

PLACAS TECTÓNICAS

1ª parte

Autora: Dra. Pierina Pasotti

Boletín de la Filial Rosario de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos
GAEA, 1922

Serie Didáctica N° 1

Rosario, Abril de 1977 Avda. Pellegrini 494

Definición

De acuerdo con la Teoría de la TECTONICA GLOBAL o Teoría de PLACAS TECTONICAS la corteza terrestre está formada por seis grandes casquetes esféricos, y varios menores, que engranan entre sí como un rompecabezas, a los que se conocen como PLACAS TECTONICAS (Fig. 1). Ejemplos de las primeras: La Sudamericana que abarca el continente y la mitad occidental del Atlántico Sur; la Norteamericana que comprende el continente y la mitad occidental del Atlántico Norte; de las segundas, las placas Nazca, de Cocos, Caribeana.

Sus límites son dorsales oceánicas, fosas y arcos insulares, fallas de transformación (ejemplo: la de San Andrés en la placa Norteamericana). Esta teoría se funda sobre el concepto de que la Tierra no es rígida, sino que continentes y cuencas oceánicas derivan lentamente fracturándose y reuniéndose y quizás creciendo. No todos la aceptan, pero hasta que no se establezca que ese movimiento es imposible, debe admitírsela.

La litosfera consta de dos capas: la superior, fría y rígida descansa sobre la inferior caliente y plástica. Debajo sigue la astenosfera hasta 600 – 800 km. en la que se producen movimientos de convección que influyen sobre la dinámica de la litosfera cuya capa superior es de rocas livianas, claras, de tipo granítico y afines, y de sedimentarias; está dividida en fragmentos que corresponden a los continentes (Sial); la inferior es de rocas pesadas y oscuras, de naturaleza basáltica distinta de la de los continentes, y es continua (Sima). Los bloques continentales se extienden hasta el pie del talud continental; abarcan por lo tanto las áreas emergidas, la plataforma y el talud. A estos dos últimos se los designa “precontinentes”.

Las áreas oceánicas tienen como límite el pie de dicho talud y como característica destacada de su morfología: dorsales, cordilleras y fosas. Por todo ello los términos “continente” y “océano” tienden a ser sustituidos por los de “áreas continentales” y “áreas oceánicas” por ser ellas unidades estructurales definidas por una serie de criterios geológicos y geofísicos.

A continuación se hace una síntesis de la evolución de las investigaciones que llevaron a la teoría de la Tectónica Global (Global por cuanto abarca todo el globo terrestre), ó de las Placas Tectónicas.

El punto de partida es la teoría de la deriva de los continentes de Alfredo Wegener (1912). Si bien el investigador alemán no fue el primero en observar la similitud entre los continentes a ambos lados del Atlántico, fue el que aportó un asombroso número de detalles de precisa afinidad de fósiles, rocas y estructuras. Según él, existió al comienzo un solo continente (Fig. 2), la Pangea, que abarca el 40 % de la superficie terrestre (unos 200.00 km²), bañada por el único océano, la Panthalasa. La Pangea se dividió primeramente en dos grandes continentes: Laurasia (N) y Gondwana (S). En el lado oriental se interdentaban en el mar de Thetys, que coincide con las cadenas de los Alpes-Himalaya de hoy. Posteriormente, hace unos 180 m.a., volvió a dividirse en fragmentos que se separaron yendo a la deriva, alejándose unos de los otros independientemente, hasta ocupar la posición que tienen hoy. El modelo global pudo haber empezado su formación hace unos 2.000 m.a. y el océano Pacífico en 180 m.a. Su ancho es de 15.000 km. y es notable la conservación del volumen total del agua a través de los tiempos. La fuerza que originó el desmoronamiento de la Pangea y la deriva según Wegener estaba asociada a la de la rotación de la Tierra.

Entre 1920 y 1930 la teoría provocó grandes controversias por cuanto el mecanismo sobre el que se basó la deriva era inadecuado según los geofísicos, pues violaba las propiedades mecánicas que se conocían de la corteza terrestre, a pesar de que con ella se explicaban muchos hechos. Pasó a constituir una teoría más con la que se había querido interpretar el origen de los continentes, hasta que en la década del cincuenta se abrió un nuevo campo de investigaciones que la actualizó y afianzó, sacándola del casi total olvido. Ese nuevo campo es el PALEOMAGNETISMO.

Blackett, Bullard, Runcorn y otros (1956), iniciaron ese campo. Llegaron a determinar que el polo magnético terrestre fue cambiando de posición a través del tiempo, describiendo trayectorias diferentes para cada continente, los que se movieron con respecto a la posición del polo magnético actual. Puesto que son trayectorias distintas para cada bloque continental y siendo improbable que el polo magnético se haya movido y alejado

mucho del eje de rotación, ó que éste haya cambiado de posición con respecto a las principales masas de tierra, surge como lógica que éstas se movieron independientemente describiendo trayectorias diferentes.

Al Paleomagnetismo se lo denomina “magnetismo fósil” y se comprueba en los basaltos y en las areniscas rojas, rocas ricas en minerales de hierro tales como óxidos y silicatos de hierro. Cuando se producen derrames de lavas basálticas, esos minerales contenidos en ellas se orientan según el meridiano magnético que pasa en ese momento por la zona surcada por las coladas lávicas, es decir, que no se disponen según la trayectoria de las coladas. Del mismo modo, cuando se acumulan sedimentos ricos en minerales de hierro, tanto por obra de las aguas como del viento, ellos se orientan según el meridiano magnético del momento.

Daremos unos ejemplos.

Investigaciones en ese campo demuestran que Sudamérica y Africa cuando aun estaban unidas, durante los últimos tiempos del Carbonífero y comienzos del Pérmico migraron desde el polo S hacia el septentrión, es la huida desde el polo (o Polarfluctkraft de Wegener); después en el Jurásico tardío y comienzos del Cretácico, se produjo una nueva migración, y a fines de éste último según una gran fisura, los dos continentes se separaron y se inició la deriva del sudamericano hacia el oeste (es el Westwanderung de Wegener). La apertura generó el Atlántico del mismo modo que lo está haciendo hoy el mar Rojo, que originará un nuevo océano. Ejemplos: en Brasil, en rocas del Estado de San Pablo se localizó el polo magnético a 57° S y 357° E; si Nueva York hubiese existido, hubiera estado situada sobre el ecuador y a una latitud de 19° E (hoy está a 74° W); durante el Jurásico (180 a 135 m.a.) la costa atlántica norteamericana se hallaba sobre el paralelo 25° N y en posición E-W, con lo cual se explica el desarrollo de arrecifes de corales fósiles que se presentan hasta los actuales bancos de Nueva Escocia; España se encontraba sobre el ecuador casi a la latitud actual; Japón en el Artico; la India y Australia bordeaban a la Antártida.

Cordillera Mesoceánica

De suma importancia resultó ser su reconocimiento. Se comprobó hace unos cien años al tender los cables telegráficos sobre el Atlántico. Erwing y Heesten sugirieron la

existencia de una cordillera mesoceánica que se extendía por unos 70 mil km. a lo largo de todos los océanos de la Tierra (Fig. 1). Expediciones oceanográficas, investigaciones con el sonar lo confirmaron. Tienen ellas mayor altura, extensión y volumen que todos los continentes juntos, no son semejantes a las de éstos y proceden del interior de la Tierra, alcanzan 1500 km. de ancho. Están constituidas por basaltos distintos de los de las tierras emergidas y cortadas transversalmente por numerosas fallas según rumbo o fallas de transformación, a las que se debe la forma de zigzag (Fig. 1) que presentan todas esas cordilleras, las que resultan por eso compuestas por incontables segmentos, que a su vez se conectan con otras fracturas a otras cordilleras. Las fallas según rumbo, o de transformación o transcurrentes, tienen movimientos horizontales y en sentido opuesto, lo que facilita los desplazamientos a su largo. En ellas se localizan los sismos de los océanos.

Las cimas de las cordilleras presentan una grieta o fisura o valle (rift) de las que mana lava basáltica. Sus dos lados o labios se separan y es continuamente rellenada por nuevo aporte de ese tipo de lava. Los puntos más altos afloran sobre el nivel de las aguas de los océanos formando islas volcánicas, por ejemplo la de Santa Elena. En el Atlántico tienen una posición mediana, entre ellas: Islandia, Tristán da Cunha, Bouvet. En el Pacífico está situada en el lado E; la isla de Pascua se encuentra sobre su borde oriental a 3760 km. de la costa chilena; en el Pacífico Norte ella penetra en el Golfo de California y en el continente norteamericano, cuyo lado occidental es arrastrado hacia el NW con la placa Pacífica a la que integra.

Investigaciones de Geocronología (determinación de las edades de las rocas) demuestran que las islas son tanto más antiguas cuanto más alejadas de la correspondiente cordillera. Por ejemplo, en el Pacífico Norte las Hawai forman una cadena de islas de tanto mayor edad cuanto más al NW de la que cuenta con el volcán en actividad, el Kilauea, que fue la última en formarse. En el Pacífico Sur a partir de la cordillera mesoceánica se extienden cadenas de islas volcánicas que también son tanto más recientes cuanto más cercanas a aquellas y llevan dirección SE-NW porque así se fueron desplazando. Citadas de NE a SW: las islas Marquesas, el archipiélago Tuamotu, las islas Sociedad y su prolongación al NW las de Samoa y, por último, las Tutuai. En el Atlántico Sur, las Malvinas tienen unos 1100 m.a., Ascensión 1 m.a. y a partir de ésta hacia el NE, las de Fernando Po, Príncipe, Sto. Tomé y Annobon, 120 m.a. Las Azores tienen 20 m.a.

Islandia ha crecido rápidamente. Consta de un gran valle, o parte mediana, de 45 km. de ancho, más joven (10 m.a.) que las dos laterales (50 m.a.). En ese valle hay unos 200 volcanes que fueron activos en los últimos 1000 años; actualmente unos 30 lo están normalmente, la lava sepulta montañas, valles y ciudades y forma cadenas de volcanes. Además, esa zona mediana se ensancha 2,50 cm/año.

Llegamos con esto a otra etapa más, muy importante, que nos conduce a la Tectónica Global. es la teoría que se conoce como EXPANSION DEL FONDO DE LOS OCEANOS (Fig. 3), propuesta por Morgan. Según ella el piso de los océanos está en continua expansión a partir de la fisura de las cimas de las cordilleras mesoocéánicas. Un nuevo suelo se forma a ambos lados cerca de la grieta, lo que contradice a Wegener que admitía nuevos suelos adosados a los continentes.

Las pruebas de la expansión se basan sobre el paleomagnetismo, la inversión de la polaridad y la geocronología. Con ellas se ha comprobado que a ambos lados de las cordilleras se suceden bandas basálticas igualmente magnetizadas, con el campo invertido (como piel de cebra) y de misma edad. Las dos mitades de una misma banda se mueven separándose una de la otra y su edad es la misma y tanto mayor cuanto más alejadas están de la fisura o valle de las cimas, de ahí que el valor del alejamiento sea el mismo (Fig. 4). Todo esto refuerza el concepto de la expansión. En cuanto al alcance del desplazamiento, varía de 1 a 13 y más cm/año, valor que no tiene por qué ser constante en el tiempo, y por ser igual a ambos lados, la expansión puede superar (según algunos cálculos) los 20 cm/año, o sea superior a otros procesos geológicos tales como la orogénesis. Cuando aquella se produce debajo de un continente, se origina una fractura longitudinal cuyos labios se separan. Sean ejemplos en la actualidad el ensanchamiento del mar Rojo (que empezó a abrirse hace unos 20 m.a.) y el golfo de California. Se han comprobado también cambios en las direcciones de los desplazamientos. Cada continente, con la capa inferior basáltica, se mueve describiendo una circunferencia alrededor de un punto o polo de rotación propio.

La expansión de los fondos oceánicos trae como lógica suponer un aumento de volumen de la Tierra. Sin embargo, éste fue de apenas 2 % en los últimos 200 m.a. Se

calcula que la superficie ocupada hoy por los océanos se habría formado en ese lapso, es decir en el 5 % de toda la historia geológica de nuestro planeta. De eso surge que las áreas corticales han de distribuirse en la misma proporción con que aumentan, o sea que hay un sistema global de transporte o movimiento que relaciona las zonas donde se crea corteza con aquellas en las que se destruye, y puesto que el fondo de los océanos es rígido, los movimientos están confinados a los límites entre gigantescos bloques en que está dividida la litosfera. Los bloques se enfrentan y chocan en esos límites o bordes; allí el fondo de los océanos es absorbido, penetra en las profundas fosas y se desliza debajo de los continentes. A las zonas donde se producen esos procesos se las conoce como “zonas de SUBDUCCION” (Fig. 4) y según ellas, por frotamiento se tiene terremotos y se forman volcanes. En profundidad las rocas funden, por su menor peso se elevan hacia la base de la litosfera continental y sobre esas zonas se originan cadenas de volcanes.

Ejemplos: a lo largo de la costa sudamericana se hunde la placa Pacífica en la fosa situada contra ella en el W; el subcontinente de la India lo hace también por subducción debajo de los montes Himalaya, o parte sur del Tibet-Mongolia.

Sobre la base del concepto de la expansión de los fondos de los océanos y de la deriva de los continentes, se ha constituido un solo cuerpo conceptual al que se ha denominado “teoría de la tectónica de placas” y a los gigantescos bloques en que está dividida la litosfera, PLACAS TECTONICAS (Fig. 1). Esta teoría llegó a su máxima resonancia desde la década del sesenta. Es un corolario de la expansión de los fondos oceánicos. Una placa, pues, se destruye de un lado con el mismo valor con que crece en el opuesto. La que se sumerge consta de rocas pesadas (basaltos) mientras que la otra por ser liviana (rocas graníticas y afines) se desliza sobre la primera. Donde se enfrentan dos placas, en las profundas fosas se acumulan potentes capas de sedimentos; por eso en ellas se registra menor gravedad y los focos sísmicos se disponen sobre un plano inclinado que se hunde en la astenosfera. Es la zona, o plano, de Benioff (Fig. 4).

La Sismología ha evidenciado que existen tres tipos de límites de placas: 1) a su largo hay separación (cordilleras mesoceánicas); 2) una se desliza horizontalmente con respecto a la otra (fallas de transformación); 3) en ellos tienen convergencia (zona de subducción). En los límites con fallas de transformación ni se crea ni se destruye corteza, tal la falla de San Andrés en la que la placa Pacífica se desplaza en sentido contrario a las

agujas del reloj, mientras que la Norteamericana lo hace en el sentido de las agujas. En los límites con subducción, una desaparece gradualmente consumiéndose conforme se desliza debajo y frente al borde de la otra placa. Cada millón de años una placa se movería horizontalmente de 10 a 10 km. y se hundiría 100 m.

Cuando la velocidad de una placa es mayor que la de la otra, la primera al sumergirse arrastra también los sedimentos, pero cuando la velocidad es igual, los sedimentos acumulados en las fosas son plegados entre ellas formando cordones montañosos, cordilleras, que emergen aumentando la superficie de los continentes por orogénesis (Fig. 3). También en este caso se forman cadenas de volcanes y se producen terremotos.

Los límites de las placas no siempre coinciden con las márgenes continentales; por eso hay bordes sin sismos.

Representando en un mapa por medio de puntos los terremotos registrados en los últimos 20 años se comprobó su localización en las cadenas mesoceánicas, en las zonas de subducción y de fallas de transformación. Valiéndose de esos, Bullard cartografió y delimitó seis grandes placas y doce menores. Aquellas son (Fig. 1):

- Placa Pacífica: coincide con el océano Pacífico. Sus bordes son zonas de subducción y fallas de transformación.
- Placa Sudamericana: su límite occidental es la zona de subducción que enfrenta a la Pacífica, el oriental es la cordillera mesoatlántica.
- Placa Norteamericana: limita al W con la Pacífica que es en parte una zona de subducción y en parte falla de transformación (San Andrés), en el E lo es la dorsal mesoatlántica norte.
- Placa Africana: se extiende desde la cordillera mesoatlántica sur en el W, que la rodea después por el S y la conecta en el E a la cordillera del océano Indico. Esta placa es un interrogante a la teoría de la Tectónica Global por cuanto no solo no presenta zonas de subducción sino que está sometida a futura fragmentación, y actualmente una fisura, que parte y ensancha el mar Rojo, continúa por la zona del gran valle tectónico en el que se alojan grandes lagos.

- Placa Euroasiática: en el W comienza en la cordillera mesoatlántica norte y abarca toda Eurasia, en el S su límite es el cinturón alpino-himalayo, en el E lo es la zona de subducción de la Pacífica. El comportamiento del mar Mediterráneo es difícil de explicar fehacientemente con la teoría de Placas Tectónicas.
- Placa Indoaustraliana: comprende la mayor parte del océano Indico, Australia y el subcontinente de la India.

Todas ellas se movieron en el tiempo y en el espacio y pueden haber cambiado de tamaño y forma, la que los continentes generalmente conservan.

Como ejemplos de placas menores citamos a las de Nazca y de Cocos. Su reducida amplitud se debe a que la cordillera del Pacífico no ocupa una posición mediana como la del Atlántico, sino que está emplazada, como vimos, en la parte oriental. La primera se extiende entre la fisura de esa cordillera y el continente sudamericano hacia el que se desplaza con una velocidad de 6 cm/año, y debajo del cual se sumerge por subducción en la fosa Chile-Perú; al N linda con la placa de Cocos la que está limitada por el grupo de las islas de Cocos a las que integran las Galápagos. Actualmente se desplaza hacia el NE y se hunde en la fosa que corre contra la costa de América Central y de México. En el Cretácico iba hacia el oriente.

Por último queda por considerar el mecanismo que provoca el desplazamiento o migración de las placas. La teoría más aceptada es la de las corrientes de convección (Fig. 3). Holmes y Griggs modernizaron la idea del estado de convección térmica en el interior de la Tierra. Su evidencia es indirecta. De acuerdo con ella, por su mayor temperatura en el manto superior terrestre, las masas fundidas se elevan; al ponerse en contacto con la parte inferior de la corteza se dividen en dos ramas que en dirección opuesta se desplazan a su largo, y al enfriarse descienden cerrando así el ciclo, o célula, de convección. Sobre la rama ascendente se produce una fisura de la que se forman las cordilleras mesoceánicas, la expansión de los fondos oceánicos y la separación de las placas; en la descendente se tienen las zonas de subducción y convergencia de placas (Fig. 4). Esas células pueden variar en tamaño, forma, velocidad, periodicidad. Esto puede explicar la periodicidad en la formación de las cadenas montañosas y la extraña y asimétrica distribución de los continentes.

Otras teorías se basan sobre procesos geoquímicos o sobre la radioactividad. También hay quienes consideran que los movimientos convectivos de la astenosfera en concomitancia con la distribución espacial de las sustancias radioactivas y la diferente capacidad de propagación del calor interno en la corteza continental y en la oceánica, pone en movimiento a las Placas.

Estas tiene importancia desde el punto de vista económico en la génesis y localización de yacimientos mineros.

Bibliografía de fácil acceso

‘Deriva Continental y Tectónica de Placas’ – 18 artículos seleccionados de ‘Scientific American’. Versión española. 1974. Editorial Blume, España.

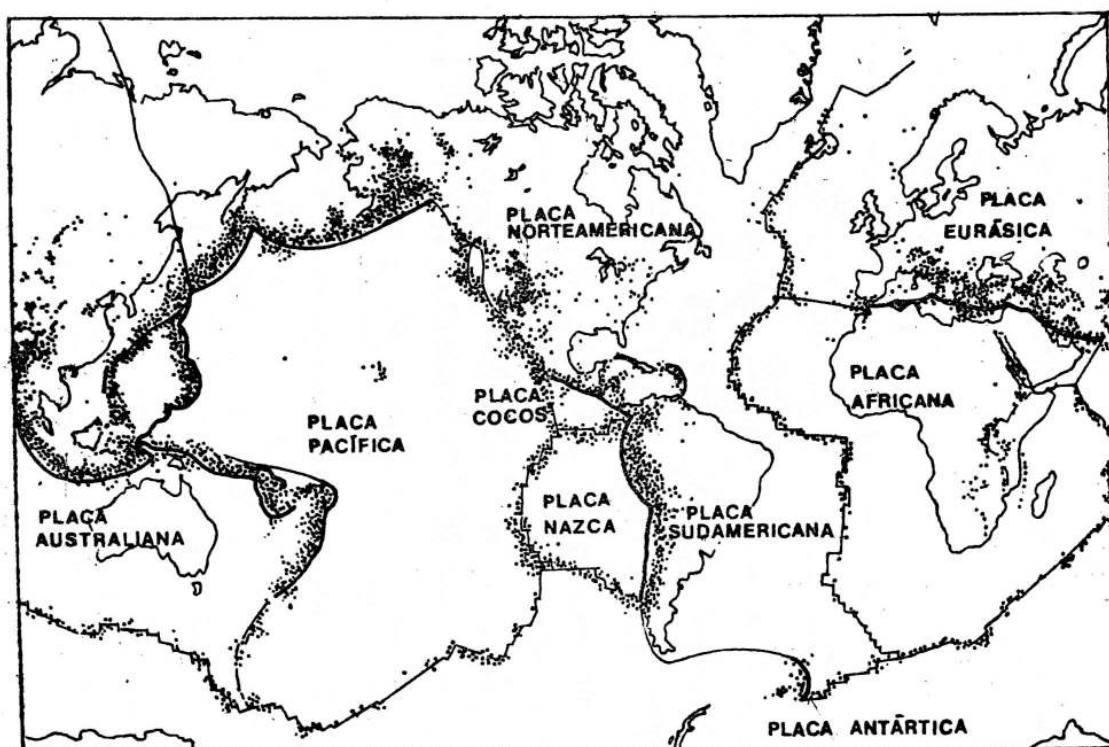


Fig. 1

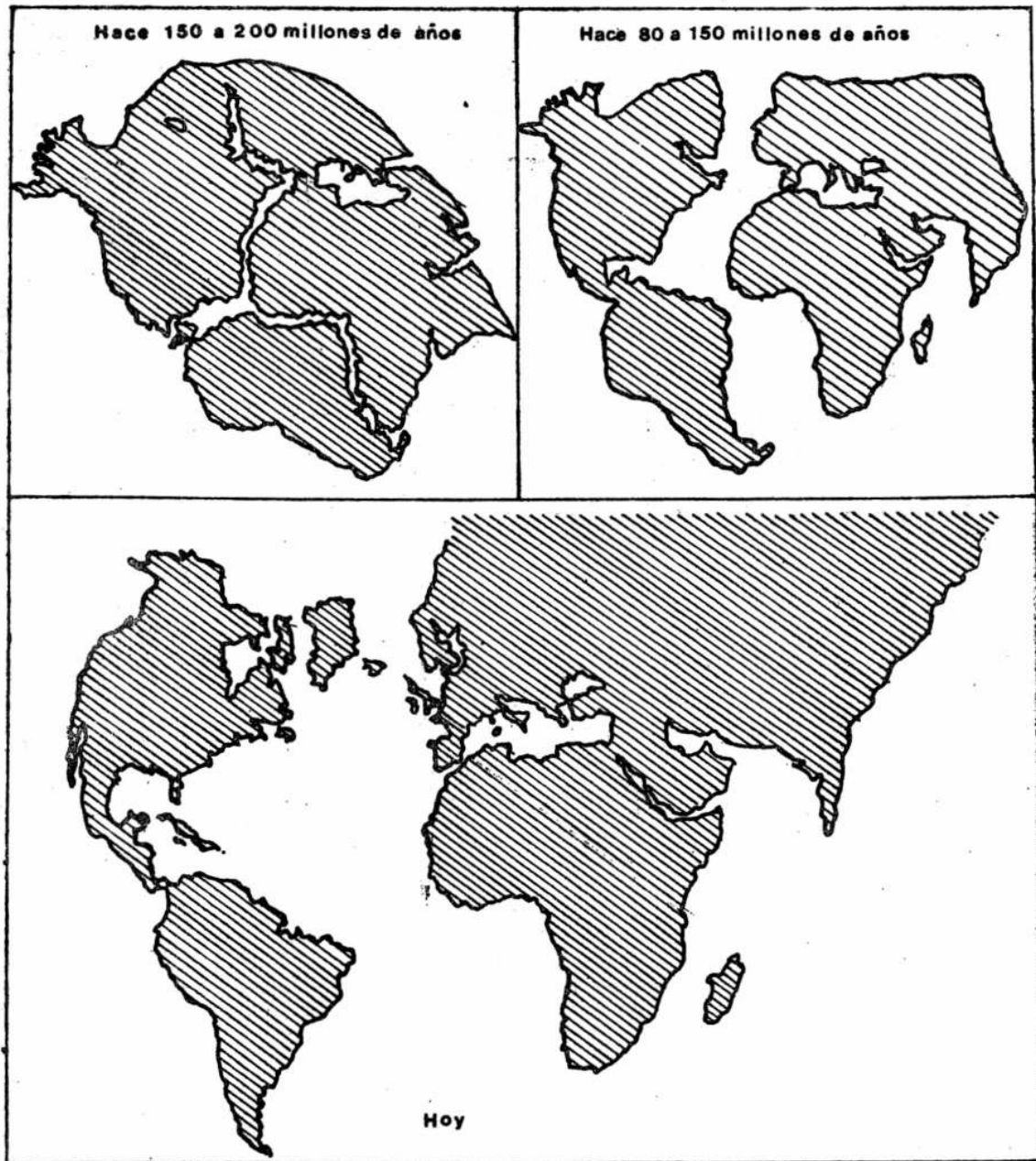


Fig. 2

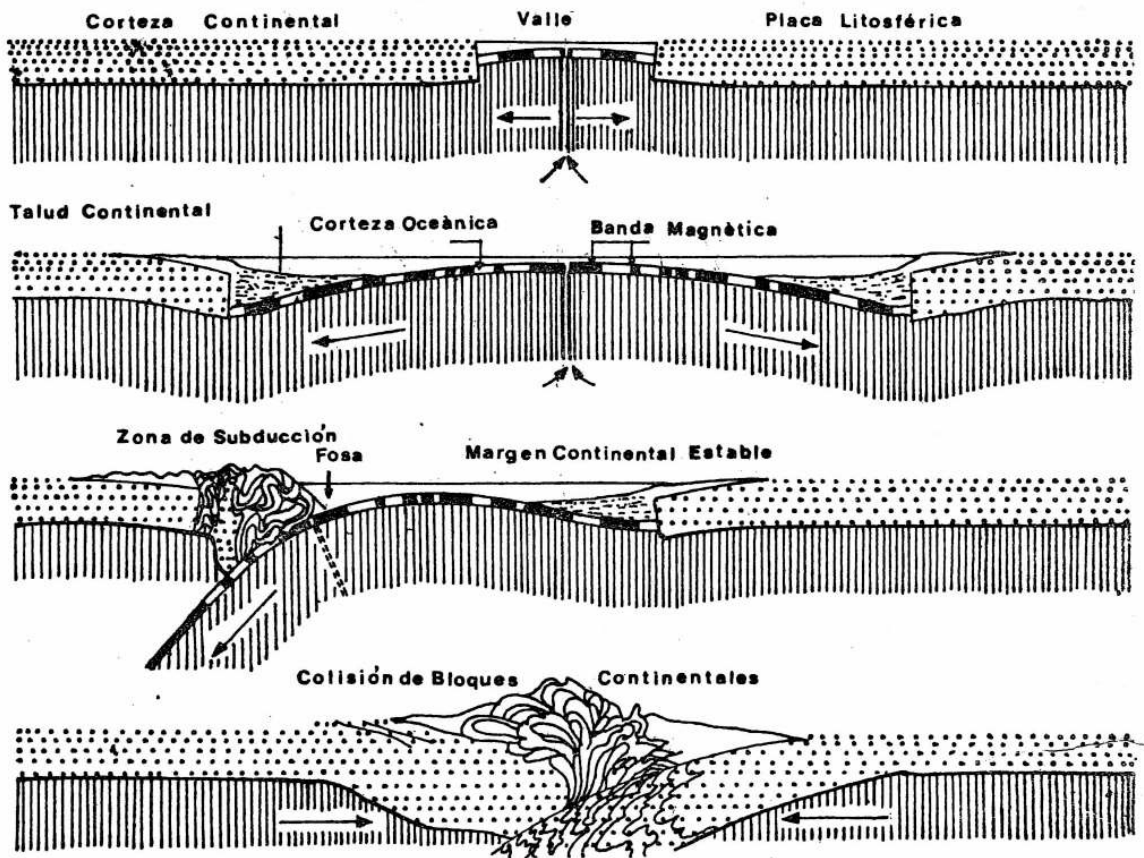


Fig. 3

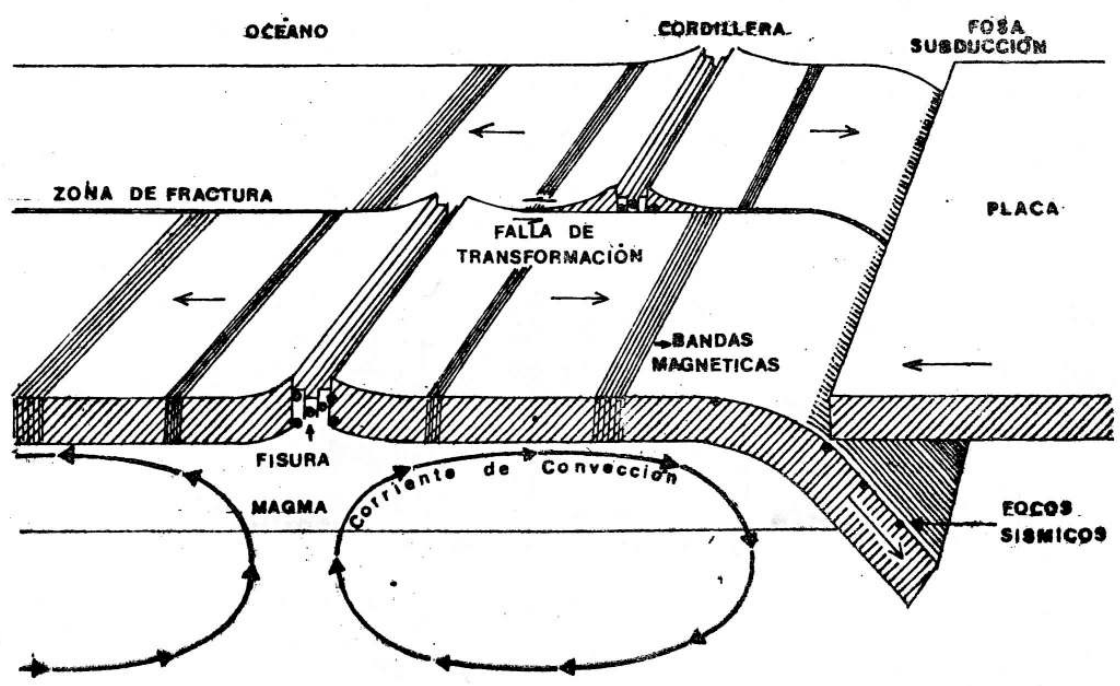


Fig. 4