

Tectónica de Placas Historia y Fundamentos



***Cecilia I. Caballero Miranda
Instituto de Geofísica, UNAM***

Para: Clase Ciencias de la Tierra, Fac. Ciencias-UNAM

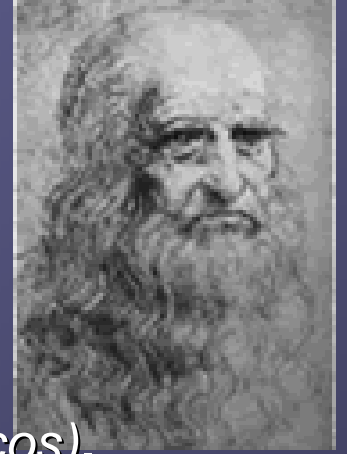
Introducción

- ❖ **¿Cómo se crean y se mantienen las montañas?,**
- ❖ **¿Qué causa los terremotos?,**
- ❖ **¿Por qué se forman los volcanes?,**
- ❖ **¿Cómo es que se encuentren fósiles de animales marinos en la cima de las más altas montañas y restos de plantas tropicales en la Antártida?,**
- ❖ **¿Por qué algunas especies vegetales y animales son muy parecidas aunque vivan en continentes lejanos?,**
- ❖ **¿A qué se debe la existencia de cadenas de islas?, etc.**



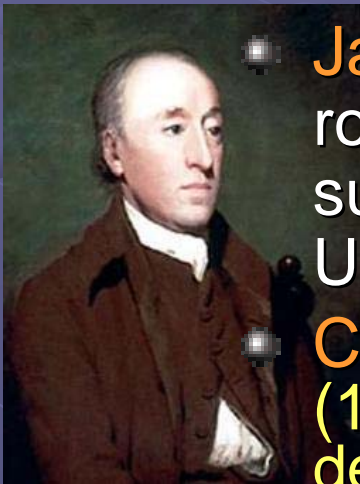
La Tierra es dinámica como lo notaron:

Primeros observadores



● **Jenófanos de Colofón** (570-475 aC) reconoce a fósiles como restos de organismos vivientes, propone cambios importantes en el nivel del mar (*E. Tales-presocráticos*).

● **Leonardo Da Vinci** (1508) y **Nicolas Steno** (1667-69), reconocen fósiles de conchas marinas en lo alto de las montañas italianas y proponen se trata de restos de organismos depositados en el mar. Steno propone principios para el estudio de los estratos rocosos. (S Cimento)



● **James Hutton** (1785), introduce el ciclo de las rocas, la idea de que al elevarse un terreno estaba sujeto a erosión e intemperismo. Teoría del Uniformitarianismo (*Royal Soc. London*)

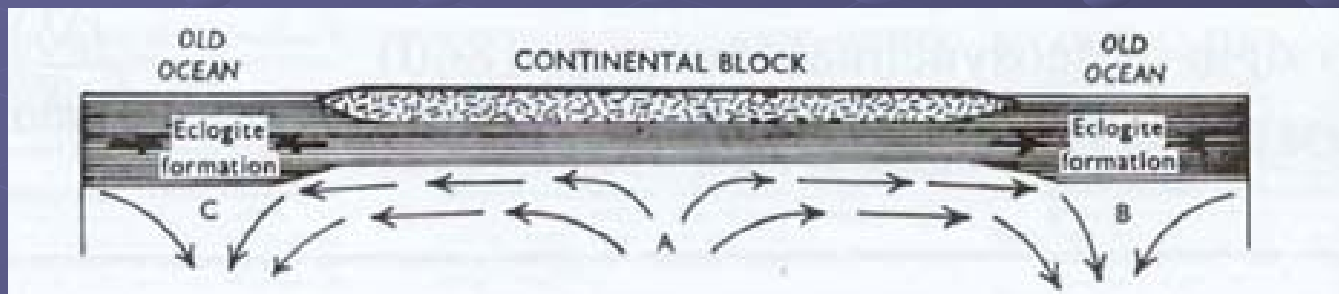
● **Charles Darwin**, en su viaje alrededor del planeta (1831-36), realizó numerosas observaciones. Ej. después de un fuerte sismo en la costa chilena, mejillones recién muertos a 3 metros sobre la línea de costa.



Primeras Hipótesis

Siglo XIX

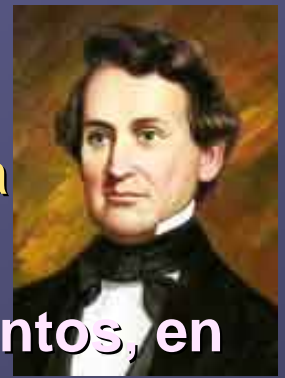
- Formación de los océanos y continentes: por el efecto del **enfriamiento*** de la capa mas externa de la Tierra, por **contracción de la corteza*** y/o por efecto de una **convección** al interior de esta.
**sin considerar radioactividad natural.*



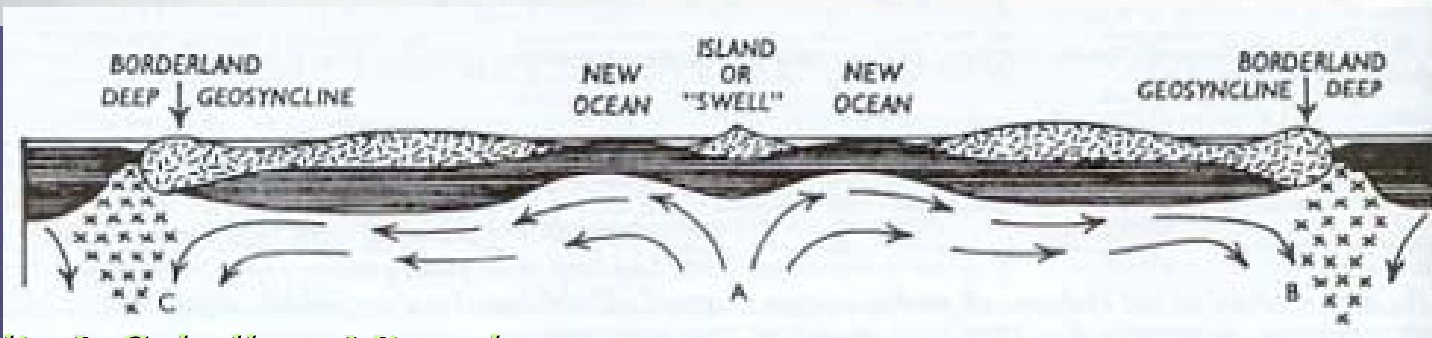
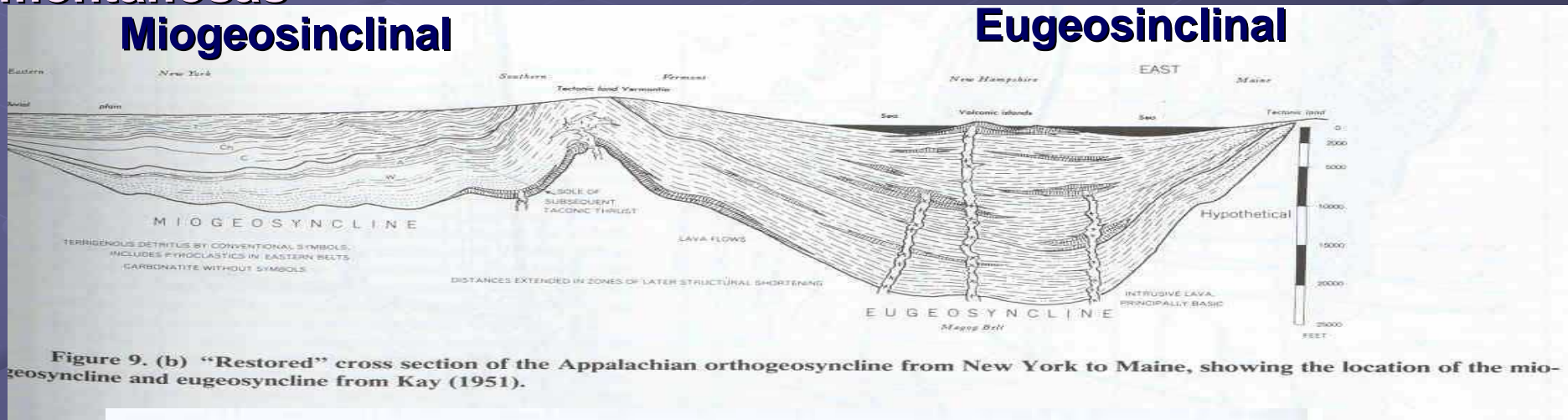
- Otra teoría para explicar la formación de las montañas, desde la acumulación de sedimentos hasta su deformación y levantamiento y la propia construcción de los edificios montañosos), era la de los **geosinclinales**. Se manejaba complementariamente con la anterior no obstante sus múltiples inconsistencias y contradicciones.

Los Geosinclinales

1850's-1870's James Hall y James D. Dana



Grandes cuencas marinas alargadas en las márgenes continentales, receptáculo de grandes espesores de sedimentos, en hundimiento progresivo debido a su propio peso y sujetos a complejos procesos de deformación con la importante acción de la isostasia como generadora de fuerzas para el plegamiento y elevación de estos sedimentos hasta ser convertidos en cadenas montañosas



Alfred Lothar Wegener (1880-1930)

- * Astrónomo y meteorólogo alemán, en 1915 publico “**Die Entstehung der Kontinente und Ozeane**”, *El Origen de los Continentes y los Océanos*.
- * En su libro estableció el esbozo básico de su **hipótesis sobre la Deriva Continental**.
- * Fue criticado porque no proporcionaba un mecanismo que causara la deriva, y porque se pensaba que tal deriva era físicamente imposible.



La Deriva Continental

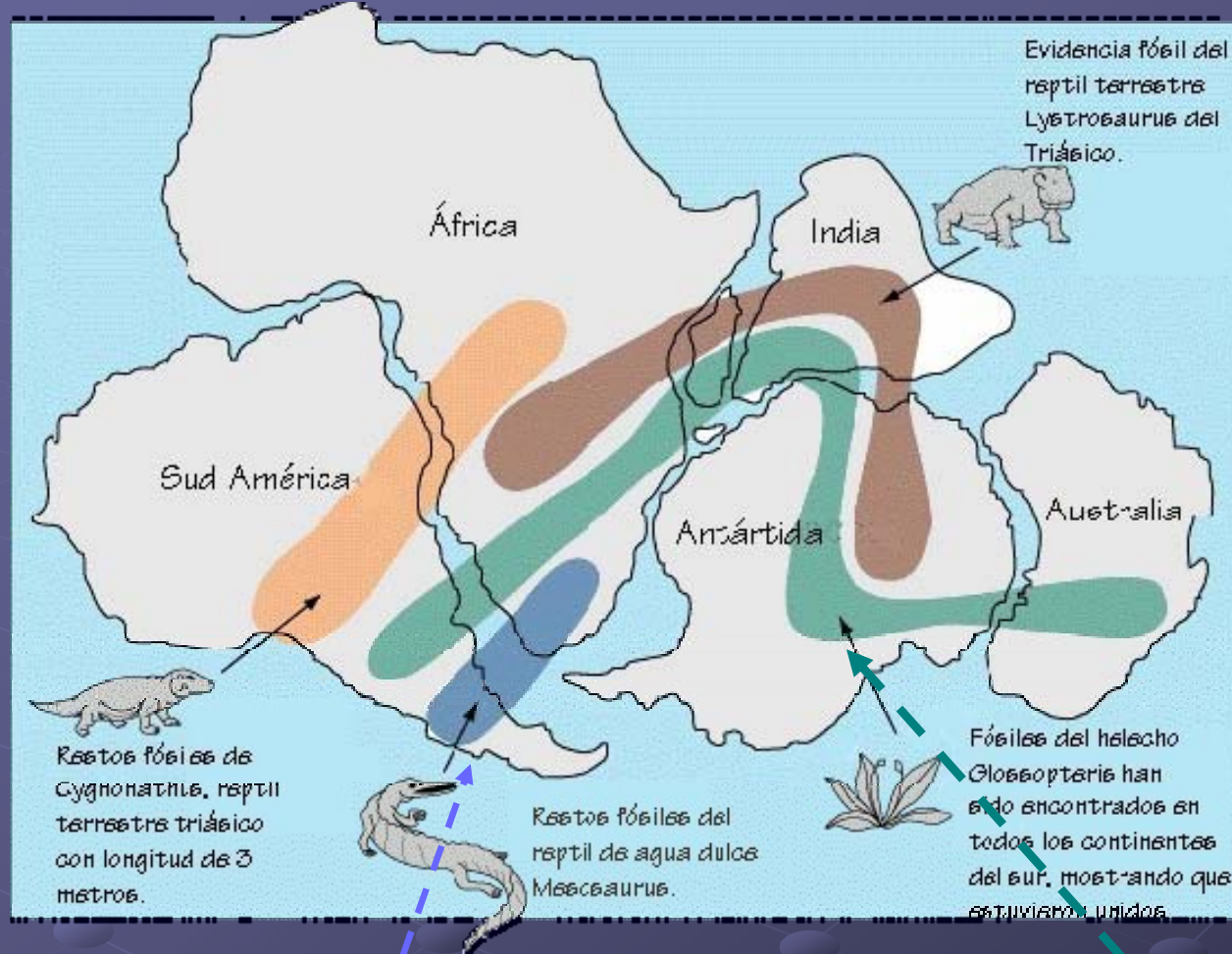
- Wegener sugirió que en el pasado geológico, había existido un *supercontinente* único llamado “Pangea” (Toda la Tierra).
- Planteó que hace 200 Ma Pangea se fragmentó en continentes más pequeños, que “derivaron” hacia sus posiciones actuales.
- Los geofísicos lo criticaron porque los cálculos de los esfuerzos necesarios para desplazar una masa continental a través de las rocas sólidas en los fondos oceánicos resultaban con valores inconcebiblemente altos.
- Los geólogos dudaban de las correlaciones propuestas, basadas en su mayoría en observaciones en rocas del hemisferio sur, que eran poco conocidas.

Evidencias de la Deriva Continental

- 1. El ajuste de los continentes:**
Los continentes podrían haber estado unidos en alguna ocasión, dadas las notables semejanzas en las líneas costeras a ambos lados del Atlántico Sur.

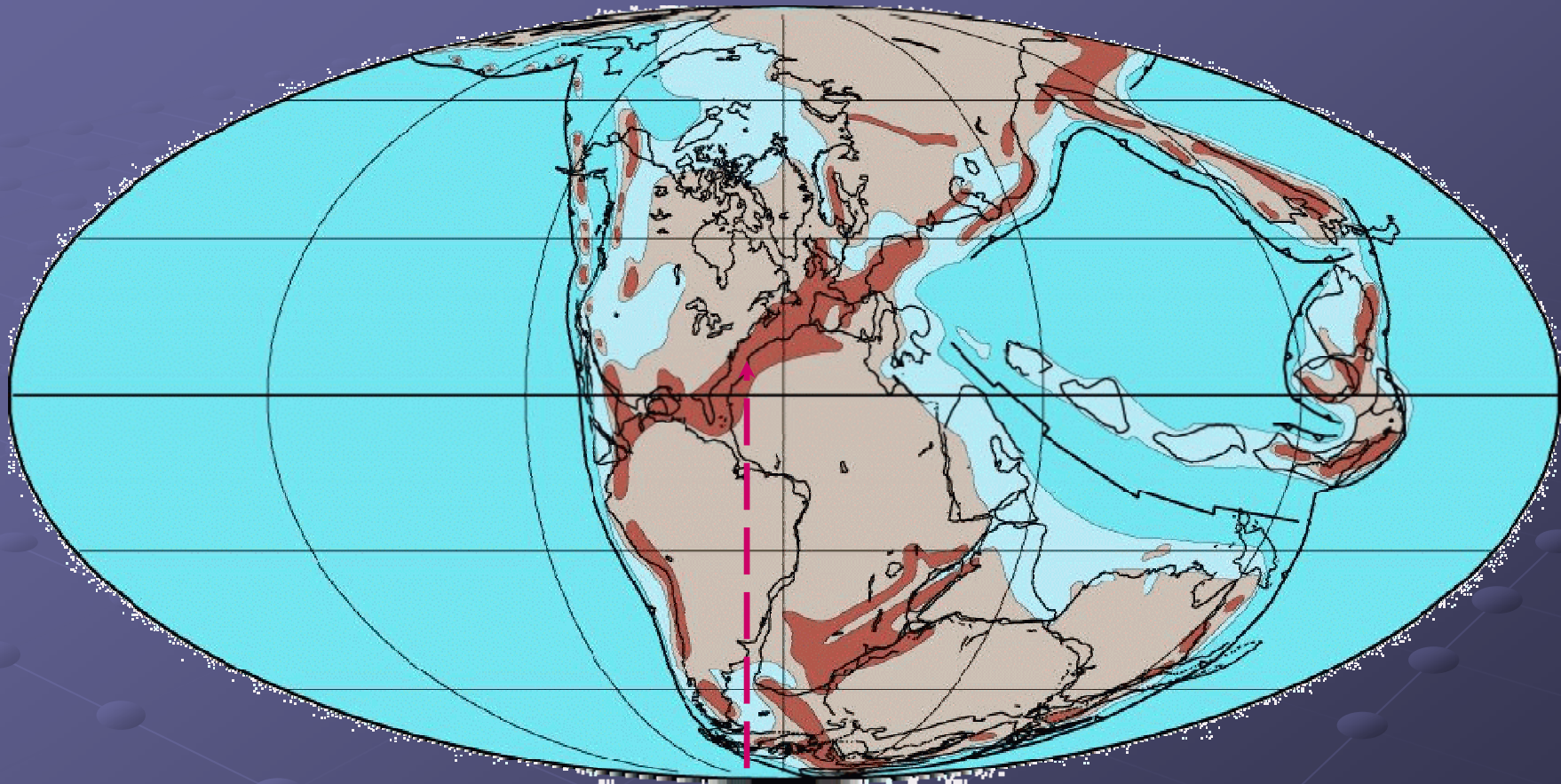


Evidencias de la Deriva Continental

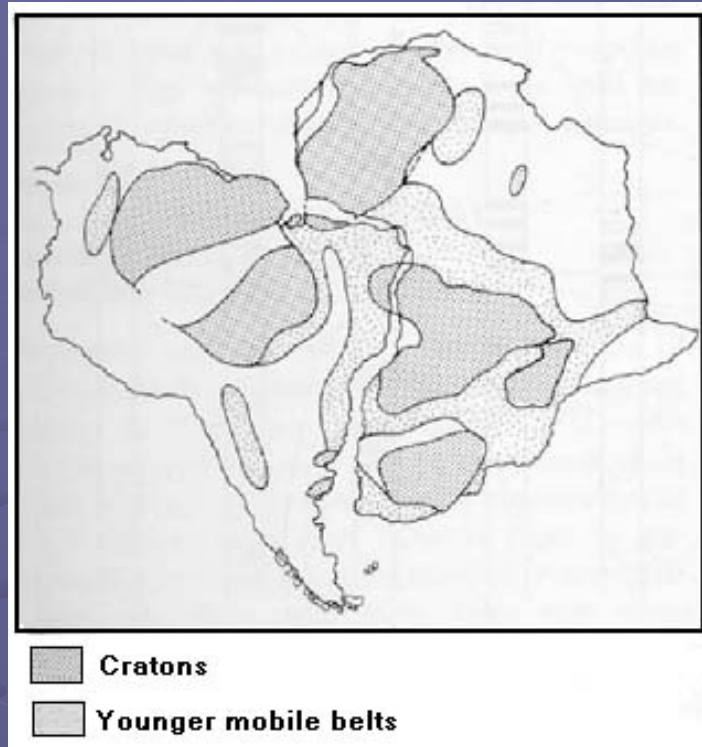


2. **Evidencia Fósil:** La distribución de la planta **Glossopteris** y el reptil **Mesosaurus** (entre otras distribuciones de fósiles), son indicios de una continuidad entre estos continentes durante el Pérmico.

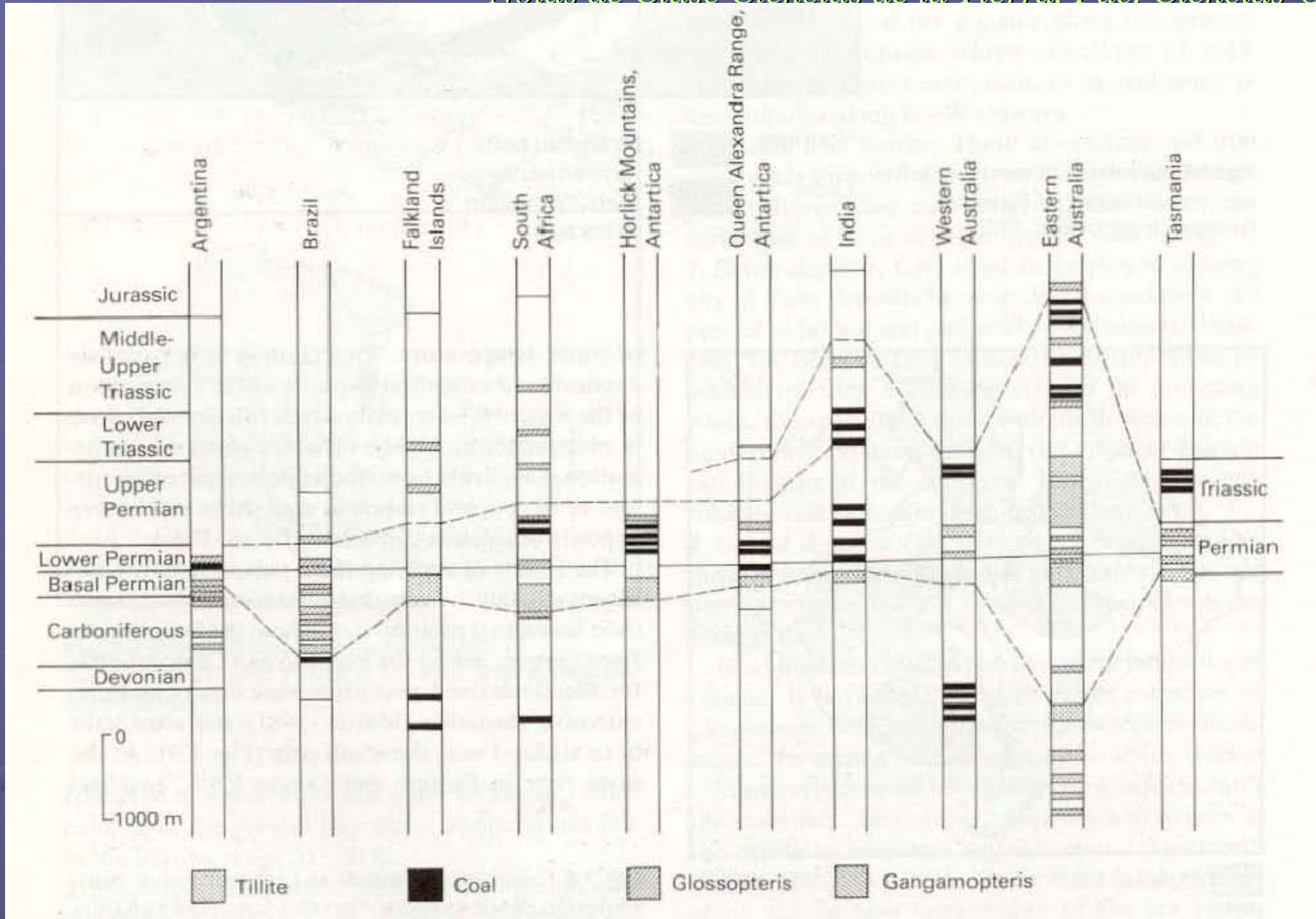
Evidencias de la Deriva Continental



- 3. Litologías y Estructuras Semejantes:** Ejemplos son los cinturones montañosos que terminan en la costa, para reaparecer al otro lado del océano; por ejemplo, Los **Apalaches**.



3. Litologías y Estructuras Semejantes: Otros ejemplos son la continuidad de provincias con conjuntos rocosos similares



3. Litologías y Estructuras Semejantes: Ejemplos a gran detalle son correlaciones de secuencias de rocas

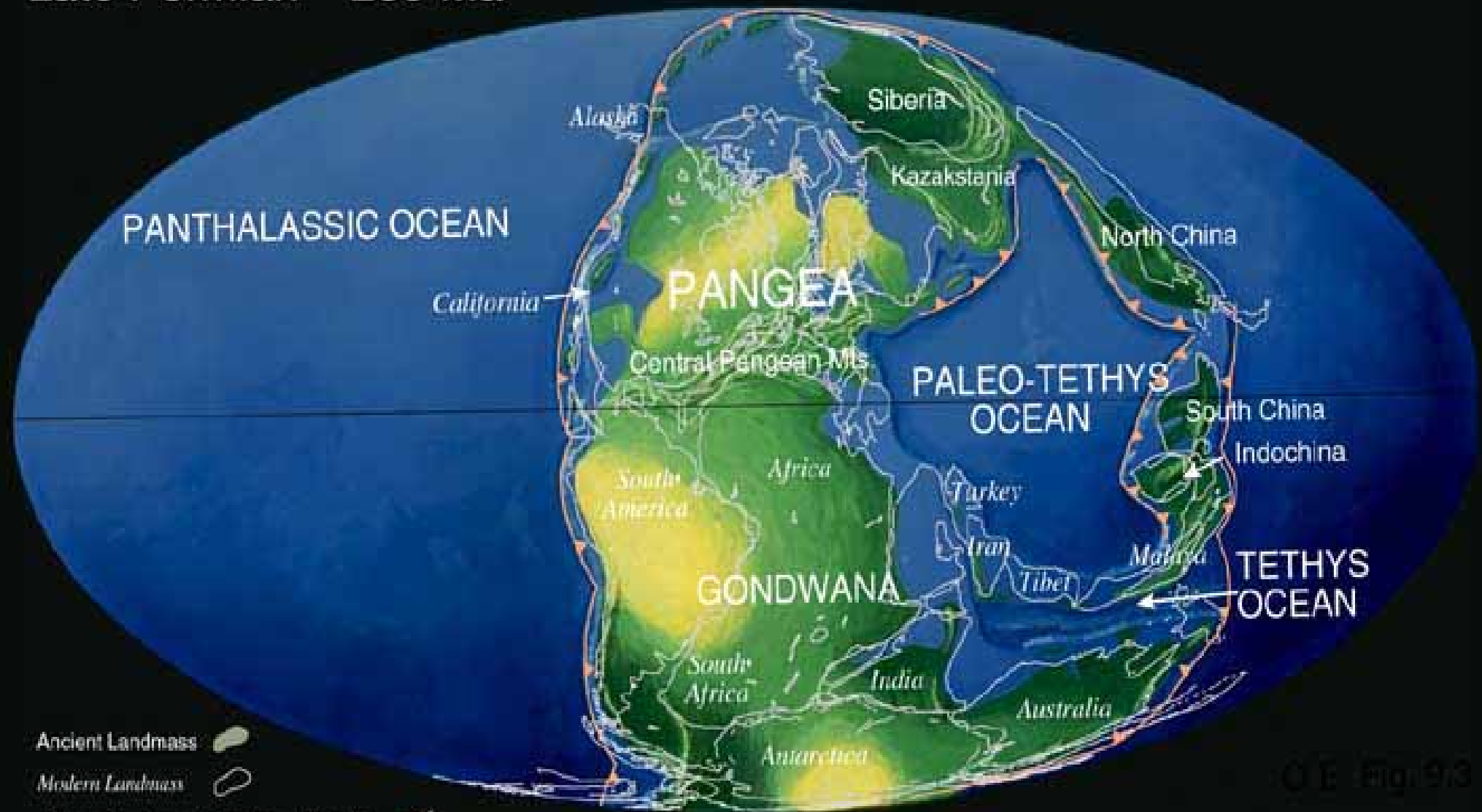
Prof. Cecilia I. Caballero Miranda





Evidencias de la Deriva Continental

- 4. Evidencias Paleoclimáticas:**
A partir de depósitos glaciales antiguos, Wegener dedujo la existencia de grandes masas de hielo que cubrían extensas áreas en el Hemisferio Sur, a finales del Paleozoico (entre 220 y 300 Ma).



Late Permian 255 Ma



- Ancient Landmass 
- Modern Landmass 
- Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction) 
- Sea Floor Spreading Ridge 

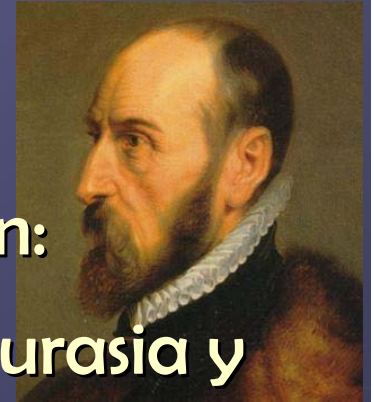
© 1997 C. R. Scotese

Objeciones a la Hipótesis

- ❖ **Incapacidad para indicar un mecanismo para mover los continentes a través del planeta. Wegener propuso la influencia mareal de la Luna.**
- ❖ **Consideraba a los continentes como fragmentos rígidos “flotando” sobre la corteza oceánica, pero no había pruebas de que la corteza continental fuera rígida o que la corteza oceánica fuese débil como para permitir el paso de los continentes.**
- ❖ **Wegener escribió en 1929 su cuarta y última edición de su libro, manteniendo su hipótesis básica y añadiendo nuevas pruebas de apoyo que sin embargo no fueron suficientes.**

Aportaciones a favor

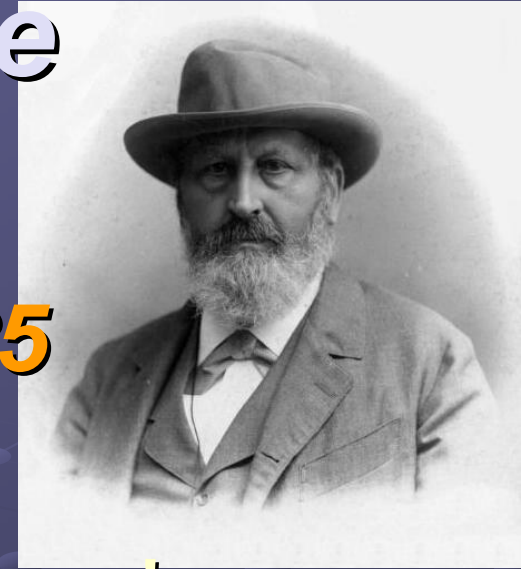
Wegener no fue el primero en reconocer el ajuste o paralelismo de las líneas costeras a ambos lados del Atlántico, entre otros estas observaciones las hicieron:



- **Abraham Ortelius**, en 1596 sugirió que América, Eurasia y África estuvieron alguna vez juntas y se separaron por terremotos e inundaciones.
- **Francis Bacon** (1561-1626) padre del método científico moderno en 1620, **Benjamin Franklin** (1706-1790) y **Humboldt** (1769-1859) comentaron las ideas de Ortelius en sus obras.
- **Antonio Snider-Pellegrini** geógrafo, en 1858 teorizó acerca de la unión de los continentes en el Pensilvánico basándose en flora fósil idéntica en Europa y Estados Unidos.

Aportaciones a favor de contemporáneos

Edward Suess (1831–1914).- 1885



- Geólogo suizo-australiano que basándose en la distribución de floras fósiles (Glossopteris) y de sedimentos de origen glacial, propuso la existencia de un supercontinente que incluía: India, África y Madagascar, posteriormente añadiendo a Australia y a Sudamérica. A este supercontinente le denominó Gondwana (tomado del nombre *Gonds*, dado a los supuestos aborígenes Indues originales) .

Aportaciones a favor de contemporáneos

Alexander Du Toit (1878–1949).- 1927, 1937

En 1927, este geólogo sudafricano, publicó el artículo *Geological Comparison of South America with South Africa* y en 1937 *Our Wandering Continents*, en ellos postulaba la existencia de

dos supercontinentes, Laurasia y Gondwana, separados por un océano de nombre Tethys.

Du Toit también propuso una reconstrucción de Gondwana basada en el arreglo geométrico de las masas continentales y en correlación geológica



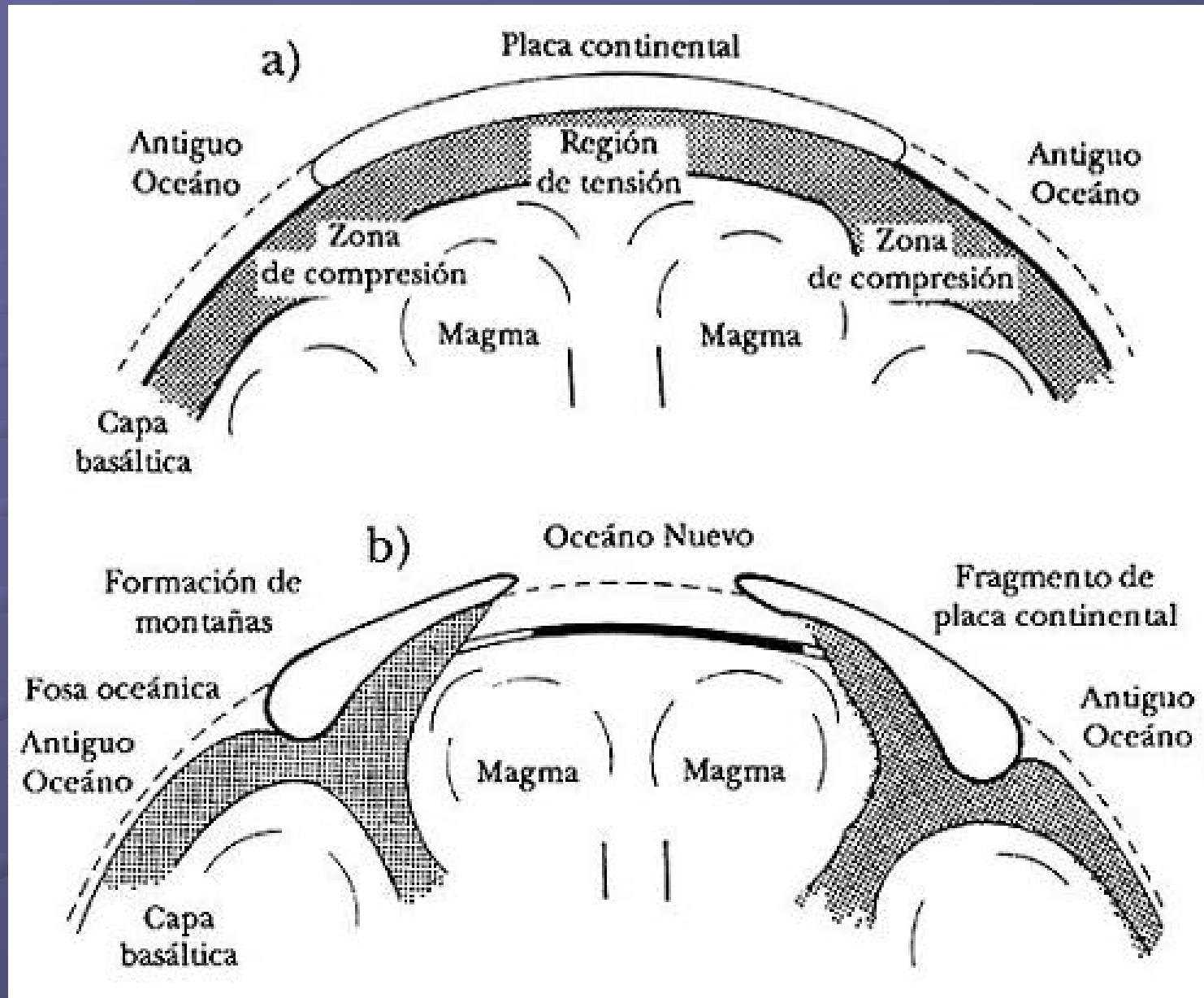
Aportaciones a favor de contemporáneos



Arthur Holmes (1890–1965).- 1929

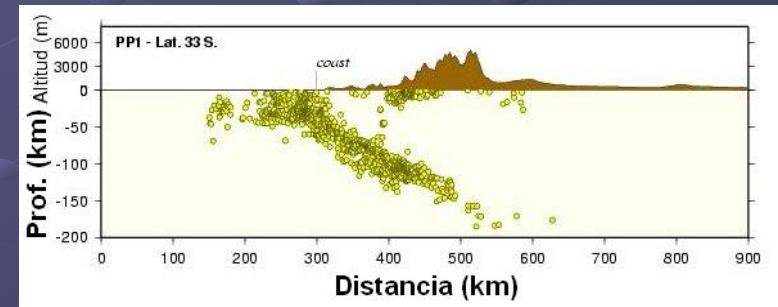
En 1929, este geólogo inglés propuso la existencia de corrientes de convección en el manto de la Tierra. Proponía que las rocas del interior de la Tierra, se calentaban por acción de la radioactividad causando su ascenso y expansión en tanto que cuando se enfriaban volviéndose densas, se hundían nuevamente hacia el interior terrestre.

Esbozando por primera vez un mecanismo más plausible para la movilidad continental, perspectiva cuya comprobación se consolidó posteriormente a la segunda Guerra Mundial.



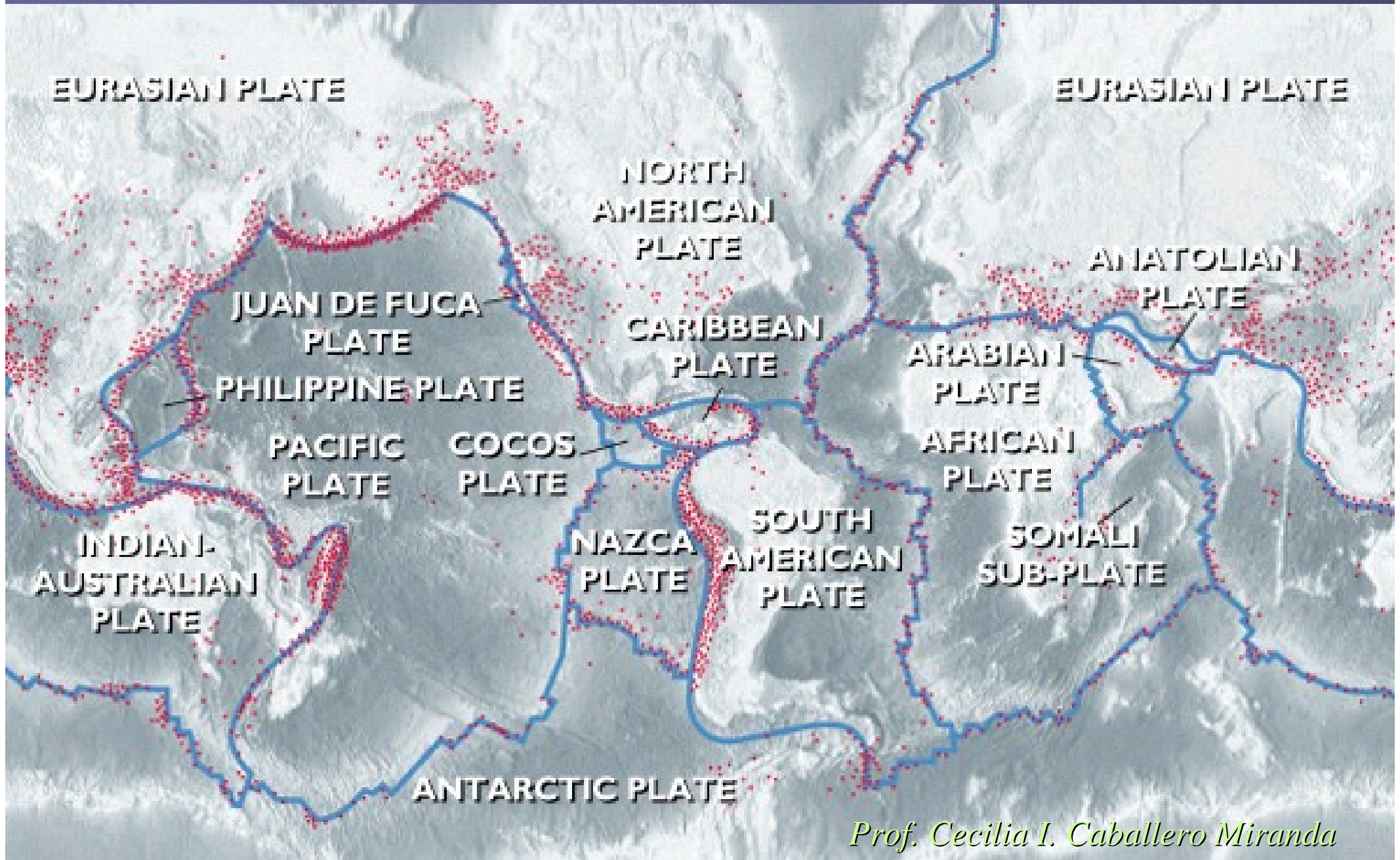
Avances en Sismología

- En los años 30 el geofísico japonés **Kiyoo Wadati** documentó el incremento en la profundidad de los sismos en función de la distancia tierra dentro hacia el continente.

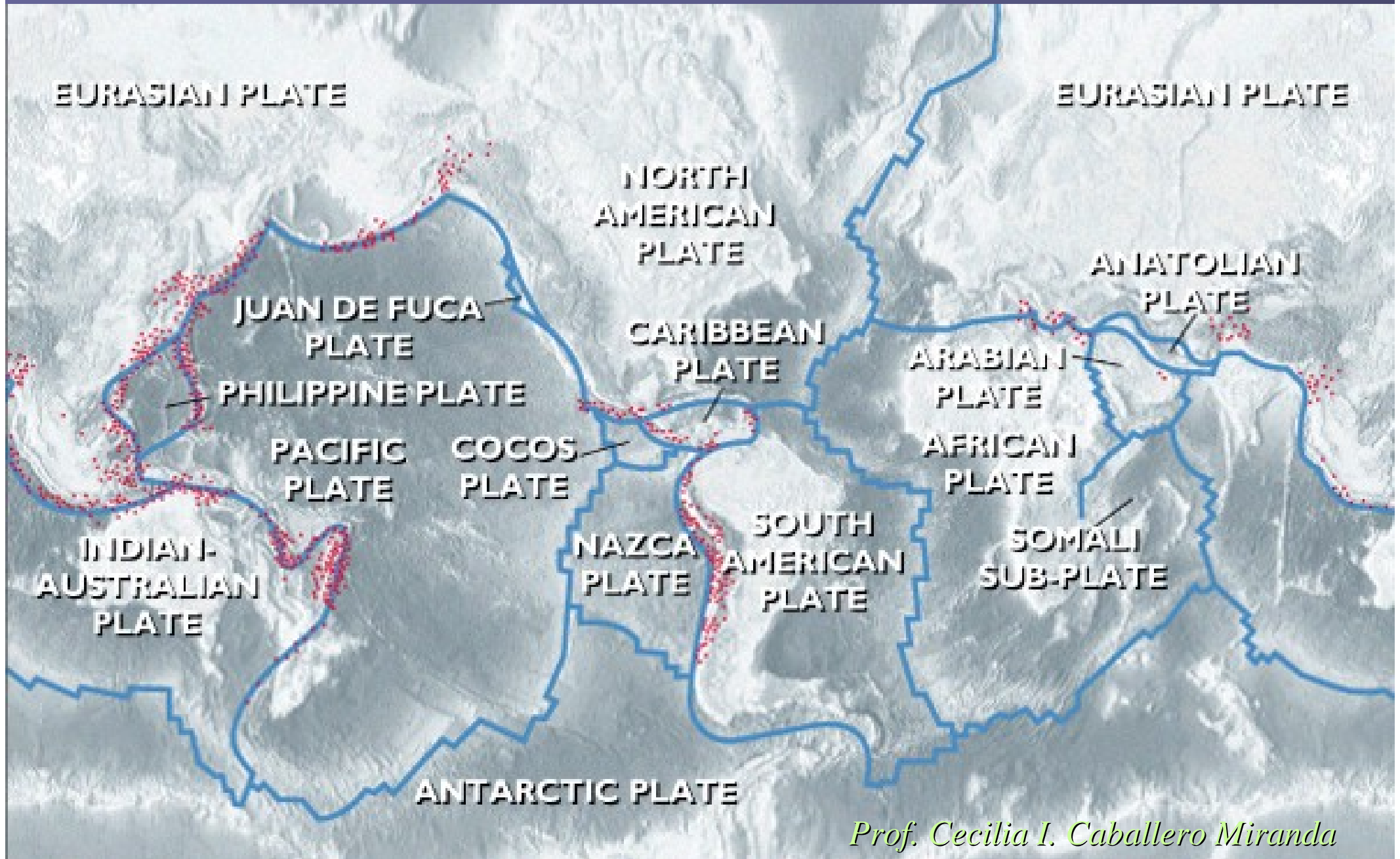


- Al mismo tiempo el sismólogo **Hugo Benioff** documentaba la misma variación y resaltaba el hecho de que las zonas de alta sismicidad no estaban distribuidas de manera uniforme sobre el globo terráqueo, sino que éstas se alojaban en fajas más o menos continuas asociadas a algunas márgenes continentales.

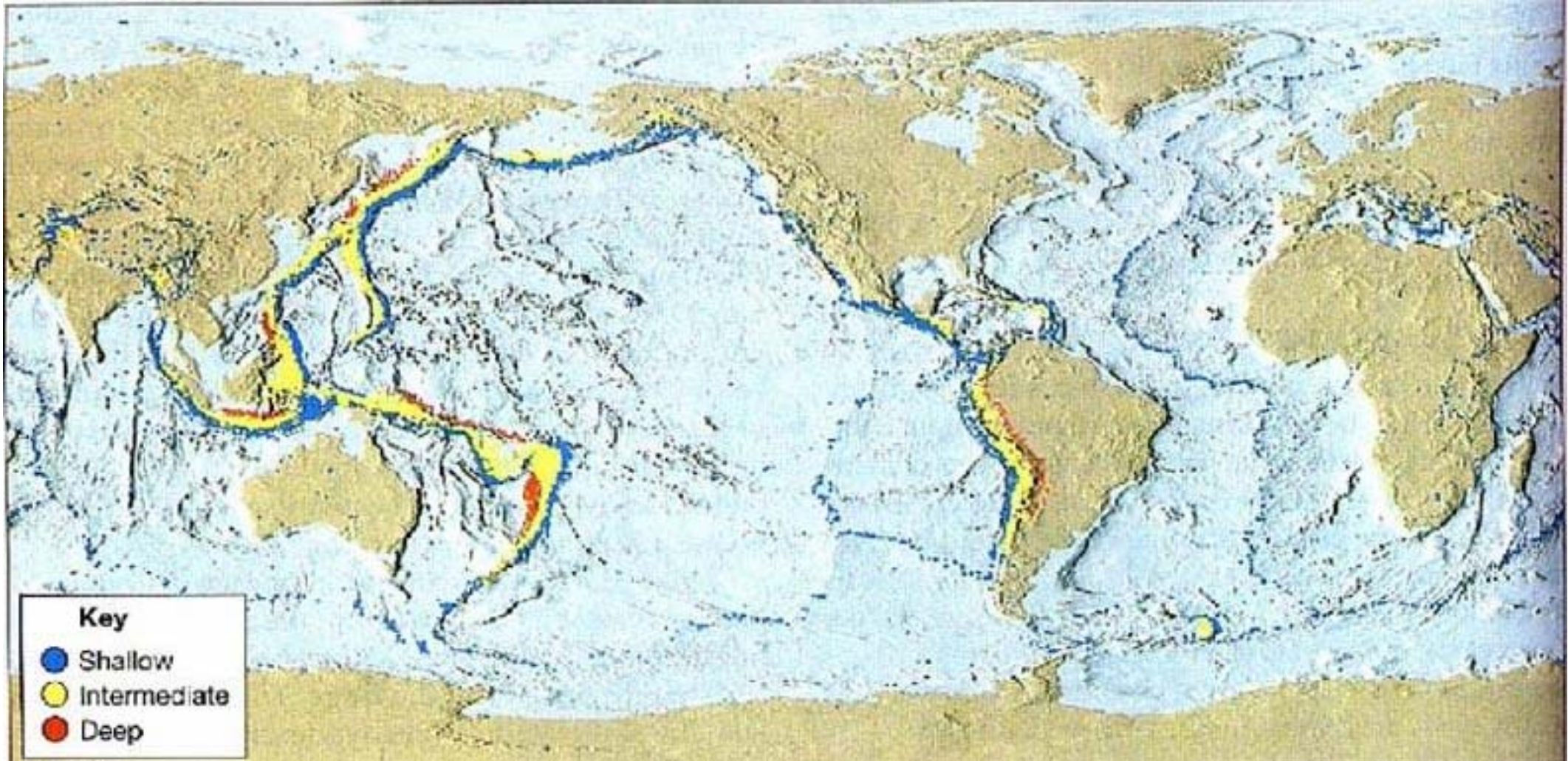
Episcentros Entre 0 y 70 km de Prof.



Epicentros Mayores a 100 km de Prof.



Distribución de epicentros según su profundidad



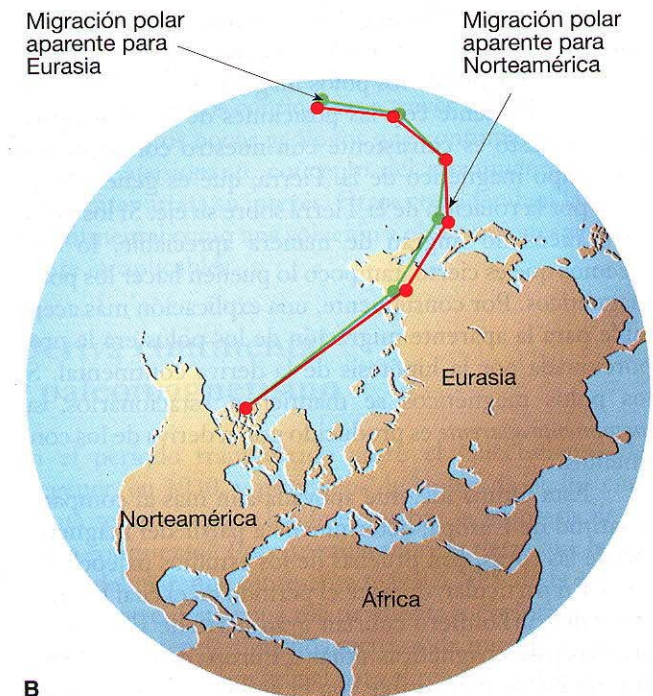
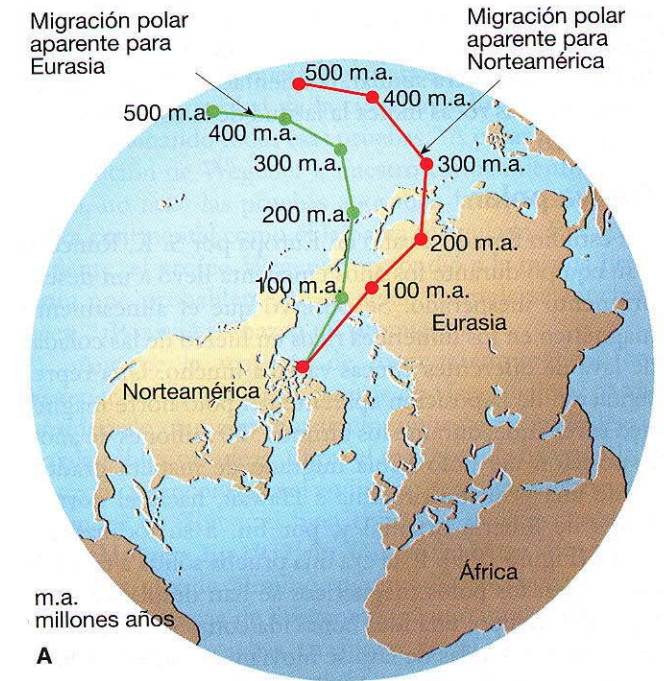
Expansión del Fondo Oceánico

- En los años 50's los oceanógrafos documentaron que en medio del Atlántico Norte, sobre los abismos de aprox. 4,000 m de profundidad, se levantaba una enorme cadena montañosa submarina a más de 2,000 m sobre los fondos abismales.
- **Harry H. Hess** publicó en **1962** su artículo “**History of Ocean Basins**”, donde propone que las dorsales oceánicas están sobre zonas de acceso en el manto; a medida que el material que asciende desde el manto se expande lateralmente, el suelo oceánico así formado es transportado, alejándose de la dorsal. Además propone a las fosas como zonas en donde es consumida la corteza oceánica.



Deriva Polar

- **S. K. Runcorn**, en los 50's, descubrió que durante los últimos 500 Ma, la posición del polo magnético había migrado de manera gradual desde una posición próxima a Hawaii, hacia el norte a través de Siberia, hasta llegar a su posición actual.
- Esta idea fue apoyada al determinar que para el carbonífero Europa se encontraba cerca del Ecuador.
- Las curvas de migración polar entre Europa y América tienen trayectorias similares, solo que separadas 24° de longitud.

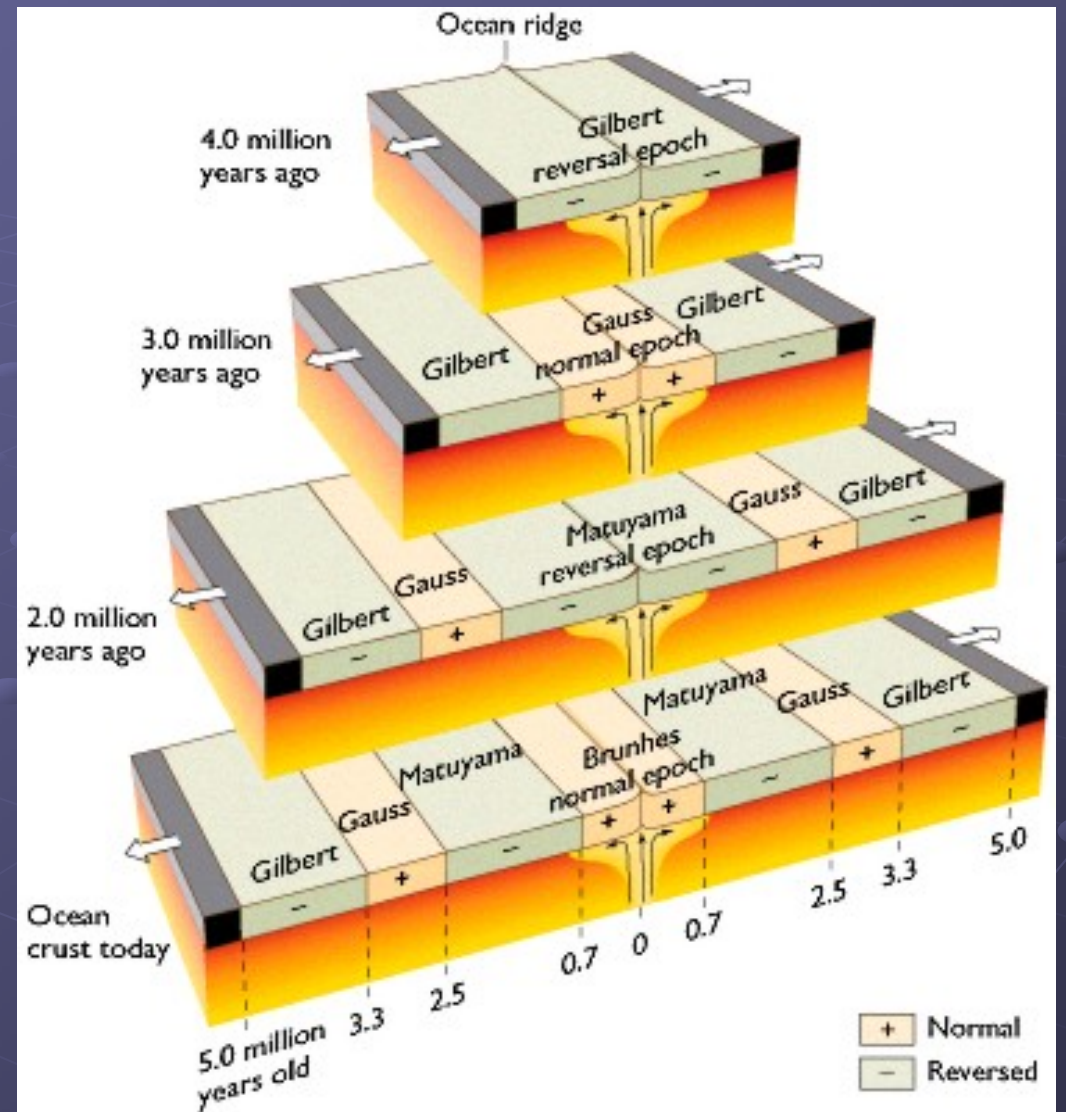
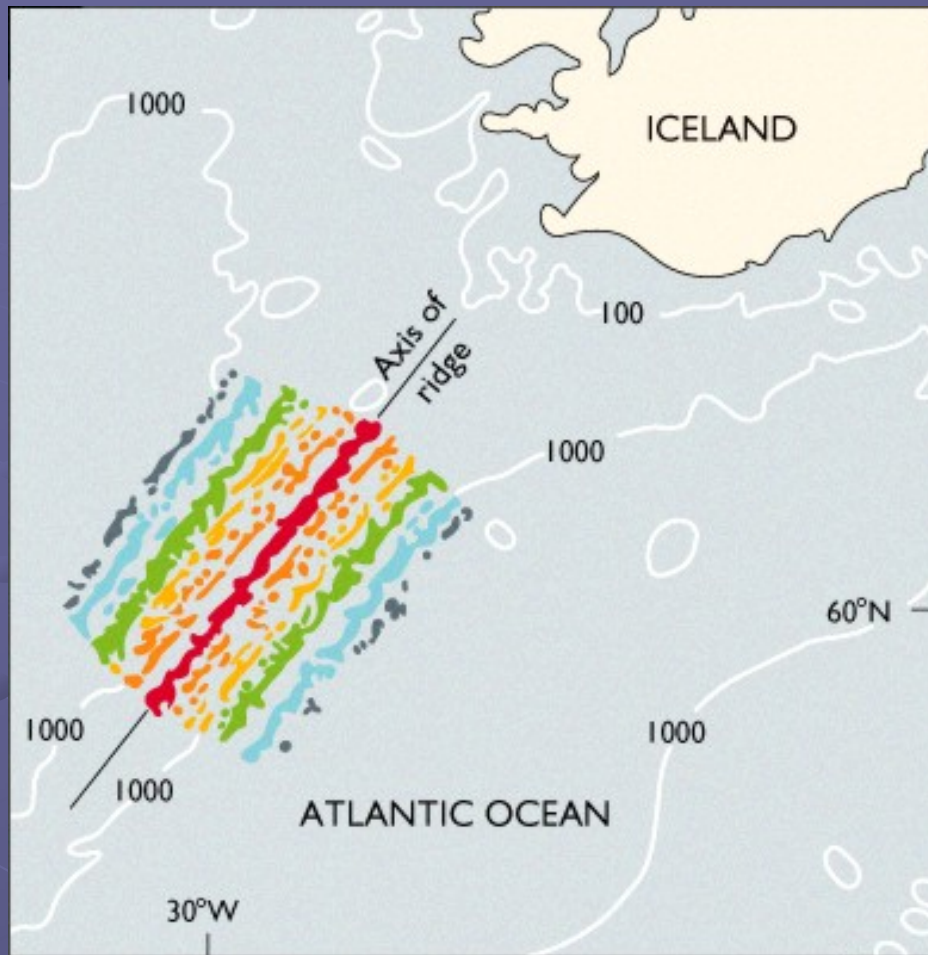


Inversiones Magnéticas

- En 1963, los geofísicos ingleses Frederick **Vine** y Drummond **Matthews**, publicaron un artículo en *Nature* presentando datos a favor de la brillante pero especulativa idea de Hess:

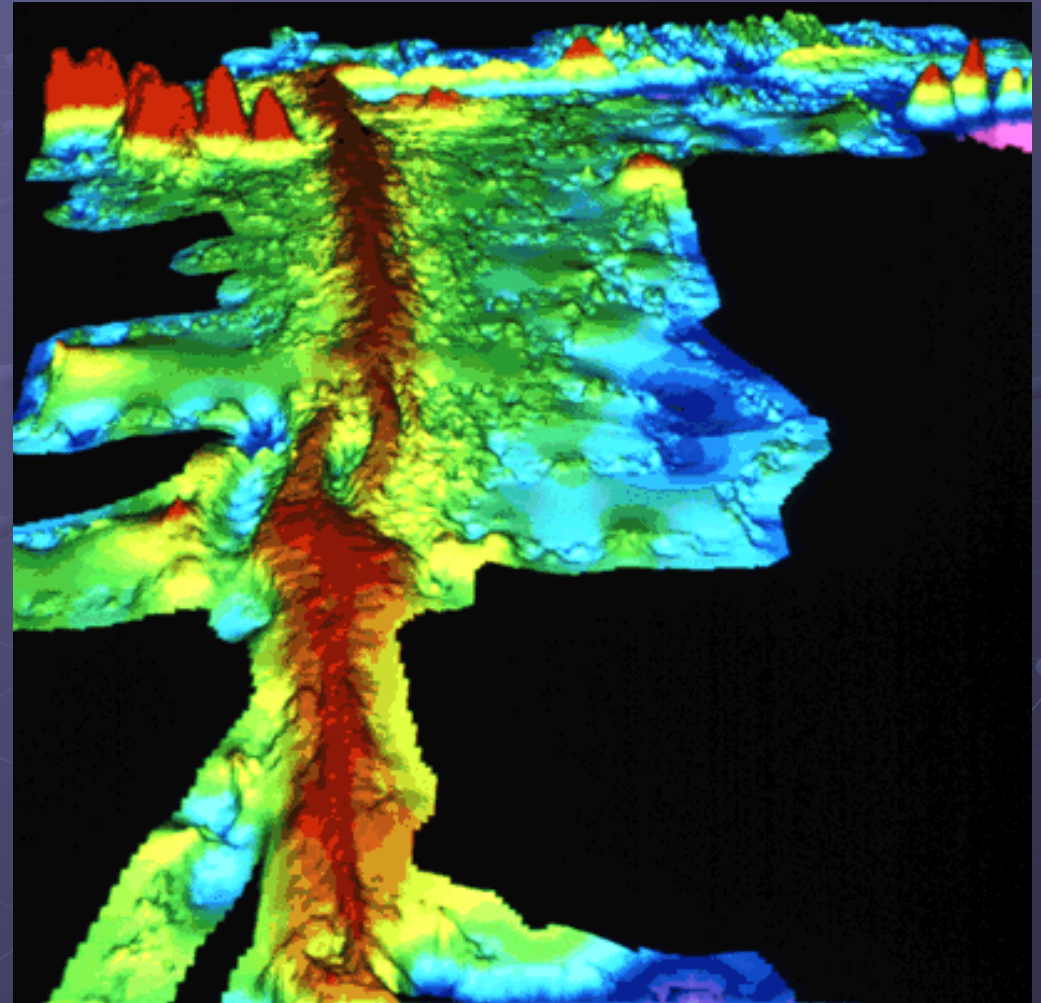
Reportaron mediciones de anomalías magnéticas en los fondos marinos al sur de Islandia, obtenidas mediante un magnetómetro muy sensible remolcado por un buque. Los registros magnetométricos indicaban patrones lineales muy claros de anomalías magnéticas positivas (donde la fuerza magnética era mayor que el promedio) y negativas (donde la fuerza magnética era menor que el promedio).

Las anomalías magnéticas eran también simétricas con respecto al eje de la cadena montañosa del fondo marino.



Inversiones Magnéticas

Vine y Matthews concluyeron que las rocas volcánicas de los fondos marinos estaban registrando la polaridad del magnetismo terrestre en el momento de su cristalización; conforme se invertía esta polaridad las rocas que se formaban constantemente en las dorsales oceánicas iban registrando los cambios de polaridad.



Teoría de la Tectónica de Placas



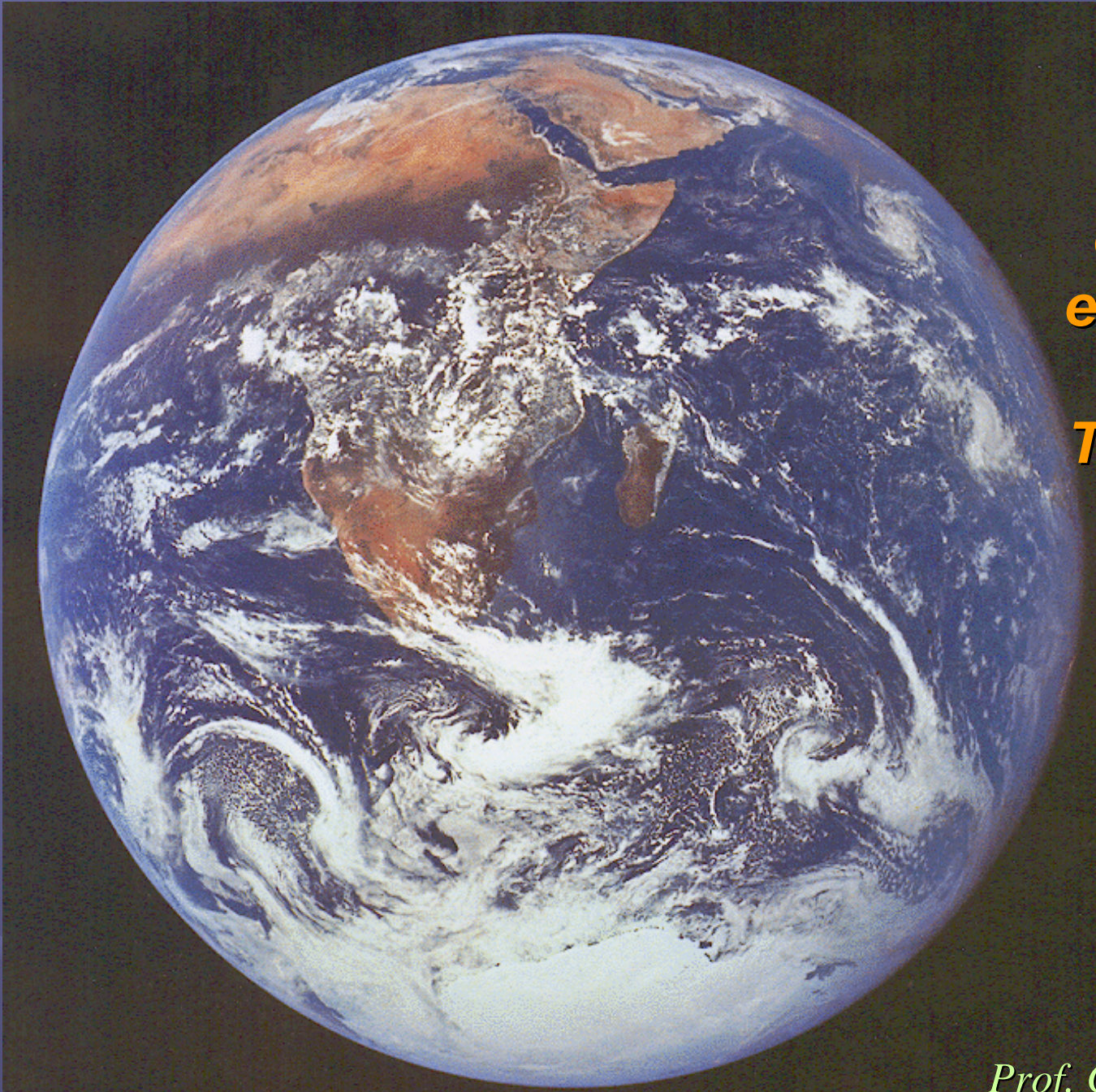
J. Tuzo Wilson unifica en 1968 toda una serie de conceptos para llegar a esta teoría

La tectónica de placas es una teoría compuesta por una variedad de ideas que explican el movimiento observado en la litosfera terrestre, por medio de los mecanismos de subducción y expansión del fondo oceánico. Mecanismos que a su vez, generan:

Los principales rasgos geológicos de la Tierra, entre ellos los continentes y las cuencas oceánicas,

Los sismos y volcanes y

La distribución de numerosos recursos terrestres – organismos (vg. géneros, especies), yacimientos minerales (Au, Ag, Cu,...),... ..

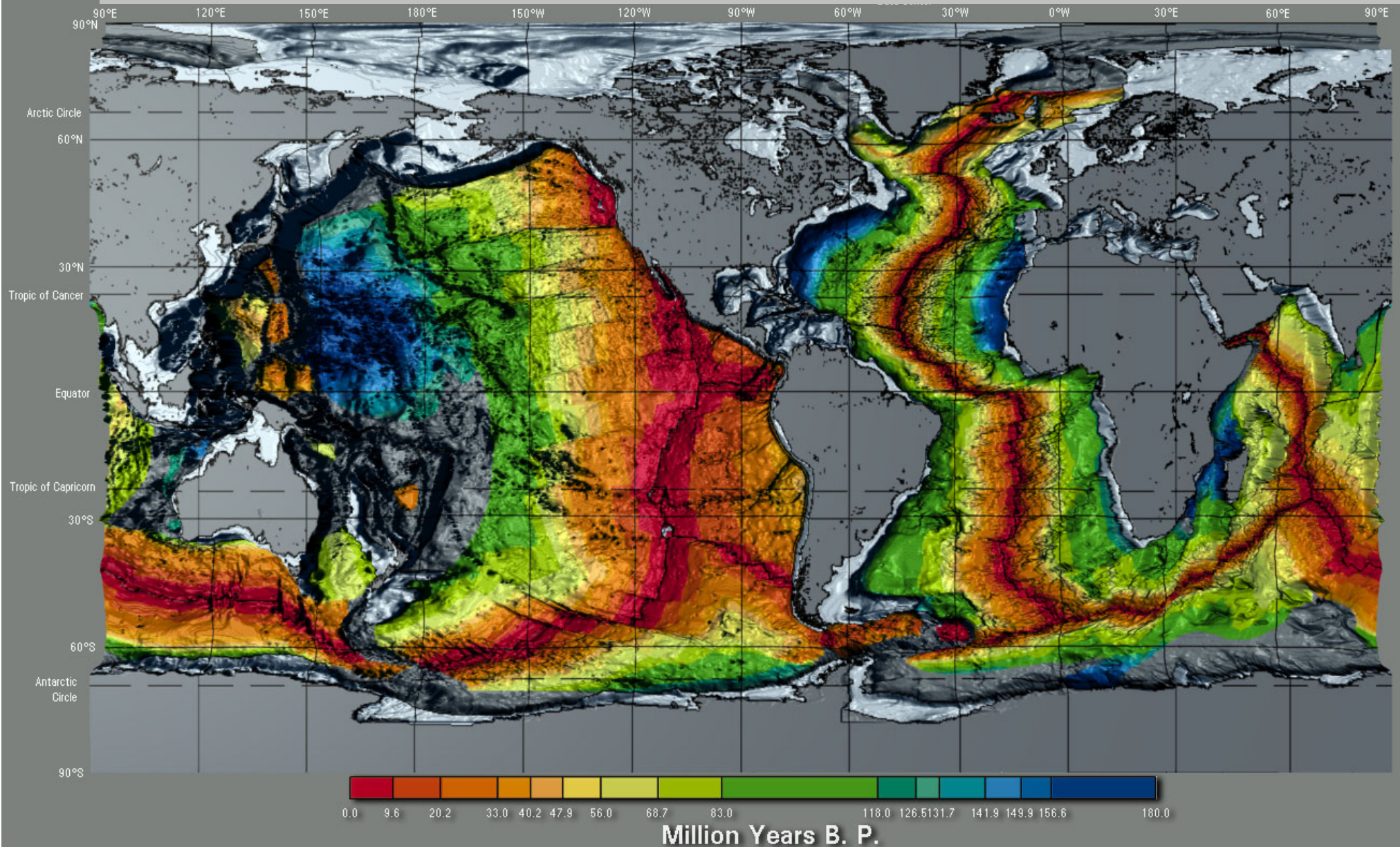


***La distribución de
continentes y
cuencas oceánicas
en el globo terrestre
se explica por la
Tectónica de Placas***

El relieve terrestre: dónde se encuentran las montañas o las planicies, se explica por la Tectónica de Placas

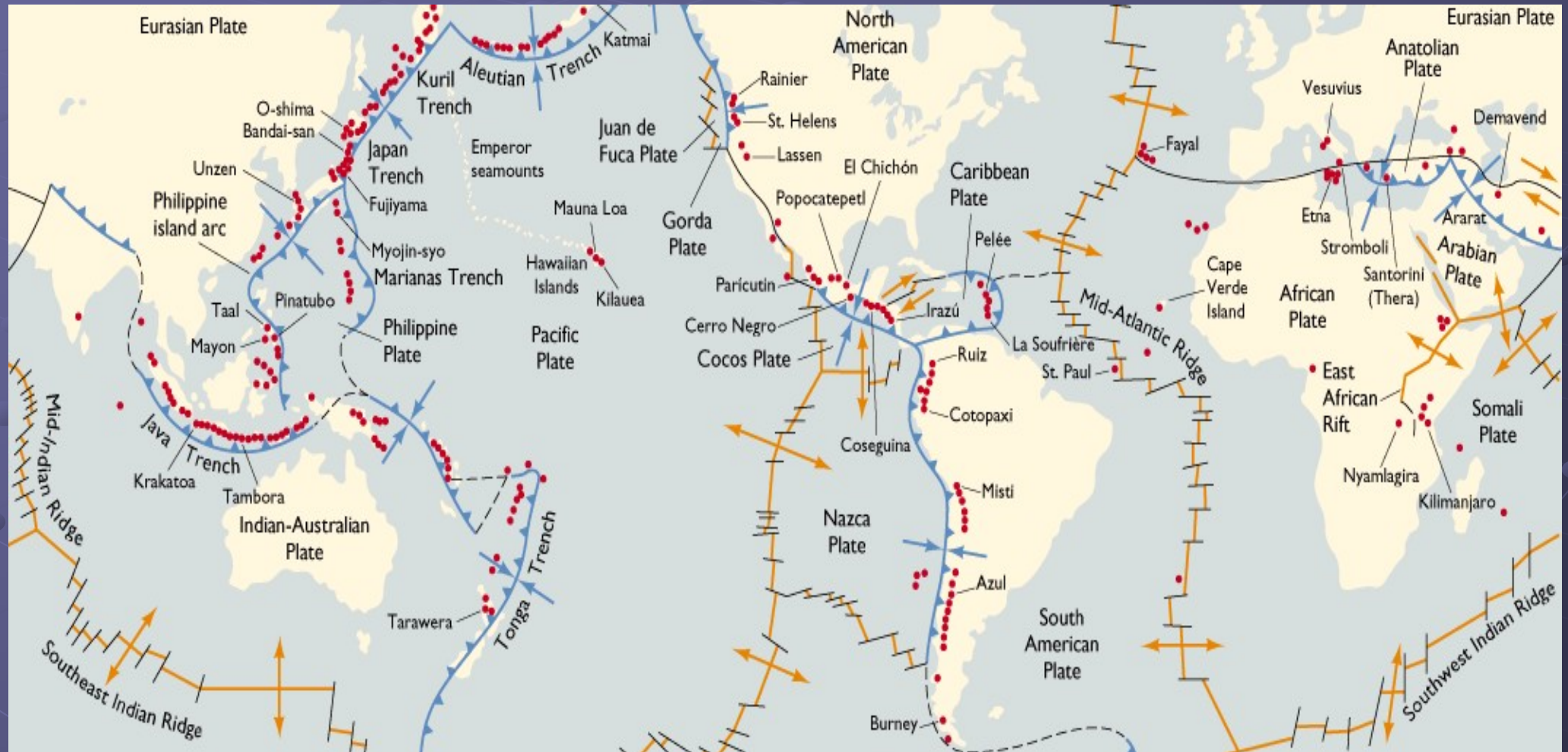


La Edad de las rocas de los fondos marinos, se explica por la Tectónica de Placas



Data for the image from "Digital Age Map of the Ocean Floor" by Müller, Roest, Royer, Gahagan, and Schlater, Scripps Institution of Oceanography Ref. Series No. 93-30

La Distribución de los volcanes en cinturones, se explica por la Tectónica de Placas

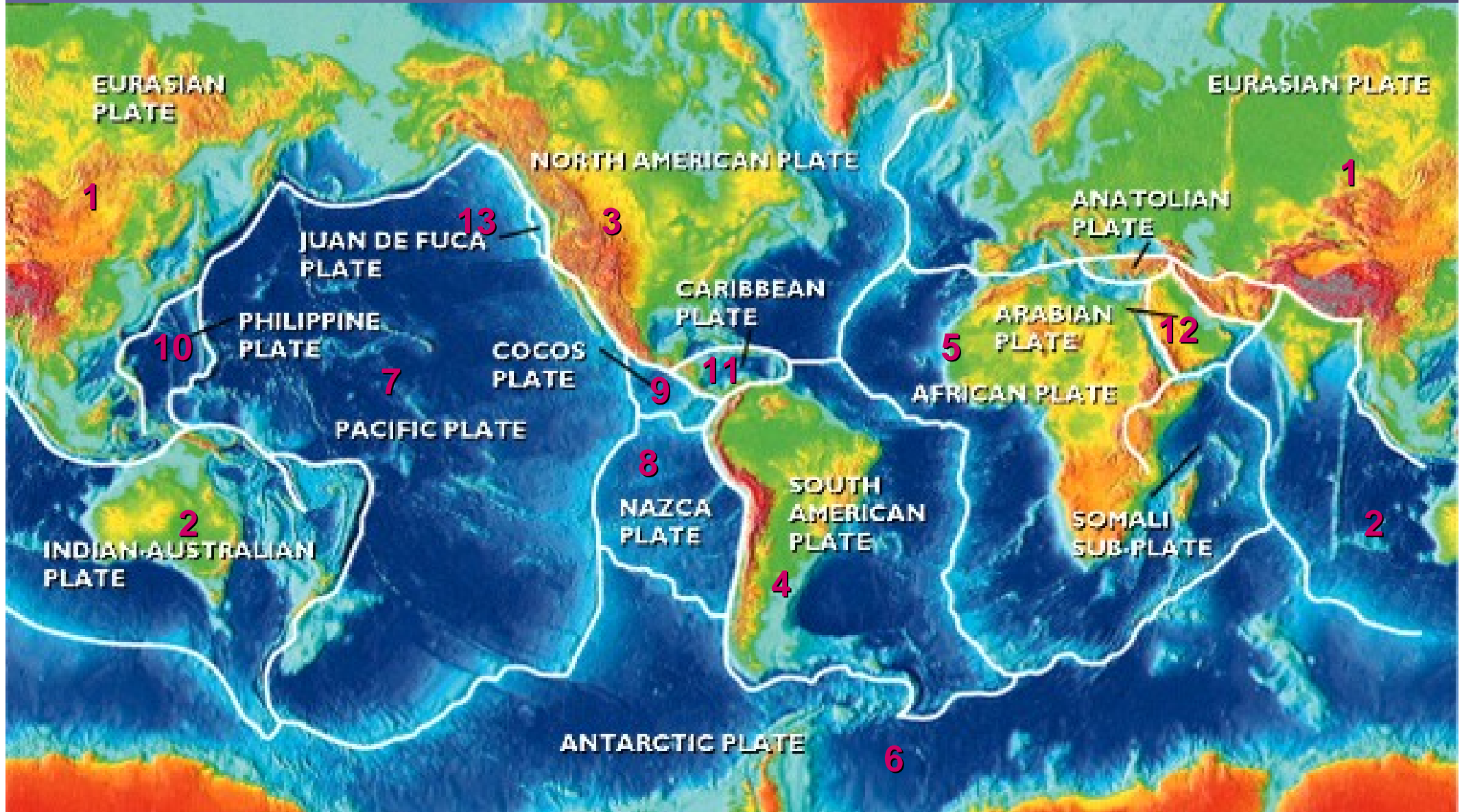


La existencia y tipo de volcanes que se forman, se explica por la Tectónica de Placas



***La existencia, distribución y magnitud de los sismos,
se explica por la Tectónica de Placas***





Glosario Básico

- @ **Litósfera**: la capa mas externa y rígida de la Tierra.
- @ **Astenósfera**: la capa fluida que subyace a la litósfera.
- @ **Placa**: bloque rígido de litósfera con un perímetro constituido por uno de los siguientes tipos de márgenes:
 - @ **Cresta / Rift**. Margen donde dos placas divergen. El magma que proviene de la astenósfera va rellorando las fracturas y forma nueva litósfera de manera simétrica.
 - @ **Fosa / Trinchera**. Margen donde dos placas convergen. Una placa se hunde por debajo de la otra y desciende en el manto.
 - @ **Falla transformante**. Margen donde dos placas se mueven paralelamente una con respecto a la otra.
 - @ **Dorsal / Cordillera Meso-oceánica**. Forma del relieve submarino en cuya parte central está la cresta o rift, conformada principalmente por rocas basálticas provenientes del manto