del Pacífico-Este (East Pacific Rise), en la boca del golfo de California, se inició sobre un proto-golfo hace 4 millones de años y que los movimientos se produjeron sobre fallas transformantes; y fueron causados por la acción de la dorsal Pacífico y otros centros creadores de corteza, que se encuentran dentro del golfo.

En síntesis, establece al igual que otros investigadores, datos que se mencionan posteriormente y servirán para intentar desentrañar el enigma del origen del golfo.

1. Origen.

El mar de Cortés se encuentra del lado este, dentro de la gran depresión del océano Pacífico. Esta cuenca oceánica es la más amplia del mundo, y de su interior sobresale la cordillera submarina del Pacífico, que forma parte de un sistema mundial de cordilleras oceánicas y sigue una trayectoria continua de más

de 40 000 Km.

Por todas las cuencas oceánicas por donde atraviesa esta dorsal marina, se advierte que ha sido desplazada principalmente por fallas transformantes (que son más recientes que las dorsales mismas), casi siempre con rumbo este-oeste.

El sistema de cordilleras oceánicas (dorsales mesooceánicas) comienza en el Atlántico Norte, a partir de Islandia y se dirige hacia el Atlántico Sur (en este tramo separa simétricamente las costas de Suramérica y Africa), donde rodea la extremidad sur de Africa y sigue hacia el océano Indico, para luego dividirse en dos ramas; una de las ramas recibe el nombre de Carlsbery y se dirige hacia la boca del golfo de Adén, y la otra es la dorsal del Indico Medio, que se extiende hacia el sureste entre Australia y la Antártida, para luego llegar a formar parte de la cordillera oceánica Pacífico-Antártica. A partir de esta zona se dirige al noreste encontrando en su recorrido considerables fallas transformantes 56/. Y se le denomina cordillera del Pacífico-Este, que es una larga elevación de 2 a 3 Km. de altura (es más ancha y menos alta que la mayor parte de las otras cordilleras submarinas); así se considera que la cordillera pacífica se inicia cerca de los 60° latitud sur y 160° longitud oeste,

56/ Acosta del C. C., Exploración de Geología Económica en el Mar Territorial. Golfo de California. México. Consejo de Recursos Naturales no renovables. Secretaria del Patrimonio Nacional. México, D.F. 1971. p.IV-1 a IV-3

entonces medirá de 2000 a 4000 Km. aproximadamente de largo 57/.

La dorsal Pacífica extrañamente desaparece frente a la abertura del golfo de California, dejando en su lugar al sistema de fallas de San Andrés, y reaparece más al norte en las dorsales de Juan de Fuca y Gorda (a la altura de Oregon en E.U.A.) 58/.

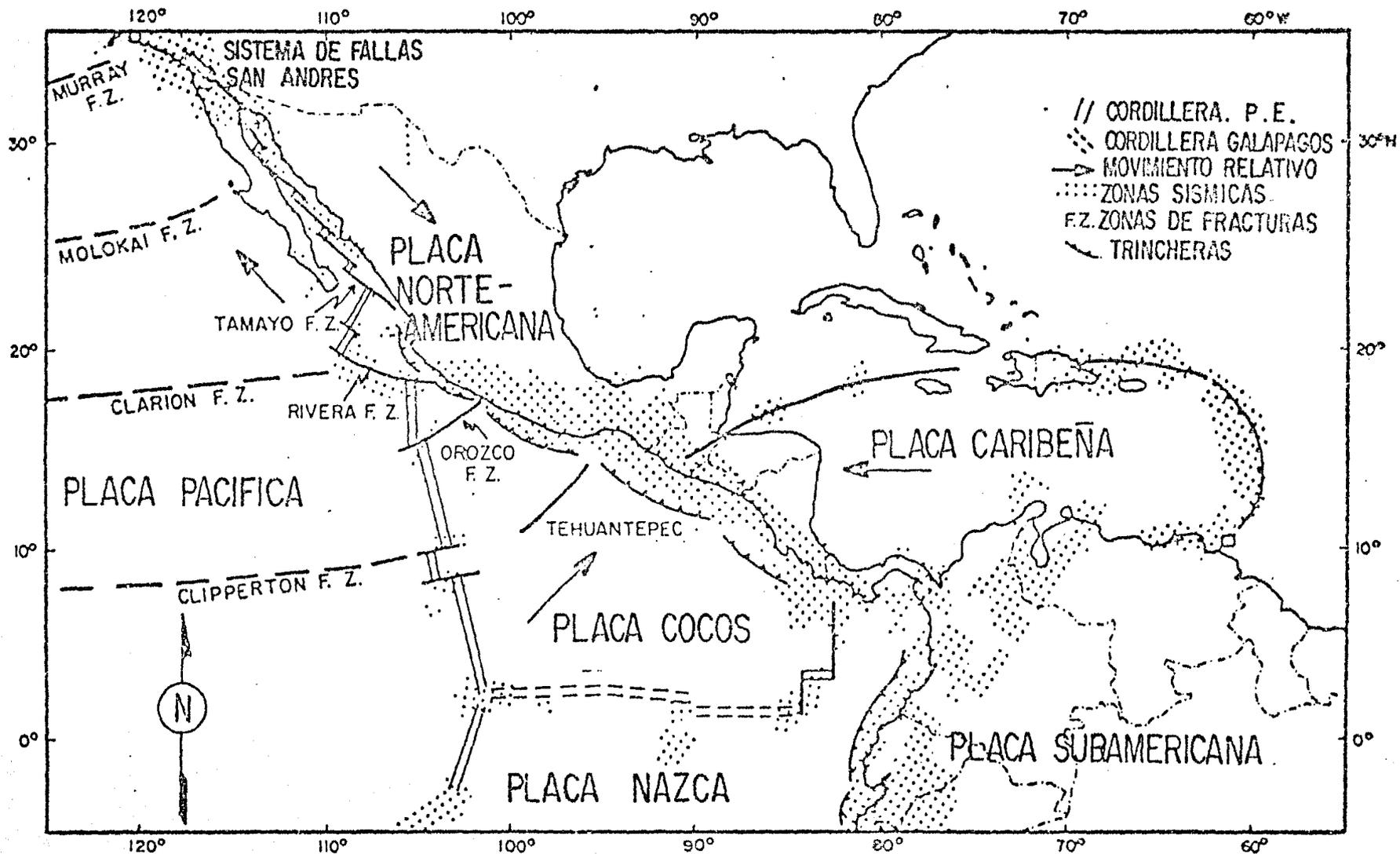
Hasta hace poco tiempo, al referirse a las cordilleras marinas, era común encontrar en artículos científicos el término de "Cordilleras Mesooceánicas" (mid-ocean ridge), el que tuvo que modificarse, ya que aunque es apropiado para la parte del sistema de la cordillera en el Atlántico y en el Indico, puesto que son océanos de fosas formados donde los continentes una vez fueron fraccionados y apartados, por lo que es natural que el eje de separación marcado por el sistema cordillera, permanezca en el centro de estos dos océanos. Sin embargo, para el Pacífico no era el adecuado, porque como ya se mencionó, la cordillera Pacífica se ubica cercana a las costas de América del Centro y del Norte 59/.

Cuando los descubrimientos anteriores se aplicaron al territorio mexicano, se logró conocer la situación tectónica regional de México (fig.24), que posteriormente propicio que surgieran nue

57/ Menard H.W. Marine Geology of the Pacific. Mc. Graw-Hill, New York. 1964. p.118.

58/ Ibídem., p.119

59/ Acosta del C.C., ob.cit., pp.IV-1, IV-4



MAPA TECTÓNICO REGIONAL DE MÉXICO

Fig. 24 Dibujo tomado de Calderón R.G., A MARINE GEOPHYSICAL STUDY OF VIZCAINO BAY AND THE CONTINENTAL MARGINS OF WESTERN . 1970 , p. 2 .

vas interrogantes que están estrechamente vinculadas al origen del golfo de California; las cuales se pueden agrupar en tres:

1. ¿ Porqué la Cordillera Pacífica, a diferencia de las otras, no se ubica en el Centro de su cuenca?.
2. ¿ Qué explicación se podría dar a la insólita desaparición de la dorsal del Pacífico-Este, precisamente en la boca del golfo de California?.
3. ¿ Cómo fue sustituida esa probable sección de la cordillera, dentro del golfo, por un sistema de fallas de transformación llamado San Andrés?.

Para poder responder las preguntas anteriores, fue necesario apoyarse en investigaciones recientes de datos batimétricos , se dimentológicos y geomagnéticos del fondo del Pacífico. Además , si aceptamos que las dorsales oceánicas son creadoras del fondo marino, el cual se va desplazando en forma perpendicular a la dirección de la cordillera, entonces teóricamente, al calcular la edad del fondo oceánico, deberíamos encontrar simetría en cuanto al desplazamiento de ambos lados del piso de la cuenca (que sí sucede en el Atlántico e Indico a diferencia del Pacífico).

A partir de la cordillera Pacífica, se dató el fondo marino hacia el oeste y se lograron detectar diversas edades que, obviamente entre más se alejaban de la cordillera, eran más antiguas. Cerca de la fosa de Japón se encontraron muestras del jurásico

(que son las más antiguas del Pacífico). Y cuando se rastreó el lado este de la cordillera Pacífica, se observó que las muestras de mayor edad correspondían al mioceno, lo que permitió suponer que una gran parte del piso del Pacífico-Este -el que pertenecía al período comprendido entre el mioceno y el jurásico-, había desaparecido.

Aparentemente la situación de la región este de la cuenca Pacífica, quebranta el concepto básico de expansión del fondo oceánico; postulado según el cual, en los dorsales se forma nuevo fondo marino que se desplaza hacia las fosas, donde es consumido.

En 1966 Vine, al analizar las bandas geomagnéticas de la región oriental del Pacífico, sugirió que la cordillera Pacífica se encontraba al noroeste de su posición actual, y que entre la costa norteamericana y la cordillera oceánica, se encontraba una antigua fosa, similar a la que todavía se observa frente a las costas occidentales de Centroamérica y Suramérica 60/.

La cordillera empezó a migrar hacia la antigua fosa norteamericana hasta que se toparon, y durante la colisión se produjeron levantamientos (ocasionados por el choque de las dos placas tectónicas) en la región costera de la California estadounidense-

60/. Se detectó la existencia de la vieja fosa, porque en las cadenas costeras de Norteamérica se han encontrado fajas extensas de depósitos sedimentarios-marinos, que demuestran la existencia de una antigua fosa.

se y su correspondiente mexicana, denominada "Formación Franciscana" 61/.

La coincidencia de la cordillera y la fosa norteamericana ocasionaron que se aniquilaran una a la otra y los depósitos de la fosa se apretujaron y, eventualmente se elevaron por encima del nivel del mar, llegando a formar parte del continente.

Y con respecto a la litósfera (piso marino), que se había formado al este de la dorsal, se sumergió junto con la dorsal, debajo del continente.

Esta colisión esta ligada estrechamente con la interacción de las placas de Norteamérica y Pacífica, y como consecuencia del choque entre los bordes de las placas se originó el sistema de fallas de San Andrés, hace aproximadamente 30 millones de años 62/. Anderson (1971) mencionó que este sistema de fallas , se formó en distintas épocas, encontrándose la más antigua hacia

61/ Ernest W.G. Tectonic contact between the Franciscan Melage and the Great Valley Sequence, Jour Geophys Research, V.78 pp.586-902. Ver también a Hamilton Warren, Mesozoic California and the Underflow of the Pacific Mantle, Bull. Geol. Soc. Amer. V.80. 1969, pp.2409.

62/ Atwater, Tanya, Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America. Geological Society of America Bulletin. V.81, 1970. pp.3513-3517.

el norte 63/.

Atwater (1970) apoyándose en patrones de anomalías magnéticas obtenidos en la costa oeste de Norteamérica (fig,25), construye un modelo en el que muestra cómo eran las placas tectónicas en el cenozoico y de qué modo evolucionaron. Calcula que hace 30 millones de años chocaron la fosa y la cordillera norteamericana, destruyéndose ambas, pero provocaron que el límite entre las antiguas placas de Farrallón y Norteamérica se desplazaran en forma paralela hacia la costa de E.U.A. y México. Menciona también que hace 25 millones de años el borde de las placas arcaicas, se estrelló con la saliente de la península Bajacaliforniana (Punta Eugenia de la bahía de Vizcaina), ocasionando una falla, con la cual la recién creada placa Pacífica, se adjudicó dentro de sus contornos, una sección de la Península, que se alejó hacia el norte, constituyendo en la actualidad la zona comprendida entre las ciudades de los Angeles y San Francisco (fig.26).

Posiblemente, la falla creada en el oeste de la península,

63/ Según Anderson (1971) y Atwater, el sistema de fallas de San Andrés, fue formado hace aproximadamente 30 millones de años; cuando una porción de la cordillera oceánica (correspondiente a la sección entre la fractura de Mendocino y la fractura Murray), se aproximó a una fosa marina que bordeaba la parte sur de Norteamérica. Durante esta época, la costa oeste de Norteamérica se parecía a la costa americana del Pacífico Sur, puesto que había una profunda fosa oceánica y altas alineaciones montañosas, paralelas a la línea costera, así como grandes terremotos profundos asociados con el hundimiento de la litosfera.

MAPA DE FRANJAS MAGNETICAS DE
LA COSTA PACIFICA DEL NORTE
DE AMERICA .

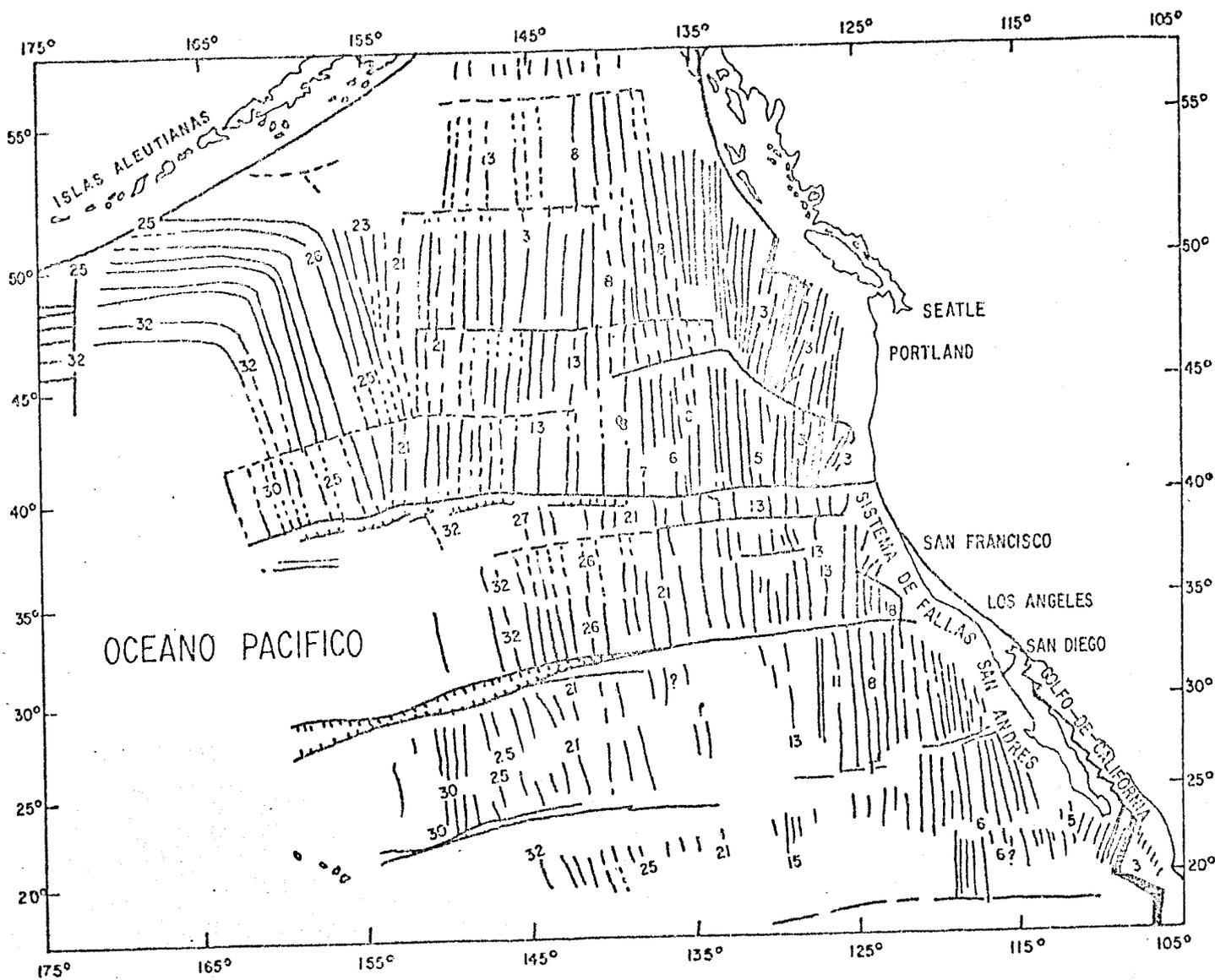


Fig. 25 Lamina tomada de Selecciones de Scientific American.
DERIVA CONTINENTAL Y TECTONICA DE PLACAS. 1981 ,
p. 94 .

FORMACION DEL GOLFO DE CALIFORNIA DE CALIFORNIA.

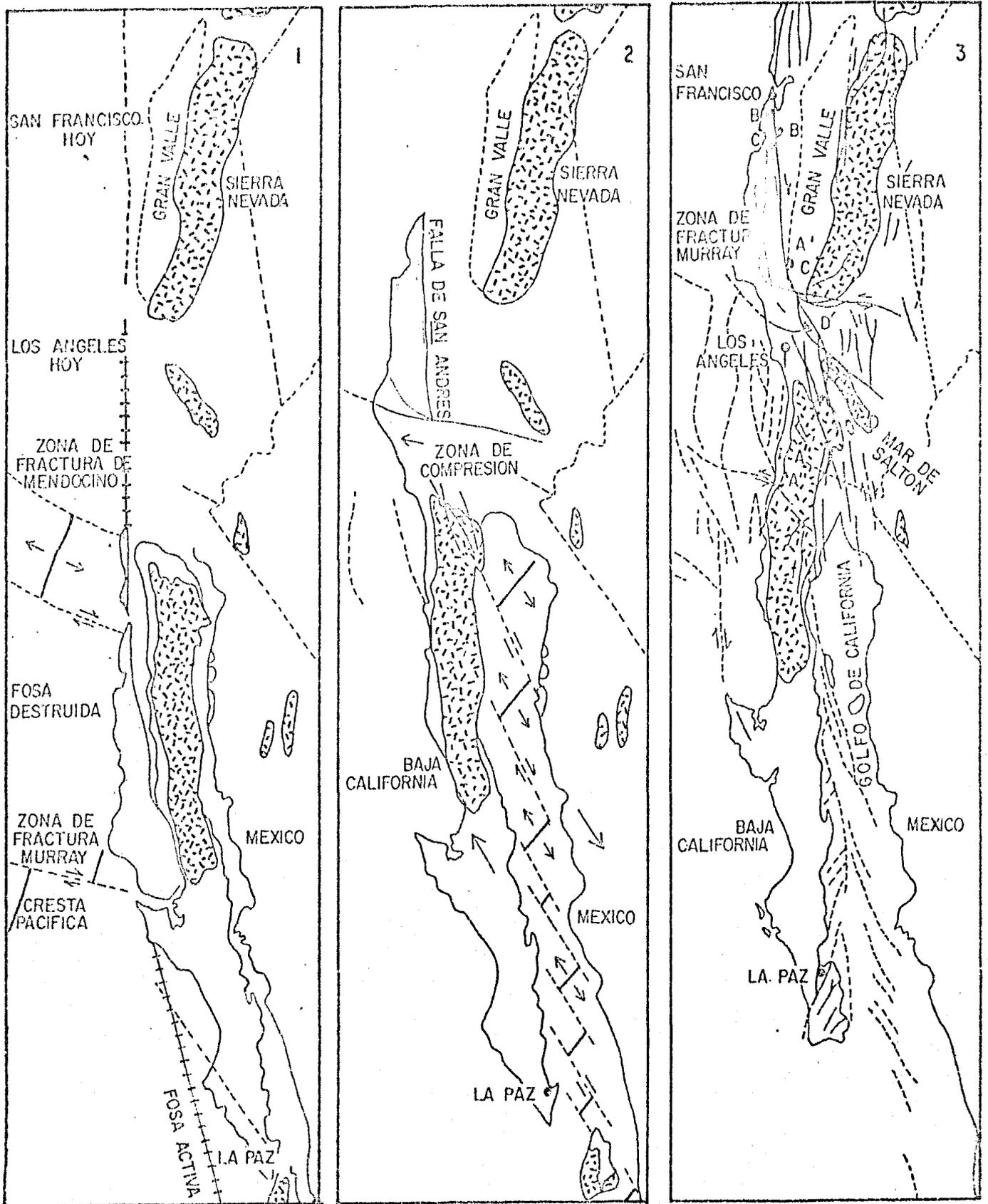


Fig. 26 Cuadros tomados de Selecciones de Scientific American DERIVA CONTINENTAL Y TECTONICA DE PLACAS.1981 ,p.144.

la separación del territorio unido a la bahía de Vizcaino y el empuje ascendente del manto que se encontraba próximo a la litosfera, produjeron el rompimiento de la corteza en la zona oeste de México, que seguía la misma dirección que la sección norte de la falla de San Andrés 64/ y se alineaba con probables vestigios de lechos de antiguos ríos que facilitaron la prolongación de las fallas hacia el sur 65/.

Estos afallamientos en la región norte del golfo, originaron desplazamientos verticales de grandes bloques (fig.27) 66/, (en esta época todavía permanecía unida la península al continente). Atwater (1970) explica que hace 4 ó 6 millones de años, la placa Pacífica se ampliaba de tal manera, que sus límites coincidieron con los de la alineación de la falla de San Andrés (esto propició que el sistema de fallas se prolongará hacia el sur). Como una consecuencia de los nuevos límites que se estaban originando entre las placas, la zona correspondiente a la actual península Bajacaliforniana pasó a formar parte de la placa Pací-

64/ Actualmente corresponde a las cuencas marinas del Delfín y Tiburón que se localizan en la región norte del Golfo.

65/ Anderson, D.L. La falla de San Andrés. Selecciones de Scientific American. Deriva Continental y Tectónica de Placas. 2a.edición Traducción al español por Martín C.E. Ed.-H Blume, Madrid, España, 1981. pp.136-142.

66/ Elders, Rex, Meidav, Robinson y Biehler (1972). Explican este fenómeno de agrietamiento de la corteza, que da origen a desplazamientos verticales de bloques, que posteriormente ocasionará efusiones magmáticas y por ende centros de crecimiento de la corteza. Como puede ser el caso de la isla Tortuga.

ROMPIMIENTO DE LA CORTEZA

TERRESTRE.

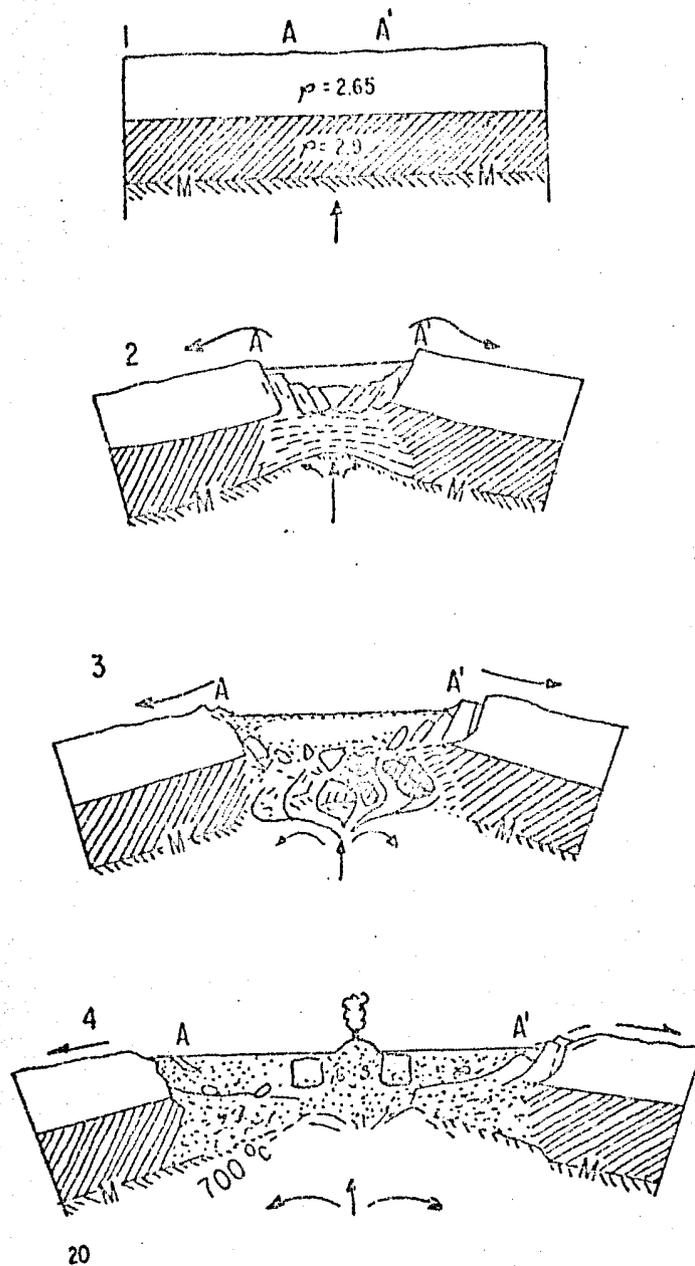


Fig. 27 Este diagrama nos muestra la rotura de la corteza y la generación del magma. Es posible que esto ocurra en los centros de expansión (como en la Isla Tortuga). Cuadros tomados de Elders, Rex, Meidav, Robinson y Biehler. CRUSTAL SPREADING IN SOUTHERN CALIFORNIA. 1972, p. 20.

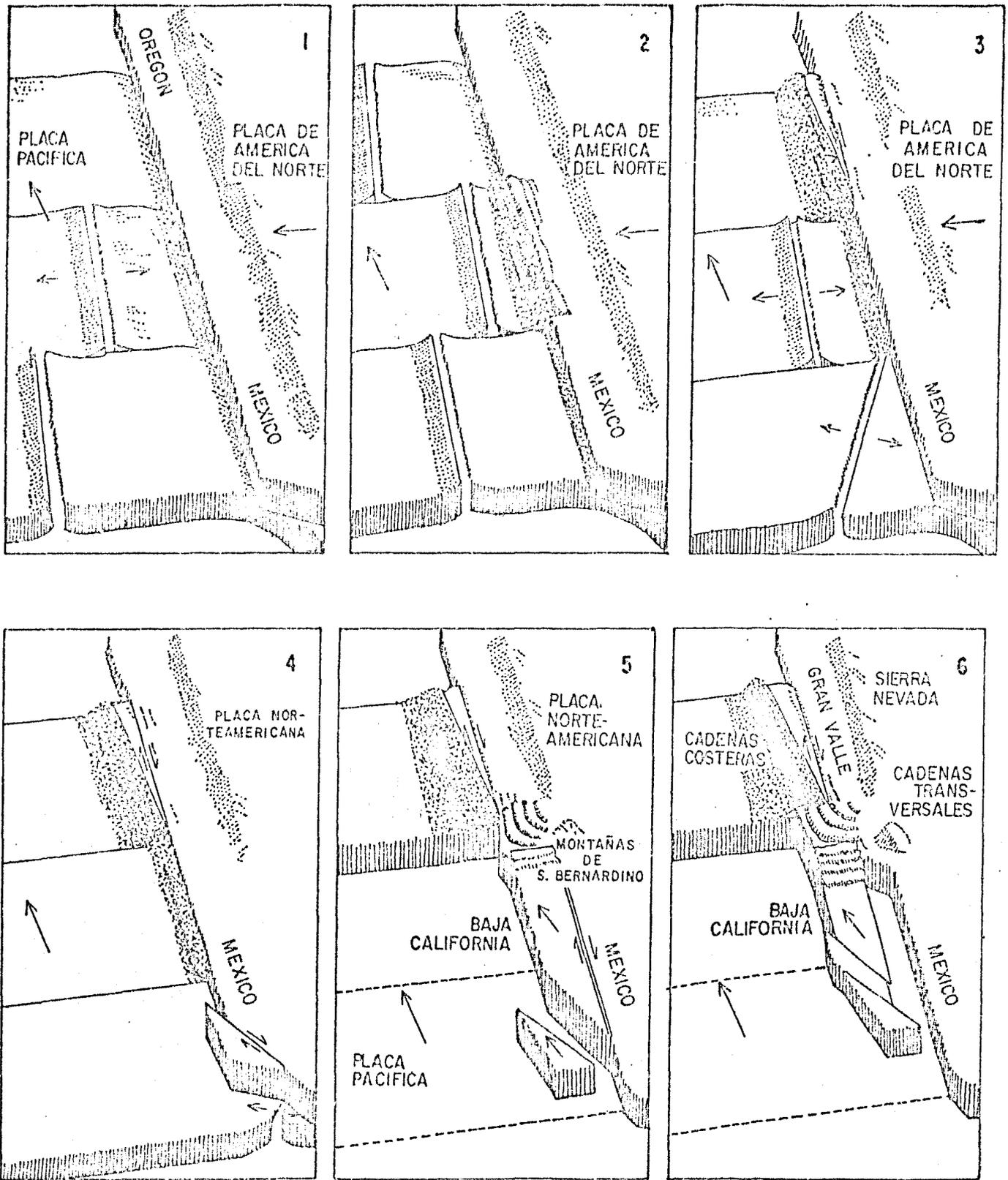
fica (fig. 28).

Se cree que la península de Baja California se desprendió de la porción continental mexicana y empezó a deslizarse hacia el noroeste principalmente debido a:

- Que dentro del golfo se localizan centros activos de expansión del fondo marino 67/, (fig.29), que han provocado junto con el sistema de fallas de San Andrés la apertura del golfo de California 68/.
- Además muy próxima a la boca del golfo, se encuentra la cordillera del Pacífico-Este que por ser generadora de nuevo piso oceánico, también ha influido en el desplazamiento peninsular.

67/ Los centros de expansión del golfo de California, son áreas donde se genera nueva corteza oceánica y se localizan dentro del sistema de fallas de San Andrés. Existen algunos centros de expansión dentro del golfo; un ejemplo de ellos es la isla Tortuga. Estudios realizados en noviembre de 1983 por Scripps Oceanographic de la Jolla California y Woods Hole Oceanographic Massachusetts, señalan una gran relación entre los centros de expansión y los sistemas hidrotermales.

68/ Larson, Menard y Smith . Gulf of California: A Result of Ocean-Floor Spreading and Transform faulting. Science. Vol 161. 1969. p.781.



LA FORMACION DE LA FALLA DE SAN ANDRES Y SU RELACION CON EL ORIGEN DEL GOLFO DE CALIFORNIA. Según Andison D.L 1981.

Fig. 28 Lamina tomada de Selecciones de Scientific American. DERIVA CONTINENTAL Y TECTONICA DE PLACAS.1981 , pp. 142-143 .

Esc. 1: 7,500,000

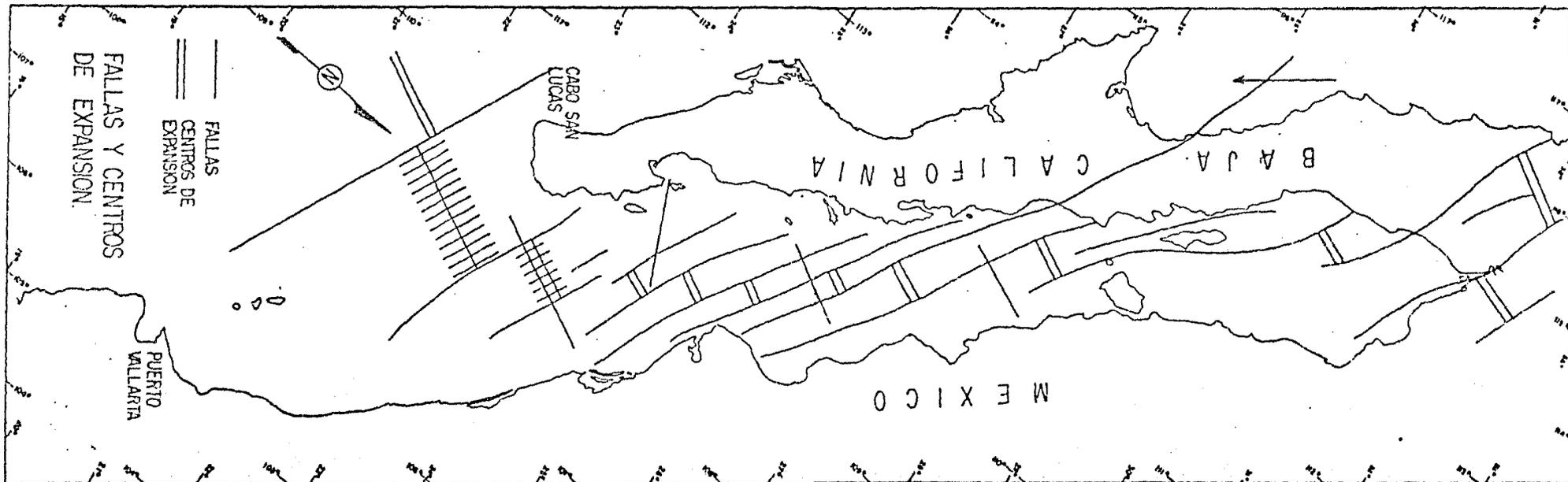


Fig. 29 Mapa tomado de Moore D.G., y Buffington E.C. TRANSFORM FAULTING AND GROWTH OF THE GULF OF CALIFORNIA SINCE THE LATE PLEISTOCENE. 1968 , p. 1241 .

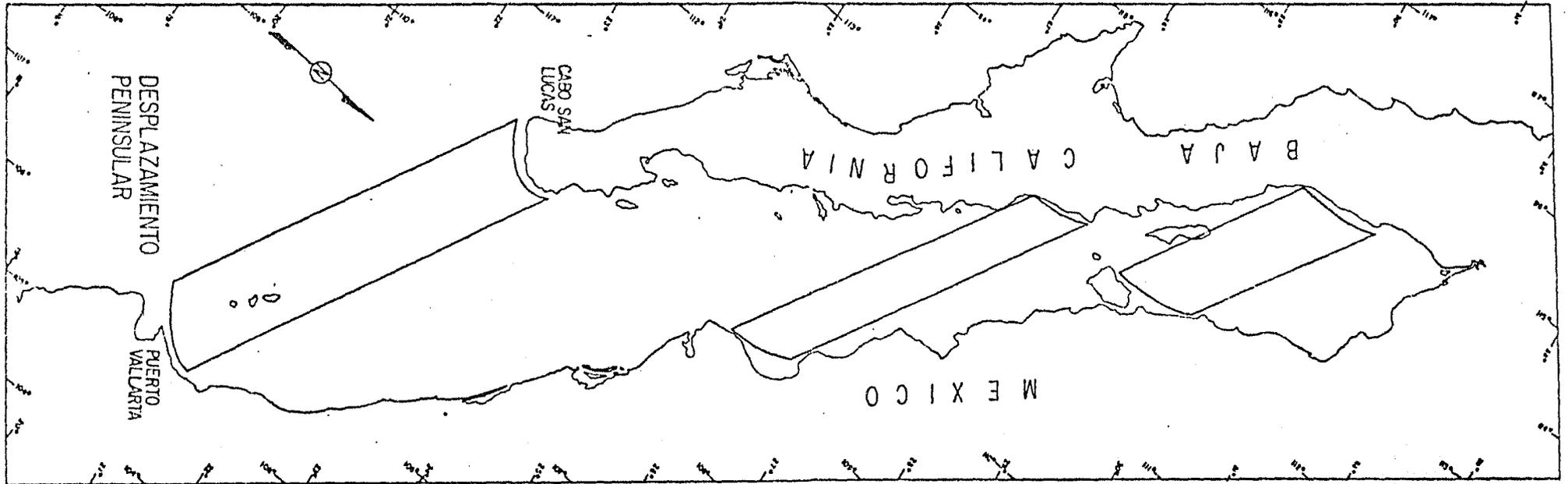
2. Verificación.

Si suponemos que la configuración actual de la línea costera, es el reflejo de los bordes de separación del golfo 69/, entonces tendremos primero que conocer a través del mapa de fallas, la dirección del desplazamiento peninsular. Y en base a éstas, intentaremos obtener similitudes de morfología costera, las cuales coinciden con las tres primeras que presentan Rusnak, Fisher y Shepard (1964), (fig. 30).

1. Existe una gran similitud morfológica y geológica entre la bahía de Banderas y cabo San Lucas. Ya que concuerdan sus bordes; y las edades de sus rocas graníticas son las mismas. El deslizamiento de esta región según Rusnak y otros (1964) fue de 445 Km. aproximadamente 70/.
2. Geométricamente existen semejanzas entre las costas del cañon Fuerte y la zona sur de San Lorenzo; Rusnak y otros (1964) le calculan un desplazamiento de 407 Km.

69/ De antemano aceptamos que la morfología litoral actual del mar de Cortés, ha sufrido modificaciones a lo largo de su evolución sin embargo creemos que las alteraciones costeras no pueden borrar completamente, algunos rasgos de coincidencias de los litorales opuestos; ya que según se expuso antes, esta separación formal, se produjo hace aproximadamente 6 millones de años (que es relativamente reciente).

70/ Avalan la separación de cabo San Lucas con Bahía Bandera, además de evidencias morfológicas, muestras petrográficas de rocas plutónicas (y sus inclusiones y asociaciones de diques), que fueron colectadas en ambas zonas por Carew Mofall; ver Rusnak y otros (1964).



Esc. 1: 7,500,000

Fig. 30 Rusnak G.A., Fisher R.L. y Shepard F.P., BATHYMETRY AND FAULTS OF GULF OF CALIFORNIA. 1964 , p. 7 .

3. Si se traza una línea que una la costa noroeste de la isla Tiburón con el litoral continental adyacente, se observa que el contorno es parecido al que se encuentra en la región de San Felipe (península). La longitud de separación, según los autores anteriores, es de 295 Km. aproximadamente.
4. La isla Angel de la Guarda encaja correctamente con la costa más cercana de la península; además contiene rocas graníticas y volcánicas, que se localizan también en las costas adyacentes.
5. La isla Tiburón parece haberse desprendido de las costas de Sonora; al igual que casi todas las islas de tamaño considerable poseen similitudes en forma y geología con sus respectivas costas cercanas, como es el caso de las islas del Carmen, Montserrat, San José, Espíritu Santo, Cerralbo, etc.
6. Las tres islas Marías, a pesar de no encontrarse dentro del golfo, se localizan en la línea de deslizamiento del cabo San Lucas. Y da la impresión de ser un centro de ampliación del fondo marino, al igual que el cono volcánico llamado isla Tortuga.

Gracias a recientes detecciones de corrientes de flujos de calor, se ha logrado conocer otros centros de ampliación del piso del golfo .

C O N C L U S I O N E S

No pretendemos en esta sección hacer un inventario de los recursos naturales con que cuenta el golfo, simplemente queremos destacar la magnitud de riquezas presentes y potenciales, que se encuentran en esta grandiosa región mexicana, tanto en tierras colindantes; como las del interior del mar. Dentro de las primeras sobresalen los desiertos pedregosos y arenosos; costas formadas por acantilados y por extensas playas; cerros desnudos, barrancas profundas y anchas mesas cubiertas de t^upido bosque de pinos; planicies sedientas y ríos broncos que bajan al semidesierto y a la planicie inundable del trópico; enormes islas olvidadas en mitad del frío o del tibio mar. Posee climas en general extremosos.

Su complicada geología creó, variados minerales: sal, cobre, manganeso, oro, plata, grafito, onix, yeso, antracita, hierro, y otros muchas, algunos de los cuales casi se han agotado y otros ni siquiera se explotan. Además la vegetación de las altas cumbres del desierto y del trópico ofrece posibilidades amplias de uso.

Por el otro lado, el mar contiene vastos recursos en moluscos, crustáceos, peces, quelonios, e incluso mamíferos como la ballena que baja al golfo desde las heladas aguas del norte.

Así también como los restos de una fauna variada e interesante , tanto en la tierra firme, como en las islas Tiburón, Angel de la Guarda y otras muchas abandonadas y desconocidas 71/.

Después de las breves notas referentes a los recursos existentes en el golfo, valdría la pena preguntarnos ¿Qué beneficios económicos podemos obtener del conocimiento del origen del golfo de California a través de la Tectónica de Placas?.

La respuesta no es sencilla, y para encontrarla es necesario mencionar que el entendimiento de la atractiva teoría ha propiciado una tendencia a su utilización. Por ejemplo, los científicos actualmente saben más acerca de la génesis de los minerales y del petróleo que se produjo durante procesos geológicos, asociados a las placas en movimiento.

Investigaciones recientes han descubierto que algunos de los minerales que se encuentran en la zona continental aledaña al mar de Cortés, se formaron en los depósitos hidrotermales -y como se ha comprobado que estos últimos se localizan cercanos a los bordes de las placas-, entonces podemos suponer que antiguamente el lindero de los mosaicos corticales estuvo próximo a las costas del este. Y como la falla de San Andrés es el límite entre dos placas y también a lo largo de ella se han descubierto zonas de actividad hidrotermal, inferimos que, junto a las manifestaciones

hidrotermales, se encuentran depósitos, minerales ricos en hierro, zinc, cobre, oro, etc., que son similares a los descubiertos en el fondo del mar Rojo.

Actualmente sabemos que los yacimientos de petróleo están asociados a estructuras geológicas llamadas anticlinales, esta información ha permitido grandes avances en la prospección del anhelado hidrocarburo. Simultáneamente la aplicación de los conceptos de la teoría, ocasionó el descubrimiento de la antigua fosa contigua a la península Bajacaliforniana y además fue la base para el desarrollo del origen del golfo presentado aquí; esto nos hace pensar que debido a compleja movilidad de las placas corticales de la región, se acumularon enormes capas sedimentarias, que produjeron anticlinales. Por lo tanto, creemos que es una zona con altas posibilidades de contener hidrocarburos.

Petróleos Mexicanos en 1977, concentraba su máximo esfuerzo para encontrar petróleo en tres áreas prioritarias, dentro de las cuales se incluía la península de Baja California, particularmente la costa oeste en la zona que se extiende desde Punta Eugenia hasta Punta Abrejos (conteniendo las bahías de San Cristobal, Asunción, San Hipólito y Ballenas) 72/. Actualmente

72/ México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. La explotación petrolera en México. El petróleo en México y el mundo., Conacyt, 1979. pp.235-240.

se ha pasado de la etapa de exploración a la de explotación, prueba de ello es que la compañía francesa Bos Pacific, ha iniciado la construcción de plataformas petroleras en la bahía de Ensenada 73/, y todo parece indicar que en el futuro ampliará su campo de acción al mar de Cortés.

Justificadamente, al geógrafo que le interesa más la actividad humana, puede sentir poca atracción al estudio de temas referentes a la Tectónica de Placas, -que aunque se consolida cada vez más-, la magnitud de los factores que la conformaban tanto en el tiempo como en el espacio, la relegan a ocupar papeles alejados de los procesos económicos y sociales, puesto que son muy pocos los resultados inmediatos o directos. Sin embargo, a raíz de la Teoría Global de la Tectónica de Placas, los estudios de la Geografía Física, debemos considerar a los fenómenos en escalas distintas, relativizando no sólo, nuestro sentido de dirección, sino también, nuestro concepto de la permanencia geográfica.

73/ Robles M., Una firma francesa, autora material de los daños a Turismo y Pesca. Proceso. Num.377., Enero 1984. pp.24-27.

B I B L I O G R A F I A

1. Acosta, C.C. "Exploraciones de Geología Económica en el mar territorial, golfo de California". México, D.F. Ed. Consejo de Recursos Naturales no Renovables, Secretaría de Patrimonio Nacional, 1971. p. 75.
2. Alvarez, M. Jr. "Apuntes de la clase de Geología, Paleogeografía y Tectónica de México". México, D.F., 5o. año de la carrera Ing. Geol., Fac. Ing., UNAM. (inéditos), incompletos, p.150.
3. Alvarez, S. B. "Gulf of California". Ensenada B. C. México, Centro de Investigaciones Científica y de Educación Superior de Ensenada B.C. 1980, p.. 87
4. Allison, E. C. "Geology of Areas Bordering Gulf of California", San Diego, U.S.A., A Symposium. Memoir 3. Marine Geology of the Gulf of California Scripps Institution of Oceanography, University of California, 1964, p.26.
5. Anderson, A. Ch. "Geology of islands and Neighboring Land Aercas". California U.S.A., Memoir 43. 1940 E.W. Scripps cruise to the Gulf of California: Geol. Soc. Amer., 1950. p.53.
6. Anderson, D.L. "La falla de San Andrés". Trad. Martín C.E. y González U.A., 2a. ed., Madrid, España. Selecciones de Scientific American. Ed. H. Blume, 1980, pp.137-153.
7. Aniceto, L.F. "Desconocidos senderos de la vida", México,D.F. ed. Diana, 1978. p.165.
8. Armstead, H. and Cristopher, H. "Geotermal Energy". Great Britain. Publisher E.I.F.N. Spon Ltd. 1978, p.355.
9. Atwater, T. "Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic of Western North America" California U.S.A. Bulletin of the Geological Society of America, V.81, 1970, pp.3513-3536.
10. Bassols, B.A., "El noroeste de México". México,D.F. Ed. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1972, p.622
11. Batiza, R., "Geology, Petrology and Geochemistry of isla Tortuga, a Recently Formed Tholeiitic Island in the Gulf of California". San Diego U.S.A., Bulletin of the Geological Society of American, V.89, 1978, pp.1309-1324.

12. Beiser, A., "La Tierra". Trad. Barcena A., México, D.F., Colección de la Naturaleza de Time-Life; ed. Time Inc. 1971, p.172.
13. Belousov, V., "Geología Estructural". Trad. V. Llanos, 2a.ed. Moscú, U.R.S.S., ed. Progreso. 1979, p. 303
14. Bullard, S.E., "El origen de los océanos". Trad. Martín C.E. y González U.A. 2a.ed., Madrid, España. Selecciones de Scientific American. Ed. H. Blume, 1980, pp.98-109.
15. Bullen, E.K. "El interior de la Tierra". Trad. Aguayo E. y otros. México D.F., El redescubrimiento de la Tierra. Ed. Consejo Nacional de Ciencia y tecnología. 1982. pp.52-61.
16. Bosch, G.C. "México frente al Mar". México, D.F., ed. Instituto de Investigaciones Históricas. UNAM. 1981, p.472.
17. Calderón, R.G. "A Marine Geophysical Study of Vizcaino Bay and the Continental Margins of Western México, Between 27° and 30° North Latitude". Tesis para obtener el grado de Doctor en Filosofía en Geofísica. Oregon U.S.A., Oregon State University, 1978. p.178.
18. Cantos, F.J. "Tratado de Geofísica Aplicada". 2a.ed., Madrid, España, ed. Litoprint. 1978, p.52.
19. Colbert, E.H. La vida sobre los continentes a la Deriva. Trad. Aguayo E. y otros. México, D.F., El Redescubrimiento de la Tierra. Ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1982, pp.234-253.
20. Carey, S.W. "The Tectonic Approach to Continental Drift". Tasmania, Australia., A Symposium. Geology Dept., ed Univ. Tasmania, Hubart. 1958, pp.177-355.
21. Carozzi, A.V. New Historical Data on the origin of the Theory of Continental Drift. California U.S.A., Bulletin of the Geological Society of American, V.81, 1972, p.283.
22. Carranza A.E. Hipótesis sobre el Posible origen de la Tectónica de placas. México, D.F., Anuario de Centro Ciencias del Mar y Limnol. U.N.A.M. N.3 (1). 1976, pp. 57-64.
23. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: "La Explotación Petrolera en México", México, D.F., El petróleo en México y el mundo, CONACYT, 1979, pp.235-240.

24. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: " Los campos petroleros gigantes y los recursos mundiales". México, D.F., El petróleo en México y el mundo, CONACYT. 1979, pp.35-48.
25. Dewey, J.F., "La Tectónica de las placas". Trad. Aguayo E. y otros. México, D.F., El redescubrimiento de la Tierra. Ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1982, pp.150-165.
26. Dietz, R.S. y Holden J.C., "La disgregación de la Pangea". Trad. Martín C.E. y González U. A., 2a. ed., Madrid, España, Selecciones de Scientific American. Ed. H. Blume. 1981, pp.154-166.
27. Drake, C.L., Girdler, R.W. and Landisman. "Geophysical Measurements in the Gulf of Aden, in Intenat". Washington D.C., Oceanog. Ing. preprints: an. assoc. adv. Science., 1959.
28. Ewin, J., "Los sedimentos oceánicos como claves del pasado". Compilación Richard C. Vetter., trad. Wolberg J.D., 2a. ed. Buenos Aires, Argentina: Oceanografía, la última frontera. ed. El Ateneo. 1978, pp.87-97.
29. Engel, A.E. y Engel C.G. "La deriva de los continentes en el más remoto pasado". trad. Aguayo E. y otros; México, D.F., El redescubrimiento de la Tierra. ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1982, pp.206-223.
30. Espinoza, L.M., "La Atlántida". México, D.F., Selecciones de textos e ilustraciones. ed. Selet: 1983, p.16.
31. Ernst, W.G. "Tectonic Contact Between the Franciscan Melage and the Great Valley Sequence". California, U.S.A., Jour Geophysic. Bulletin Geol. Soc. Amer. V.78; 1969, pp.586-902.
32. Fodor, R.V. "Earth in Motion". The concept of plate tectonics; New York U.S.A. Publisher William Morrow and Company, Inc. 1978. p.90.
33. Font y Altaba. "Atlas de Geología". Barcelona, España, ed. Jover, S.A. 1977. p.70.
34. Forman, D.J. y Wales D.W. "Geological Evolution of the Canning Basin, Western Australia". Camberra, Australia. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics. Bulletin 210. Australian Government publishing service. 1981. p.91.
35. García, de M.E., "Apuntes de climatología". 2a.ed. México, D.F., ed. Larrios e hijos. 1978. p.153.

36. Gastil, R.G. "Fault Systems in Northern Baja California and Their Relation to the Origen of the Gulf of California". San Diego, U.S.A., Proceeding of Conference on Geologic. Problems of San Andreas Fault System. Stanford University Publications. Geol. Sciences. V.XI., 1968, pp.283-286.
37. Goodman, J. "Nosotros la generación de los terremotos". Trad. Vázquez J. México, D.F; ed. Diana, S.A. 1983, p.333.
38. Halacy, D.S. Jr. "Earthquakes". A Natural History; Indianapolis/New York U.S.A., Publisher the Bobbs-Merrill Company, Inc. 1974, p.105.
39. Hallan, A. "A Revolution in the Earth Sciences". From Continental Drift to Plate Tectonics, New York, USA., Publisher Oxford University Press New York. 1974. p.120.
40. Hamilton, W. "Mesozoic California and the Underflow of the Pacific Mantle". California U.S.A., Bulletin of the Geol. Soc. Amer. V.80. 1969. pp.2405-2415.
41. Hamilton, W. "Origin of the Gulf of California". California, U.S.A., Bulletin of the Geol. Soc. Amer. V.72. 1961. pp.1307-1318.
42. Harris, M.F., "Effects of Tropical Cyclones Upon Southern California". Tesis para obtener el grado de Maestría. San Fernando Calif. U.S.A., San Fernando Valley State College. 1969.p.89.
43. Heirtzler J.R." La expansión del suelo oceánico". Trad. Martín C.E. y González U.A., 2a.ed., Madrid, España. Selecciones de Scientific American. Ed. H. Blume. 1981, pp.76-87.
44. Heirtzler, J.R. "Whete the Earth Turns Inside out". Proyect Famous-Man's First Voyges Down to the Mid-Atlantic RIDGE. Washington D.C., National Geographyc. V.147. 1975 pp.586-615.
45. Honsfield B. and Stone B. "The Great Ocean Business". New York, U.S.A., Publisher Coward Mcconn Geghegan Inc. 1972, p.112.
46. Hurley P.M., "La confirmación de la Deriva Continental". Trad. Martín C.E. y González U.A. 2a.ed., Madrid, España. Selecciones de Scientific American. Ed. H. Blume. 1981, pp.62-74.
47. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. "Temblores de Tierra". San José, Costa Rica. Cartilla popular I.P.G.H., publicación 363, 1976, p.24.

48. Jeffreys H. "The Earth"., 5a.ed. Cambrige; Cambrige University Press. 1970, p.525.
49. Kiefer I. "Global Jigsaw Puzzle". New York, U.S.A., The book Prees, Brattleboro Vermont on Mc Clelland I Steward Ltd. 1978, p.103
50. Larson, R., Menord W. and Smith S. "Gulf of California": A Result of Ocean-Floor Spreading and Transform Faulting. California U.S.A., Science, V.161. 1968, pp.781-748.
51. Le Pichon X. y Pautot G. "El fondo de los océanos". Trad. Dama de Bas. Barcelona, España. Colección ¿Qué sé?, ed. OIKOS-TAO. 1978, p.126.
52. Le Pichon X. "El proyecto de Geodinámica". Trad. Aguayo E. y otros. México, D.F., El redescubrimiento de la Tierra. Ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1982, pp.172-177.
53. Leet, L. y Judson S. "Fundamentos de geología física". Trad. Benavides G.L., México, D.F., Ed. Limusa. 1979, p.450.
54. León Portilla, M. "Descubrimiento en 1549 y primeras noticias de la isla de Cedros". Ensenada B.C. México. Calafia (Rev. de la Universidad Autónoma de B.C.) Ed. U.A.B.C., Vol. 2., Num.1; 1972, pp.8-10.
55. Low, Sampson. "The Prehistoric World". London, Great Britain. Library of Congress Cataloging in Publication Date. Publisher, Wanwick Press. 1975. p.140.
56. Menard, H.W. "El fondo del océano". Trad. Martín C.E. y González U.A., 2a.ed. Madrid, España. Selecciones de Scientific American. Ed. H. Blume, 1981. pp.88-97.
57. Menard, H.W., "Marine Geology of the Pacific". New York, U.S.A. Publisher Mc. Graw-Hill., 1964, p.137.
58. Mercado, S., "Observación de manifestaciones hidrotermales a 21°N. en la dorsal del Pacífico-Este, a 2600 m. de profundidad". México, D.F., Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Vol.7, Num.1, Enero/Febrero 1983, pp.15-31.
59. Metz, K., "Manual de geología tectónica". Trad. Ríos J.M. y Gaytan A.C., Barcelona, España. Ed. Omega S.A. 19 p.328.
60. Monkhouse, F.J., "Diccionario de términos geográficos". Barcelona, España., Ed. OIKOS_TAU, S.A. 1978, p.560.

61. Moore, G.D. and Buffington E.C. "Transform Faulting and Growth of the Gulf of California Since the Late Pliocene". San Diego, Cal. U.S.A., Science 161; 1968, pp.1238-1241.
62. Norton, R.P., "Physical Geography". New York, U.S.A., College Outline Series Barnes Noble, Inc. 1972, p.242.
63. Ortlieb, L., "Reconocimiento de las terrazas marinas cuaternarias en la parte central de Baja California". México, D.F., Rev. del Inst. Geología U.N.A.M., Vol.2, Num.2., 1978, pp.200-211
64. Ripley's Believe it or Not. "Great Disasters". New York, U.S.A. Ed. Ripley International, Ltd. 1979. p.176.
65. Robinson H., "Physical Geography". 2a.ed. Great Britain, Hazell Watson J Viney Ltd. 1977. p.242.
66. Roden, G.I., "Oceanographic Aspects of the Gulf California". California U.S.A. In Marine Geology of the Gulf of California. A Symposium. Amer. Assoc. Petroleum Geologists. Memoir 3: 1964, pp.30-58.
67. Rodríguez R., Carranza A. y Gutierrez M., "Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas". México, D.F., An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M. V.2(1). 1975, pp.81-88.
68. Robles M., "Una firma francesa, autora material de los daños a Turismo y Pesca". México, D.F., Rev. Proceso, Num.377. Enero de 1984. pp.24-27.
69. Runcorn, S.K. "El motor de la tectónica de las placas". Trad. Aguayo E. y otros. México, D.F., El redescubrimiento de la Tierra. Ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1982. pp.184-197.
70. Rusnak, G.A., Fisher R.L. and Shepard F.P., "Bathymetry and Faults of Gulf of California". California U.S.A. Marine Geology of the Gulf of California. A Symposium. Amer. Assoc. Petroleum Geologists. Memoir 3: 1964, pp.59-75.
71. Rusnak, G.A., Fisher R.L., "Structural History and Evolution of Gulf of California". California U.S.A. Marine Geology of the Gulf of California. A Symposium. Amer. Assoc. Petroleum Geologists. Memoir 3: 1964, pp.144-156.
72. Seyfert, C.K. and Sirkin L.A., "Earth History and Plate Tectonics and Introduction to Historical Geology". New York, U.S.A. Harper J Row. Publishers, Inc. 1973, p.504.

73. Secretaría de Marina. "Atlas geofísico de la margen continental oeste, México 22°00' a 33°00' lat. norte sección I, gravimetría- magnetometría". México, D.F., Secretaría de la Marina. 1980. p.41.
74. Secretaría de Programación y Presupuesto: Agenda Estadística Básica. México, D.F., Dirección Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informatica. S.P.P. 1983, p.461.
75. Secretaría de Programación y Presupuesto. "Comó es México". México, D.F., Manual de Información básica de la nación. S.P.P. 1979, p.243.
76. Secretaría de Programación y Presupuesto. "Geología de la República Mexicana". México, D.F., Dirección General de Geografía S.P.P. 1982, p.82.
77. Secretaría de Programación y Presupuesto. "Normas específicas y metodología para gravimetría". México, D.F., Dirección General de Geografía. S.P.P. 1982, p. 31.
78. Shepard, F.P., "Submarine Canyons of the Gulf of California". California U.S.A., International Geological Congress. 21 st. Denmark. part(2) 1960, pp.11-23.
79. Shepard, F.P., "Submarine Topography of the Gulf of California". California U.S.A., 1940 E.W. Scripps Cruise to the Gulf of California. Geol. Soc. American, Memoir 43. 1950, p.32.
80. Smith, A.G., "La deriva de los continentes según la computadora". Trad. Aguayo E. y otros. México, D.F., El redescubrimiento de la Tierra. Ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología , 1982. pp.198-205.
81. Spies, F.N., "El marco geofísico del golfo de California". México, D.F., Boletín Soc. Geol. Mexicana, Tomo XXVI. Num 2 1963, pp.67-79.
82. Strahler, A.N., "Geografía física". Trad. Guilló A.N. y Albert J.F., 5a.ed. Barcelona, España. Ed. Omega, S.A. 1981. p.767.
83. Surendra, P., "La edad de la Tierra". México, D.F., Revista Naturaleza , V.4, Num.4, 1973, pp.160-169.
84. Sydeney, P.C. Jr., "La estructura de la Tierra". Trad. Martínez F., Barcelona, España. Ed. Omega S.A. 1975, p.138.

85. Sykes, L., "Sismological Evidence for Transform Faults , Sea-Floor Spreading and Continental Drift". Princeton N.J., U.S.A., In: History of the Earth's Crust, a NASA Symposium. R.A. Phinney (editor). Princeton Univ. Press. 1968, pp.120-150.
86. Tamayo L. J., "Geografía moderna de México". 9a.ed., México, D.F., Ed. Trillas. 1980, p.392.
87. The Open University., "Principales accidentes de la superficie terrestre". Trad. Guhl M.C., México, D.F., Ed. McGraw-Hill. 1974, Unidad 24, p.73 y Unidad 25, p.44.
88. Udías, U.A., "Física de la Tierra". Madrid, España. Proyecto MT-62. Ed. Alhambra, S.A. 1981, p.73.
89. Universidad Nacional Autónoma de México: Evolución tectónica de México. México, D.F., Programas y Resúmenes del V Simposium Instituto de Geología de la UNAM. 1979, p.34.
90. Uyeda S., "La nueva concepción de la Tierra". Continentes y océanos en movimiento. Trad. Domingo de M.M., Madrid, España, Ed. H. Blume. 1980, p.269.
91. Vasiliev Y.M., Milnichuk U.S. y Arabadzhi M.S., "Geología general e histórica". Trad. Aguilera D.E., Moscú, U.R.S.S., Ed. Mir, Moscú. 1981, p.404.
92. Vershinski N., "El libro sobre el mar". Trad. Noemi A., Moscú, U.R.S.S., Ed. Mir, Moscú. 1980, p.117.
93. Vine J.F., "El origen y desarrollo de las cuencas oceánicas". Compilación, Richard C. Vetter. Trad. Wolberg J.D., 2a.ed. Buenos Aires, Argentina: Oceanografía, la última frontera . Ed. El Ateneo. 1978, pp.72-86.
94. Wilson J.T., "Deriva Continental". Trad. Martín C.E. y González U.A., 2a. ed. Madrid, España. Selecciones de Scientific American, ed. H. Blume. 1981, pp.44-60.
95. Wilson J.T., "La movilidad de la corteza terrestre". Trad. Aguayo E. y otros; México, D.F., El redescubrimiento de la Tierra. ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1982, pp.128-141.
96. Zarajova T., "Historia de la Tierra". México, D.F., ed. Cartago de México S.A. 1980, p.181.

E P I L O G O

" En la nave TIERRA que nos transporta por la inmensidad hacia una meta final que sólo Dios conoce, nosotros somos nada más pasajeros de proa. Somos emigrantes que conocen su propio infortunio. Los menos ignorantes entre nosotros, los más osados, los más impacientes, interrogamos nuestros propios problemas; demandamos cuándo comenzó el viaje de la humanidad, cuánto tiempo durará, cómo navega el barco, por qué vibran su cubierta y el casco; por qué algunas veces los sonidos provienen de la bodega y se extinguen por la escotilla; nosotros preguntamos qué secretos se ocultan en las profundidades de esta extraña nave y sufrimos porque ... (lo desconocemos).

Usted y yo somos del grupo de los impacientes y osados que desean saber y que nunca quedan satisfechos con cualquier respuesta. Nos mantenemos unidos en la proa del barco atentos a todas las indicaciones que provengan del interior misterioso, o del monótono mar o todavía del aún más monótono cielo.

Nos confortamos unos a otros hablando de la costa hacia la cual creemos devotamente que navegamos, o a la que en realidad llegaremos y desembarcaremos, quizá mañana. Es una costa que ninguno de nosotros ha visto nunca, pero que la reconoceríamos sin titubeos cuando apareciera en el horizonte.

Es la costa del país de nuestros sueños... de nuestros deseos y su nombre es la verdad".

PIERRE TERMIER.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA