

# LA TECTÓNICA DE PLACAS

- *LA TECTÓNICA DE PLACAS* ES UNA TEORÍA UNIFICADORA DE LA DINÁMICA GLOBAL DEL PLANETA, QUE INTEGRA EN UN MODELO CONGRUENTE LAS NOCIONES Y CONOCIMIENTOS SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS CONTINENTES Y FONDOS OCEÁNICOS, Y QUE PERMITE EXPLICAR, DE MANERA COHERENTE, LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS Y PROCESOS GEOLÓGICOS QUE AFECTAN Y HAN EFECTADO HISTÓRICAMENTE A LA TIERRA.
- FUE FORMULADA POR **TUZO WILSON**, EN 1965, LUEGO DE DESCRIBIR UNA RED CONTINUA E INTEGRADA DE DORSALES, FALLAS TRANSFORMANTES Y ZONAS DE SUBDUCCIÓN EN LOS FONDOS OCEÁNICOS, QUE LIMITABAN GRANDES Y RÍGIDAS PLACAS QUE CONFORMABAN LA SUPERFICIE DEL PLANETA. FUERON, POSTERIORMENTE, **MORGAN Y LE PICHON** QUIENES, INDEPENDIENTEMENTE, AMBOS EN 1968, CUANTIFICARON LA GEOMETRÍA DE LAS PLACAS
- EN LO ESENCIAL, LA TEORÍA SOSTIENE QUE LA LITÓSFERA SE QUIEBRA Y SE SEPARA EN PLACAS, QUE SE MUEVEN INDEPENDIENTES UNAS DE OTRAS, RESPONDIENDO A FLUJOS DE CONVECCIÓN DEL MANTO SUPERIOR.

EL EFECTO EN LA SUPERFICIE TERRESTRE DEL MOVIMIENTO DE PLACAS SE APRECIA, ESPECTACULARMENTE, EN LA INTENSA DEFORMACIÓN DE LA CORTEZA EN LAS GRANDES CADENAS DE MONTAÑAS DEL MUNDO, DONDE GRUESAS SECUENCIAS DE ROCAS SEDIMENTARIAS ACUMULADAS EN CAPAS HORIZONATALES EN EL FONDO DE LOS OCÉANOS, SE VEN AHORA PLEGADAS Y FALLADAS EN LAS MAS ALTAS CUMBRES DE LA TIERRA ( Himalayas, Andes, Alpes, etc.)

LOS LUGARES DONDE SE SUCEDE ESTA EXTRAORDINARIA ACTIVIDAD GEOLÓGICA, RESPONSABLE DE LA FORMACIÓN DE CADENAS DE MONTAÑAS PLEGADAS, ES EN LOS MÁRGENES DE PLACA

LA TEORÍA DE PLACAS PROVOCÓ UN CAMBIO AVASALLADOR EN LA COMPRENSIÓN DEL PLANETA Y LAS FUERZAS QUE LO PLASMAN. ALGUNOS CIENTISTAS HAN CONSIDERADO QUE ESTE CAMBIO CONCEPTUAL FUE TAN PROFUNDO COMO EL OCURRIDO CUANDO **DARWIN** REORGANIZÓ LA BIOLOGÍA EN EL SIGLO DIECINUEVE, CUANDO **COPÉRNICO** EN EL SIGLO DIECISEIS DETERMINÓ QUE LA TIERRA NO ERA EL CENTRO DEL UNIVERSO

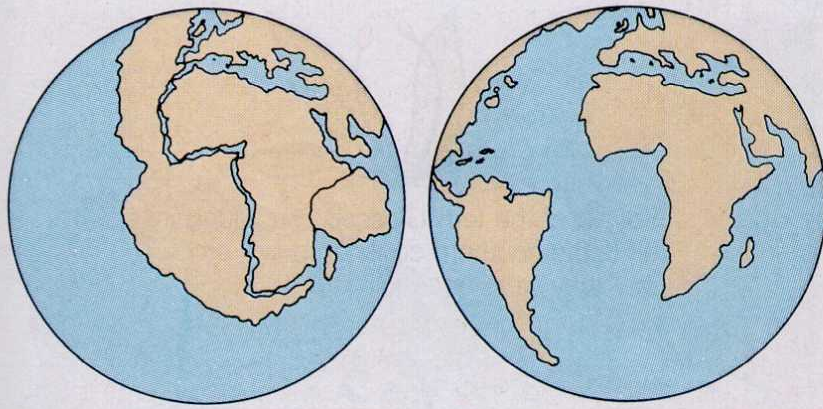
## DERIVA CONTINENTAL

- SI BIÉN LA TECTÓNICA DE PLACAS ES RELATIVAMENTE RECIENTE, EL CONCEPTO DE ***DERIVA CONTINENTAL*** ES UNA IDEA VIEJA.
- FUE INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE HABERSE HECHO EL PRIMER MAPA-MUNDI PRECISO Y CONFIABLE, EN EL SIGLO DIECINUEVE, QUE LOS CIENTISTAS NOTARON LA CONFIGURACIÓN TAN PECULIAR DE LAS COSTAS DE LOS CONTINENTES, ESPECIALMENTE DE *AFRICA Y SUDAMÉRICA*, LOS QUE PODÍAN SER UNIDOS COMO DOS PIEZAS DE UN PUZLE SI ELLOS PUDIESEN SER MOVIDOS.
- UNO DE LOS PRIMEROS ESTUDIOS RELATIVAMENTE PROFUNDOS SOBRE EL TEMA, FUE EL PRESENTADO POR **ANTONIO SNIDER-PELLIGRINI** (francés), EN 1858. SIN EMBRAGO, EL PRIMERO EN INVESTIGAR EXHAUSTIVAMENTE LA IDEA DE UNA ***DERIVA CONTINENTAL*** Y DE TRATAR DE CONVENCER A OTROS DE TOMARLA EN SERIO, FUE **ALFRED WEGENER** (alemán).
- EN SU LIBRO “*EL ORIGEN DE LOS CONTINENTES Y OCÉANOS*” (1915), **WEGENER** PRESENTA UNA SERIE DE MAPAS QUE MUESTRAN LOS DIFERENTES ESTADOS DEL PROCESO DE LA ***DERIVA CONTINENTAL***, APOYADO POR UNA VARIEDAD DE EVIDENCIAS GEOLÓGICAS, Y QUE COMIENZA EN UNA GRAN MASA CONTINENTAL PRIMITIVA, QUE DENOMINÓ **PANGEA** (TODOS LOS CONTINENTES).

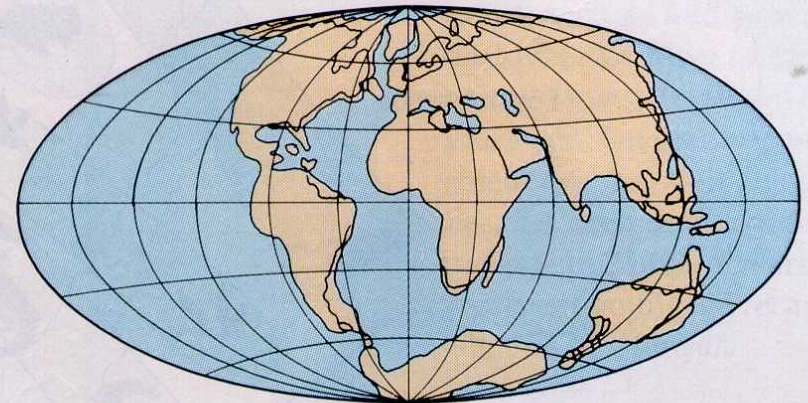
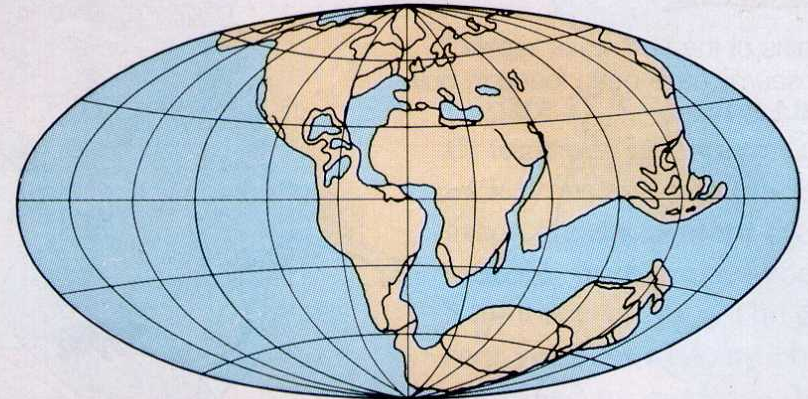
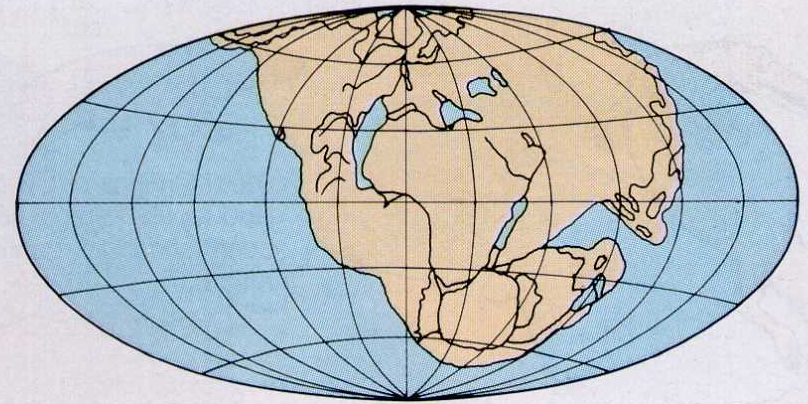








(A) Maps made by Antonio Snider-Pelligrini in 1858.



(B) Maps made by Alfred Wegener in 1915.

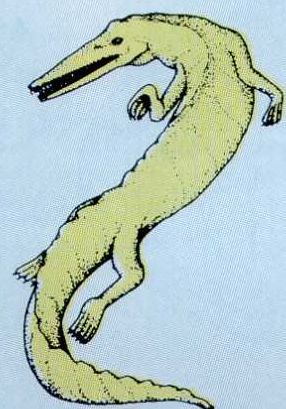
**Figure 17.1** Continental drift was illustrated as early as 1858 by Antonio Snider-Pelligrini when he published these maps (A) in his book *Creation and Its Mysteries Revealed*. The idea seemed too far-fetched to the public and the scientific communities of the time, and was forgotten, not to be revived for 50 years. Wegener published his series of maps (B) in 1915. His evidence, most of which was quite valid, was drawn from all of the sciences. Wegener called the original land mass Pangaea ("all lands") and believed that the continents somehow plowed through the oceanic crust as they drifted.



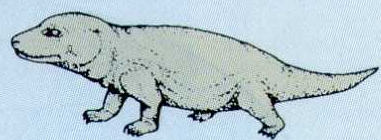
## **LAS EVIDENCIAS GEOLÓGICAS PRINCIPALES SON:**

- **EVIDENCIAS PALEONTOLÓGICAS.** REPTILES TRIÁSICOS *LYSTROSAURUS*, ENCONTRADOS EN AFRICA, ANTÁRTICA E INDIA; RESTOS DE *CYNOGNATHUS*, ENCONTRADOS EN ARGENTINA Y AFRICA; REPTILES DE AGUA FRESCA (*MESOSAURUS*) ENCONTRADOS EN BRASIL Y AFRICA; HELECHOS *GLOSSOPTERIS*, ENCONTRADOS EN TODOS LOS CONTINENTES DEL SUR
- **EVIDENCIAS LITOLÓGICAS Y ESTRUCTURALES.** CADENAS DE MONTAÑAS PLEGADAS ANTIGUAS, TIPOS Y SECUENCIAS DE ROCAS, CON FÓSILES, EDADES Y ESTILOS ESTRUCTURALES SIMILARES Y EQUIVALENTES, SE EXTIENDEN DE ESTE A OESTE A AMBOS LADOS DE LA COSTA ATLÁNTICA. LAS SIMILITUDES GEOLÓGICAS EN LOS LADOS OPUESTOS DEL ATLÁNTICO SE ENCUENTRAN SÓLO EN ROCAS MAS VIEJAS QUE EL PERÍODO CRETÁCICO, QUE COMIENZA, MAS O MENOS, 145 MILLONES DE AÑOS ATRÁS.
- **EVIDENCIAS GLACIARIAS:** DURANTE LA ÚLTIMA PARTE DE LA ERA PALEOZOICA (+- 300 MILLONES DE AÑOS ATRÁS), LOS GLACIARES CUBRIERON ENORMES SUPERFICIES CONTINENTALES EN EL HEMISFERIO SUR. LOS DEPÓSITOS Y MARCAS DEJADOS POR ESTOS GLACIARES ANTIGUOS HAN SIDO RECONOCIDOS EN AUSTRALIA, INDIA, AFRICA Y SUDAMÉRICA, Y, DE ACUERDO A LAS DIRECCIONES DE AVANCE DEL HIELO DETERMINADAS, HAN PODIDO SER REORGANIZADOS AGRUPANDO LOS CONTINENTES SEGÚN LO PROPUESTO POR WEGENER.

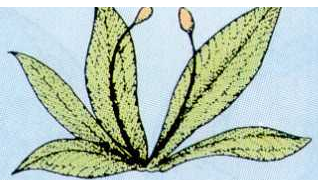




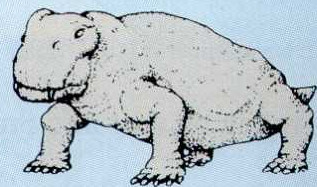
Remains of the freshwater reptile *Mesosaurus* have been found in both Brazil and Africa.



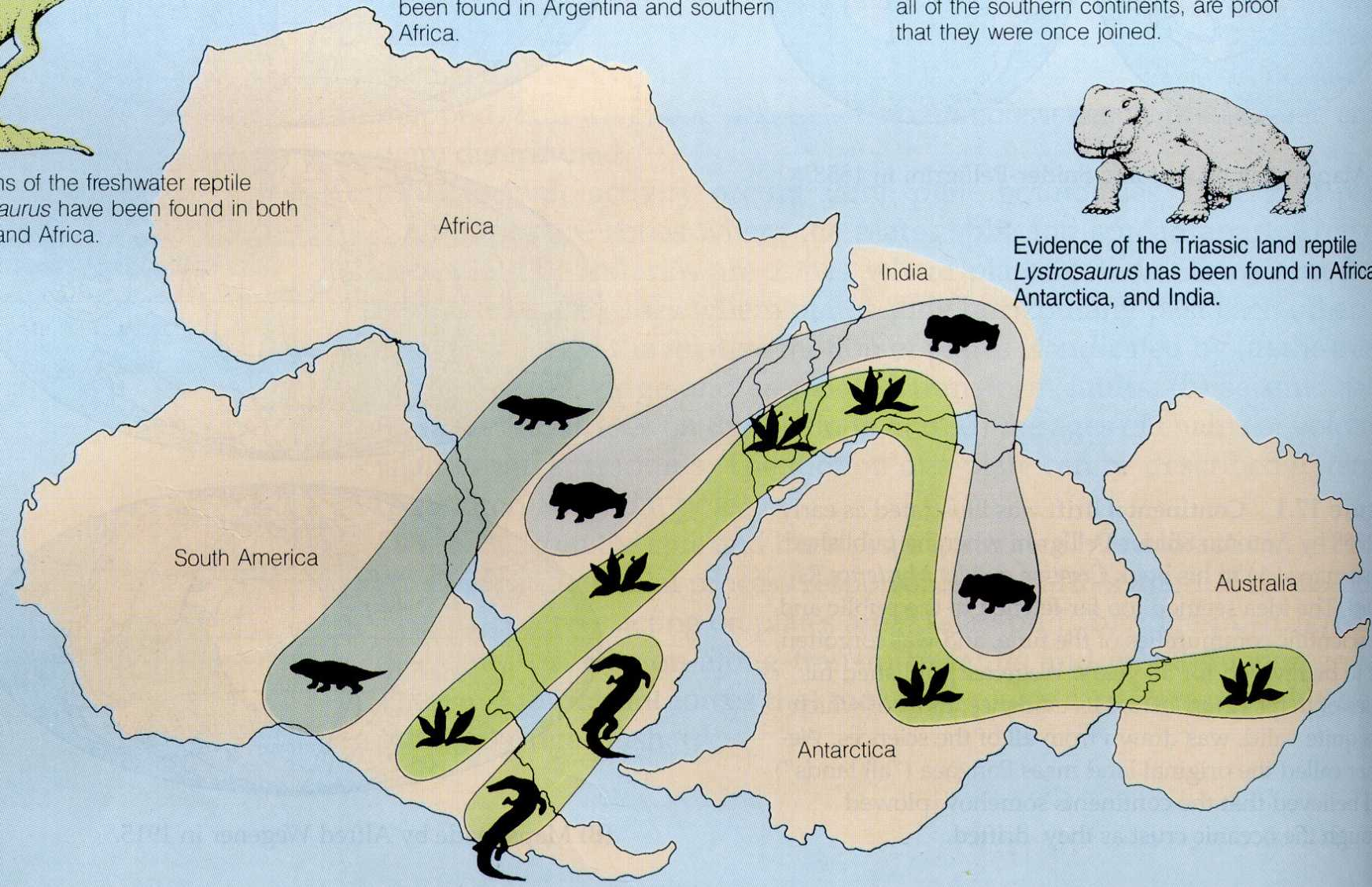
Fossil remains of *Cynognathus*, a Triassic land reptile approximately 3 m long, have been found in Argentina and southern Africa.



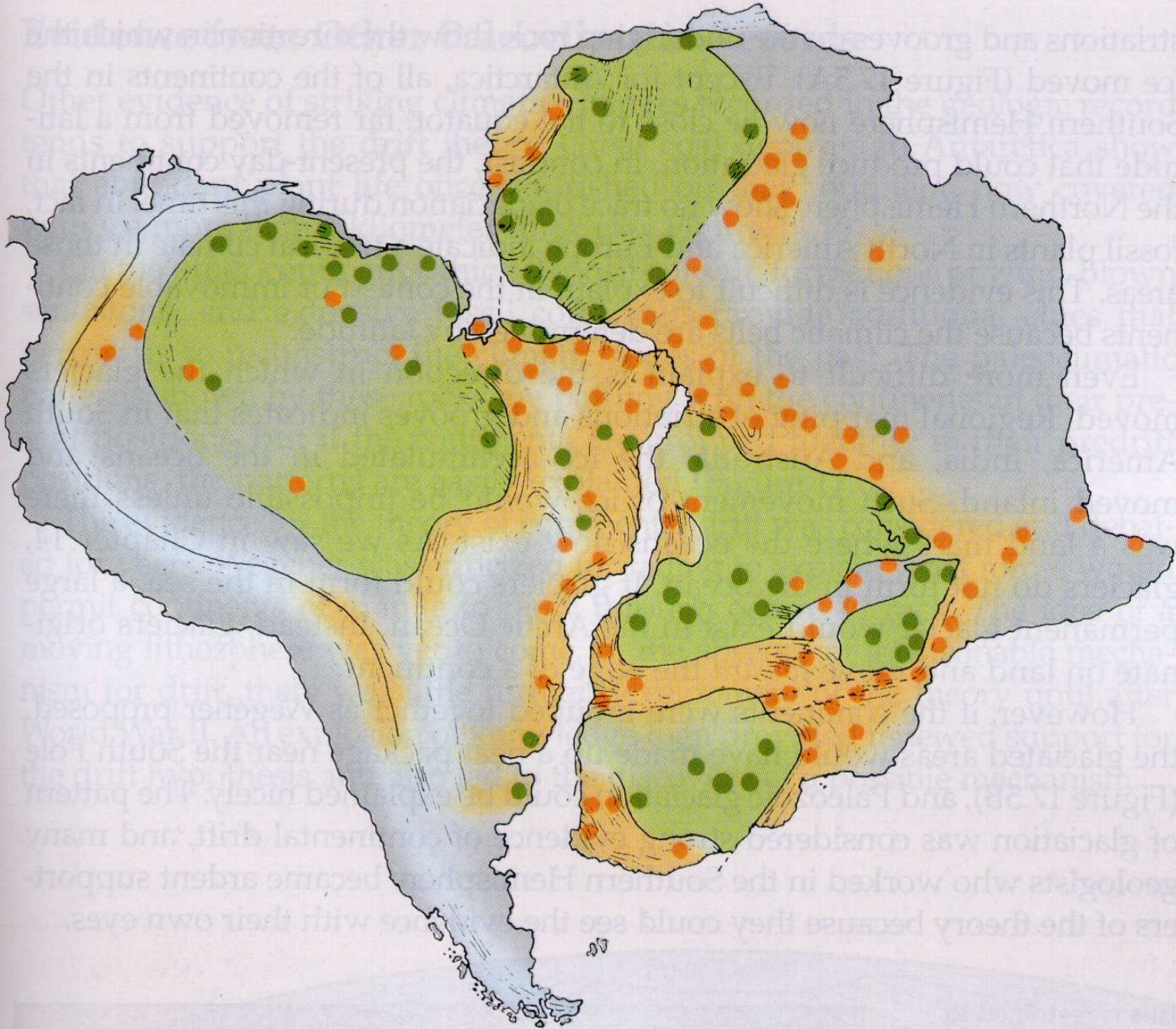
Fossils of the fern *Glossopteris*, found in all of the southern continents, are proof that they were once joined.



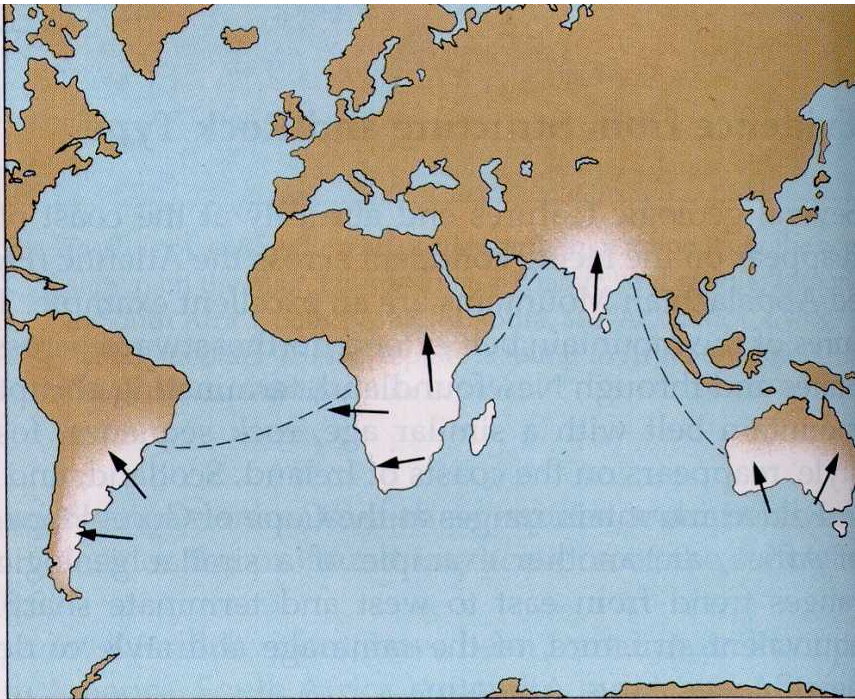
Evidence of the Triassic land reptile *Lystrosaurus* has been found in Africa, Antarctica, and India.



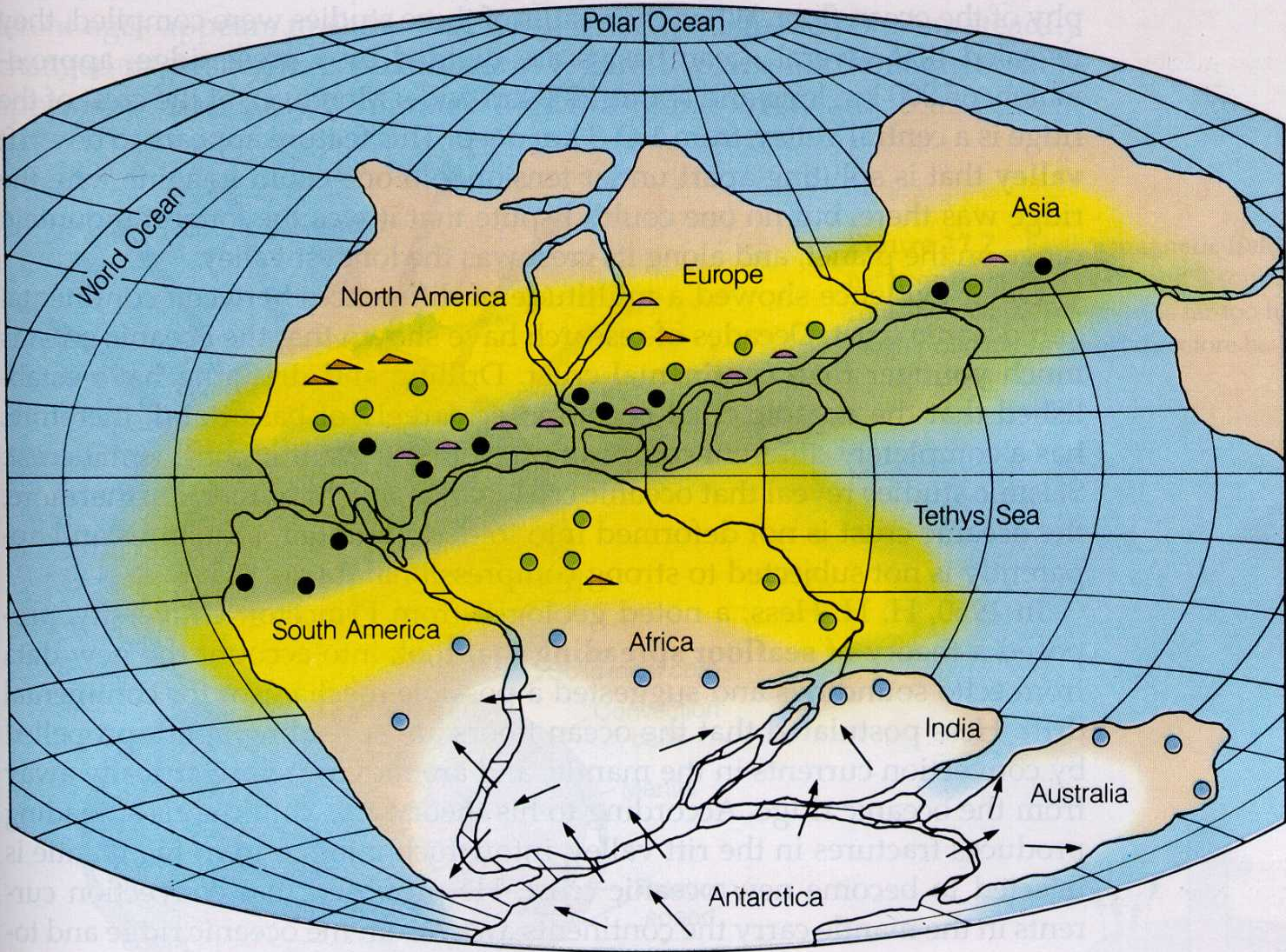












Ice-rafted boulders

Coal

Low-latitude deserts

Evaporite deposits

Desert dune deposits

Tropics

Coral reef

Direction of ice movement

Glacier



- **EVIDENCIAS DE OTROS MODELOS PALEOCLIMÁTICOS.**

EN ASIA, EUROPA, NORTE AMÉRICA, SUDAMÉRICA, AFRICA, INDIA Y AUSTRALIA, SE RECONOCEN NUMEROSAS EVIDENCIAS DE MODELOS PALEOCLIMÁTICOS DIFERENTES DE LOS ACTUALES, QUE, POR LAS POSICIONES QUE OCUPAN EN EL PRESENTE LOS CONTINENTES, DESCONCIERTAN Y NO PUEDEN ENTENDERSE, A MENOS QUE LOS CONTINENTES SE AGRUPEN COMO LO PROPONE **WEGENER**.

-----

NO OBSTANTE TODAS LAS EVIDENCIAS GEOLÓGICAS DE LA CORTEZA CONTINENTAL PRESENTADAS POR **WEGENER**, NO SE PUDO DESARROLLAR UNA TEORÍA DE LA DINÁMICA DE LA TIERRA, MIENTRAS NO SE TUVO CONOCIMIENTO ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CORTEZA OCEÁNICA. ESTO ÚLTIMO VINO A SUCEDER RECIÉN A COMIENZO DE LA DÉCADA DE 1960, CUANDO NUEVAS TECNOLOGÍAS E INSTRUMENTOS PERMITIERON A LOS CIENTISTAS MAPEAR, CON CONSIDERABLE DETALLE, LA TOPOGRAFÍA DE LOS FONDOS OCEÁNICOS Y ESTUDIAR SU GEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS PALEOMAGNÉTICAS

## DESARROLLO DE LA TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS

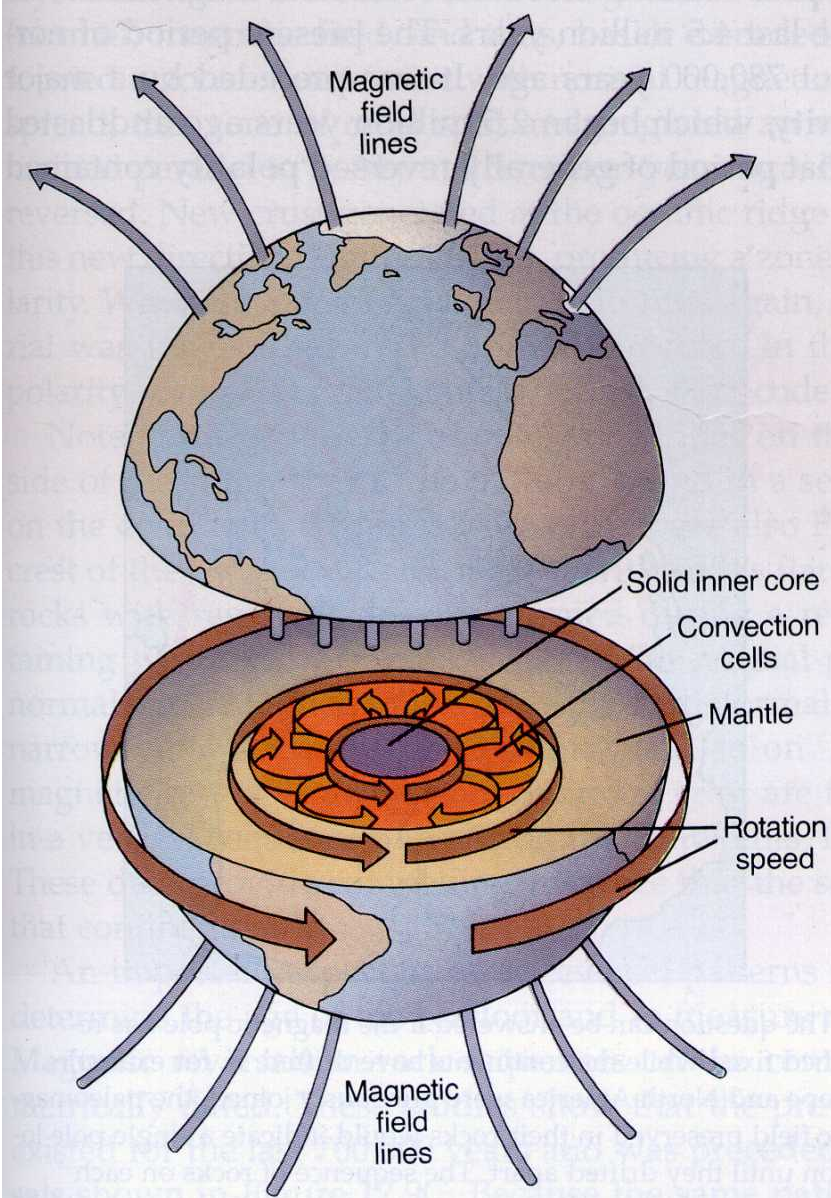
- AL COMPLETARSE LOS ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS DE LOS FONDOS OCEÁNICOS, ÉSTOS REVELARON QUE NUMEROSAS CUENCAS OCEÁNICAS ESTABAN DIVIDIDAS POR UNA ENORME *DORSAL* (*“RIDGE”*), DE APROXIMADAMENTE 65.000 km DE LONGITUD Y 1500 km DE ANCHO, CON UN *VALLE CENTRAL* EN SU CRESTA, DE 1 A 3 km DE PROFUNDIDAD, QUE APARECÍA COMO UN *“RIFT VALLEY”*, ABRIÉNDOSE BAJO UNA FUERZA DE EXTENSIÓN.

OTRAS EVIDENCIAS ESTABLECIERON CLARAS DIFERENCIAS ENTRE LA *CORTEZA OCEÁNICA* Y LA *CONTINENTAL*. LA *CORTEZA OCEÁNICA* ES DE NATURALEZA BASÁLTICA, MIENTRAS LA *CONTINENTAL* ES FUNDAMENTALMENTE GRANÍTICA; LA *CORTEZA OCEÁNICA* ES MAS JOVEN, MAS DELGADA Y NO ESTÁ DEFORMADA EN ESTRUCTURAS DE PLIEGUES (APARENTEMENTE NO ESTÁ SOMETIDA A FUERZAS COMPRESIVAS)

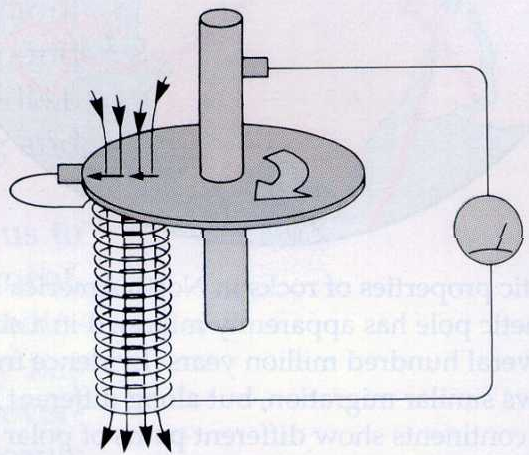
BASADO EN LAS EVIDENCIAS GEOLÓGICAS Y SISMICAS DE LOS FONDOS OCEÁNICOS, EN 1960, **H. HESS** PROPUSO LA TEORÍA DE LA *EXPANSIÓN DE LOS FONDOS OCEÁNICO* (*“SEAFLOOR SPREADING”*) Y SUGIRIÓ UN POSIBLE MECANISMO PARA LA *DERIVA CONTINENTAL*.



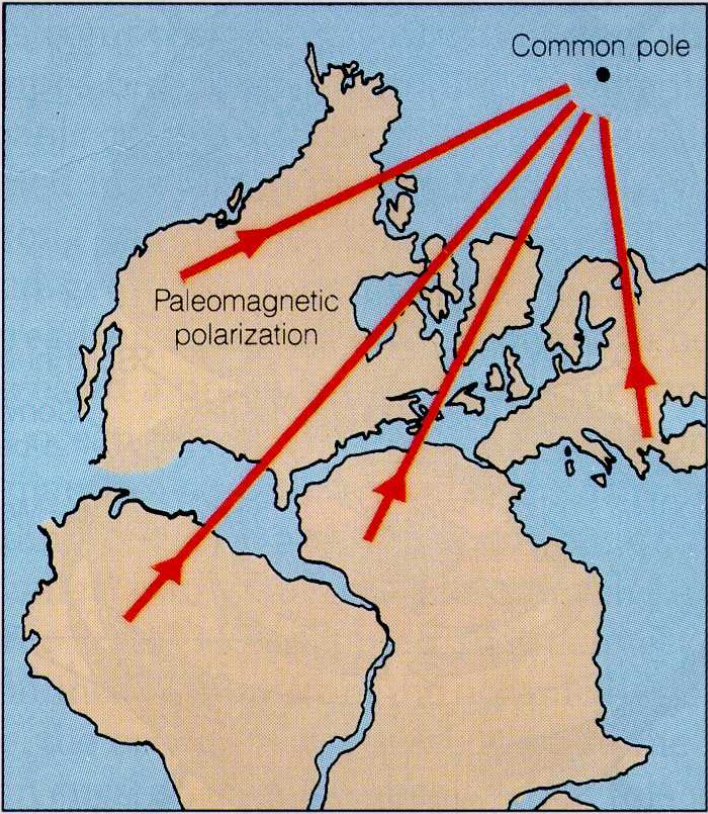
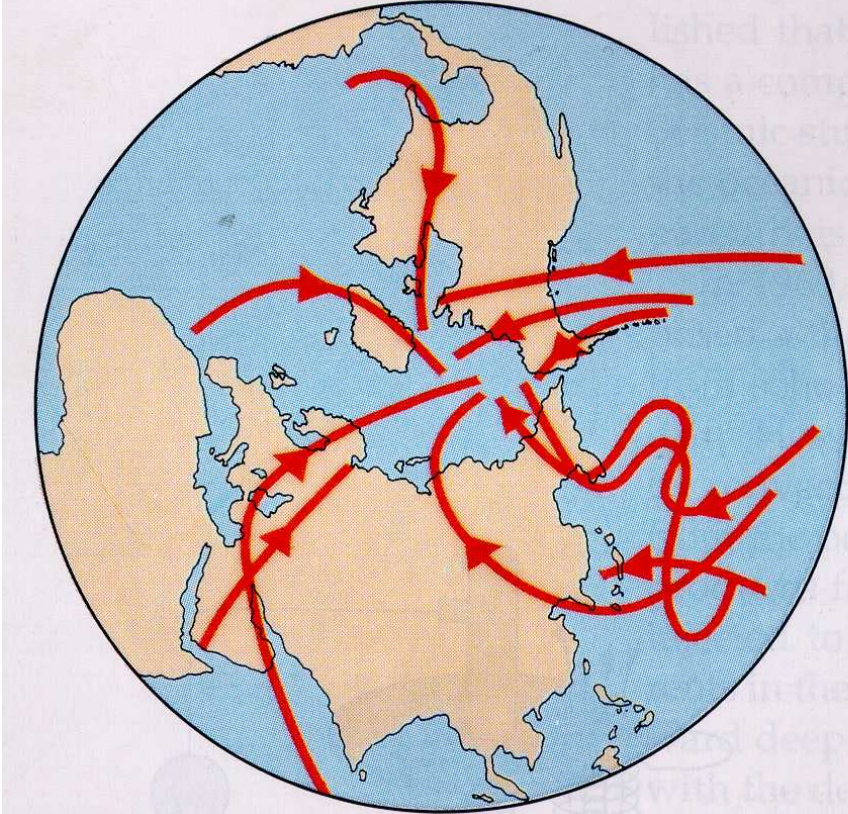
- **HESS** POSTULÓ LA IDEA QUE LOS FONDOS OCEÁNICOS SE ABREN Y SEPARAN SIMÉTRICAMENTE HACIA AMBOS LADOS DE LA DORSAL, IMPULSADOS POR *CORRIENTES DE CONVECCIÓN* EN EL MANTO
- DE ACUERDO CON ESTA TEORÍA, LA CONTINUA EXPANSIÓN PRODUCE FRACTURAS EN EL *RIFT VALLEY*, EN EL CUAL ES INYECTADO *MAGMA* DESDE EL *MANTO*, PARA CONVERTIRSE EN CORTEZA OCEÁNICA.
- LAS CORRIENTES DE CONVECCIÓN EN EL *MANTO* LLEVAN A LOS CONTINENTES LEJOS DEL *RIDGE* OCEÁNICO, EN DIRECCIÓN A LAS *FOSAS* OCEÁNICAS PROFUNDAS, DÓNDE LA CORTEZA OCEÁNICA DESCIENDE CON LA CORRIENTE DE CONVECCIÓN DESCENDENTE, Y ES ABSORVIDA NUEVAMENTE POR EL MANTO.
- DE ESTE MODO, **HESS** REDEFINE LA TEORÍA DE LA *DERIVA CONTINENTAL* EN EL ESQUEMA DE LA *EXPANSIÓN DE LOS FONDOS OCEÁNICOS*, LOS QUE SE REGENERAN COMPLETAMENTE EN UN LAPSO DE 200 O 300 MILLONES DE AÑOS.
- UN TESTEO DE ESTAS IDEAS, USANDO NUEVOS ESTUDIOS EN *PALEOMAGNETISMO*, SIGUIÓ PRONTO A LA TEORÍA DEL *“SEAFLOOR SPREADING”* PLANTEADA POR **H. H. HESS**



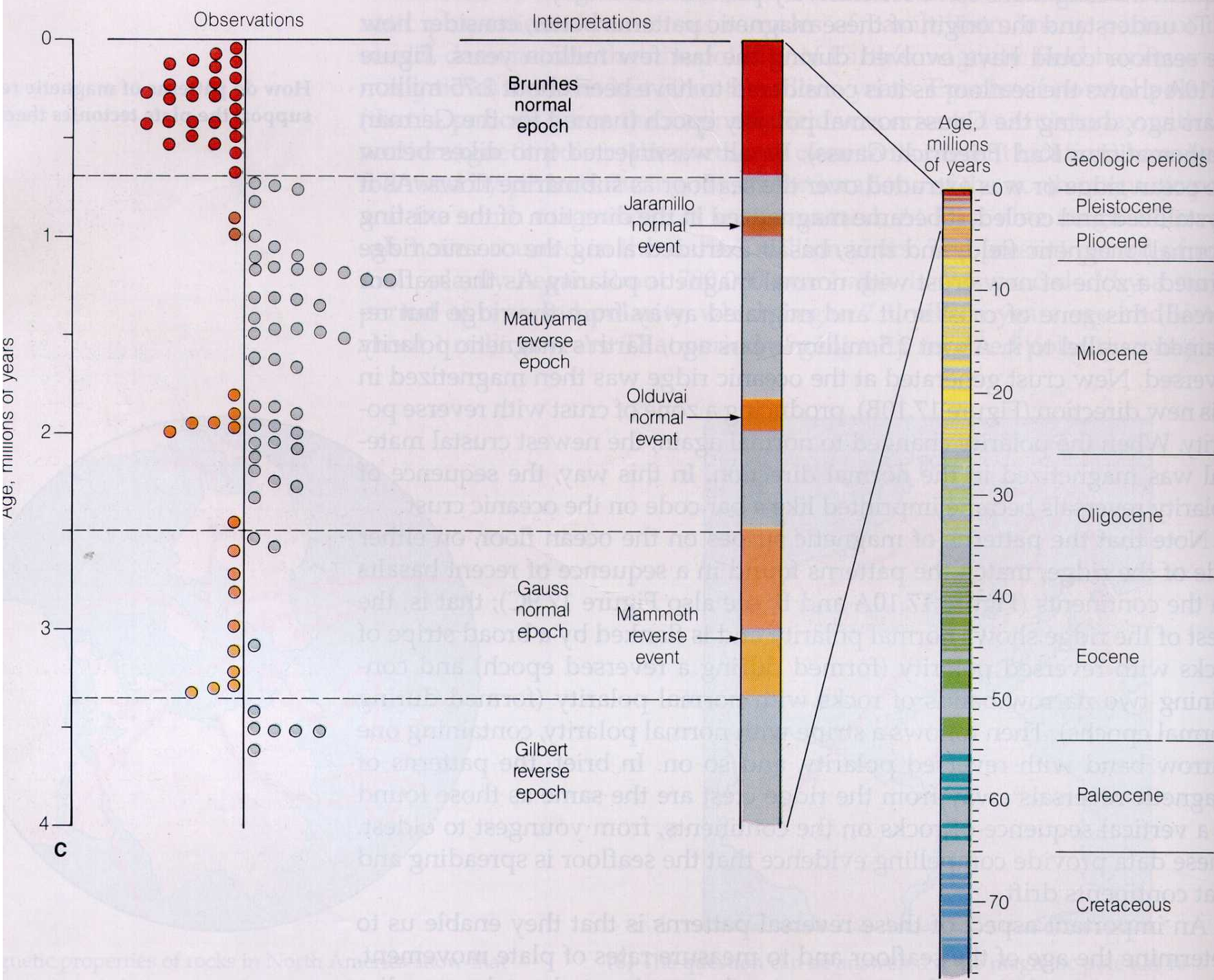
**Figure 17.7** Earth's magnetic field is like that of a simple bar magnet because it has a north and a south pole. The temperature in the core and mantle, however, is far too high for permanent magnetism. Earth's magnetism must therefore be generated electromagnetically.





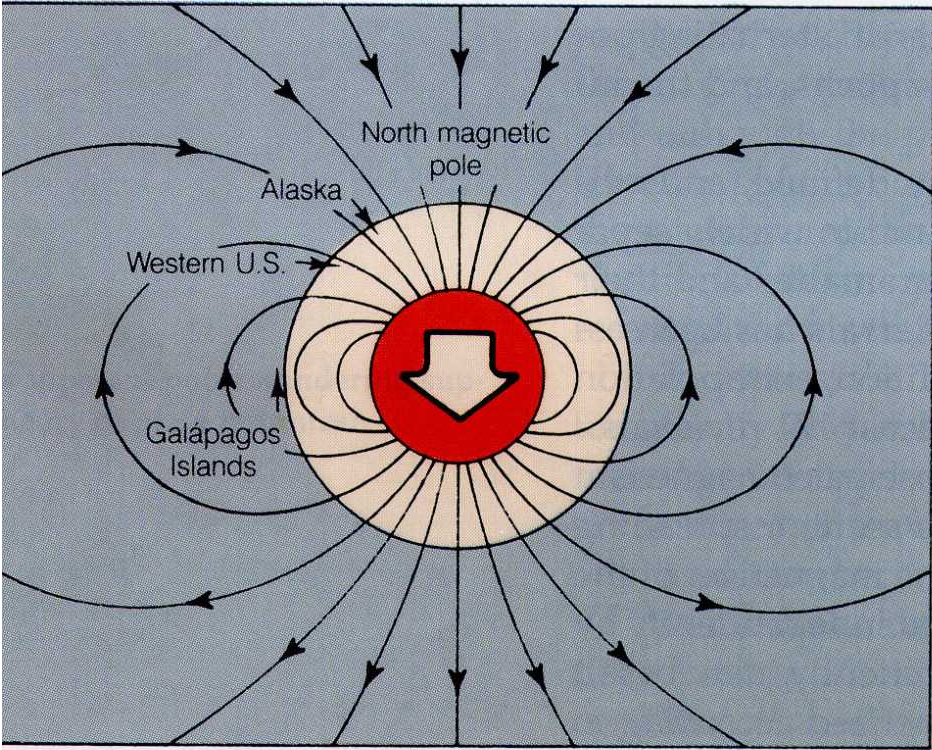




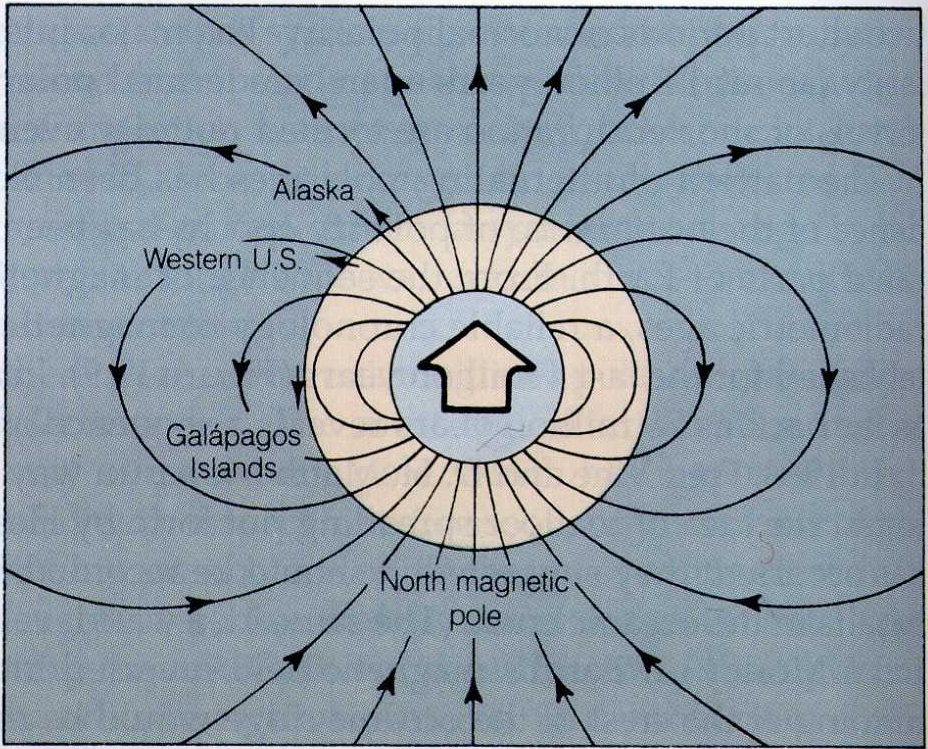




- EN 1963, **FRED VINE Y D.H. MATTHEWS**, ESTABLECIERON UNA METODOLOGÍA PARA USAR PALEOMAGNETISMO PARA TESTEAR LA IDEA DEL “SEAFLOOR SPREADING” DE **HEES**. ELLOS SUGIRIERON QUE SI LA *EXPANSIÓN DE LOS FONDOS OCEÁNICOS* HABÍA OCURRIDO EFECTIVAMENTE, ÉSTA DEBÍA ESTAR REGISTRADA EN LOS BASALTOS DE LA CORTEZA OCEÁNICA.
- SI LAS INVERSIONES DEL CAMPO MAGNÉTICO ERAN INTERMITENTES, LOS NUEVOS BASALTOS FORMADOS EN LA CRESTA LAS DORSALES OCEÁNICAS DEBÍAN MAGNETIZARSE DE ACUERDO A LA POLARIDAD DEL TIEMPO EN QUE ELLOS EXTRUYEN Y SALEN A LA SUPERFICIE.
- DE ESTA FORMA, A MEDIDA QUE SE EXPANDE EL FONDO OCEÁNICO, SERIES SIMÉTRICAS DE BANDAS MAGNÉTICAS, CON ALTERNANCIAS DE POLARIDADES NORMALES E INVERSAS, SE PRESERVAN EN LA CORTEZA A LO LARGO Y A CADA LADO DE LA DORSAL OCEÁNICA.
- SUBSECUENTES INVESTIGACIONES PROBARON LA VERACIDAD DE ESTA TEORÍA.



Normal polarity

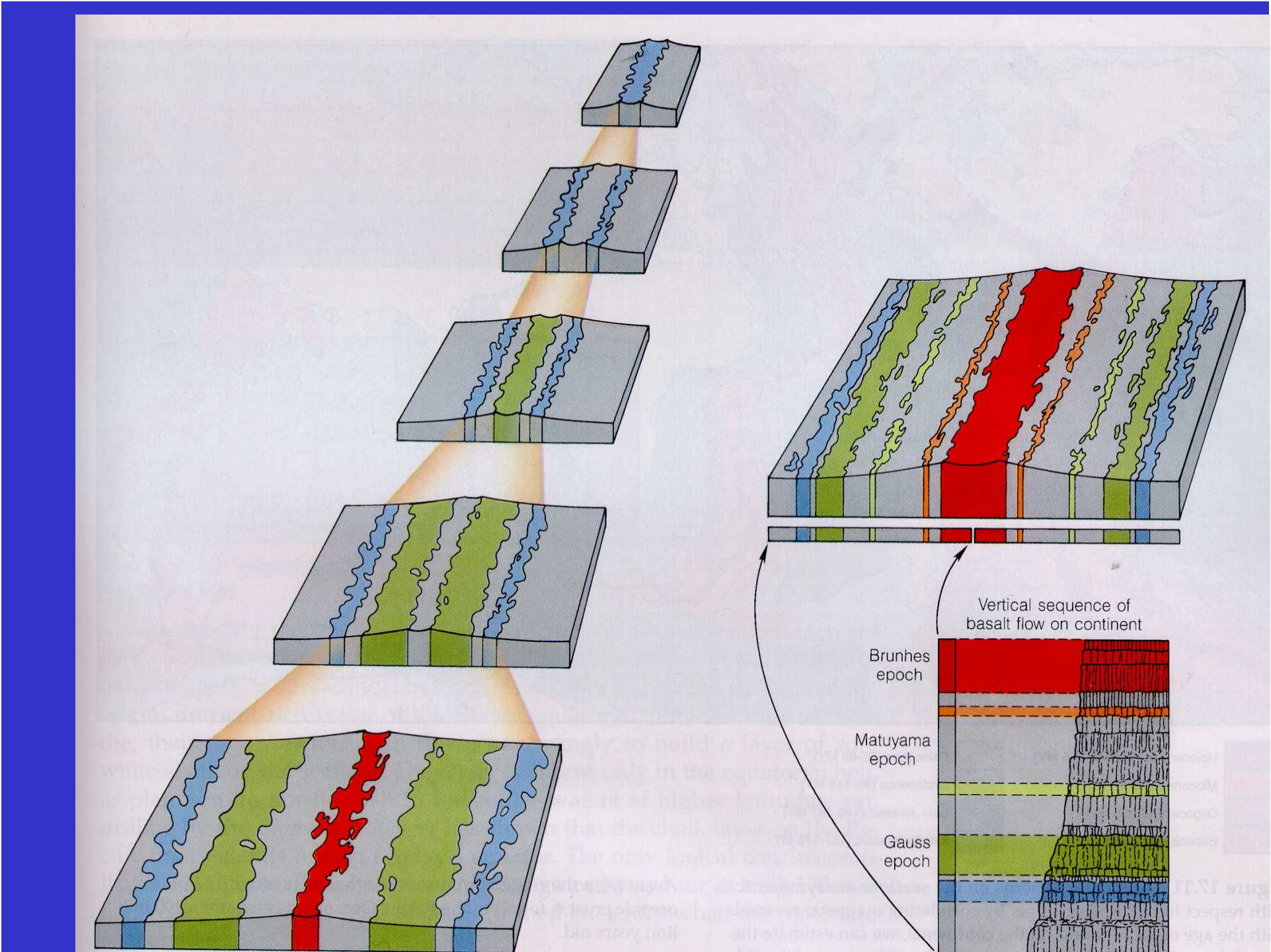


**B**

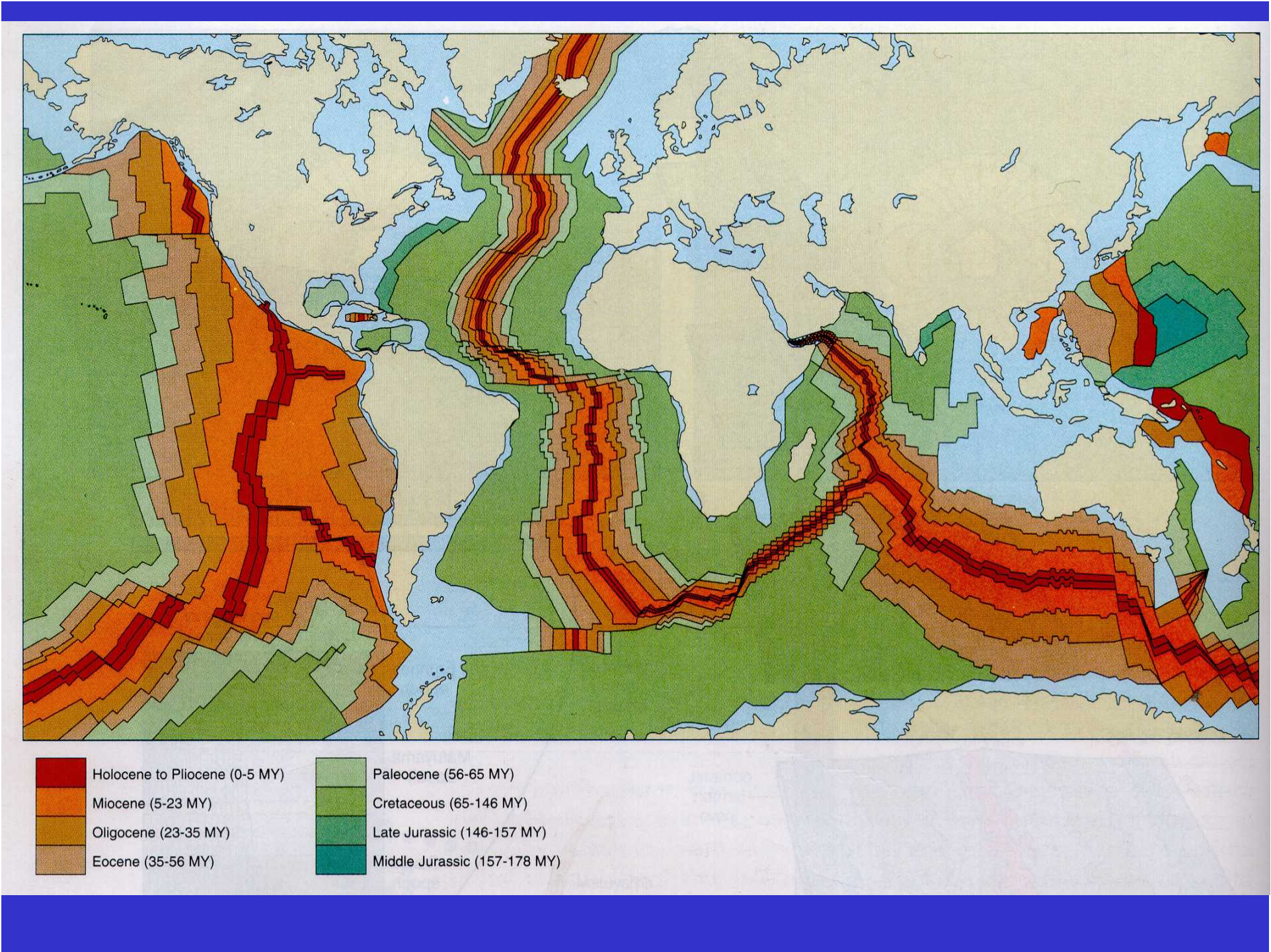
Reverse polarity



- **EVIDENCIAS DE LOS SEDIMENTOS EN EL FONDO OCEÁNICO.** LAS EVIDENCIAS MAS CONVINCENTES DE LA TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS VIENE DE LOS SONDAJES RECIENTES, PRACTICADOS EN LOS SEDIMENTOS DE LOS FONDOS OCEÁNICOS.
- EL “DEEP-SEA DRILLING PROYECT” COMENZÓ EN 1968, CON EL BUQUE CIENTÍFICO GLOMAR CHALLENGER., QUE PODÍA PERFORAR MAS DE 6.000 m EN EL OCÉANO ABIERTO. LAS PERFORACIONES CONFIRMARON LAS CONCLUSIONES MOSTRADAS POR LOS ESTUDIOS PALEOMAGNÉTICOS, PROVEYENDO MUESTRAS DE LOS FÓSILES ACUMULADOS EN LAS DIFERENTES PORCIONES DEL FONDO OCEÁNICO
- LOS SEDIMENTOS MAS JÓVENES APOYADOS EN LOS BASALTOS DEL FONDO ACÉNICO SE ENCONTRARON CERCA DEL RIDGE OCEÁNICO, DONDE NUEVA CORTEZA COMIENZA A CREARSE. LEJOS DEL RIDGE, LOS SEDIMENTOS QUE ESTÁN DIRECTAMENTE SOBRE LOS BASALTOS MAS VIEJOS, SON TAMBIÉN PROGRESIVAMENTE MAS VIEJOS,
- LOS SEDIMENTOS OCEÁNICOS MAGNETIZADOS, MUESTRA TAMBIÉN LA ALTERNANCIA DE POLARIDAD, IGUAL A LOS BASALTOS INFRAYACENTES
- MEDICIONES EN TASAS DE SEDIMENTACIÓN EN EL OCÉANO ABIERTO MUESTRAN QUE CADA 1.000 AÑOS SE ACUMULAN 3 mm DE ARCILLA ROJA, LO QUE SIGNIFICARÍAN 1.500 m SI LA CUENCA OCEÁNICA EXISTIESE DESDE EL CÁMBRICO, LO QUE JAMÁS OCURRE. EL MÁXIMO ESPESOR MEDIDO ES DE 300 m, LO QUE SUGIERE UNA EDAD JOVEN PARA LOS FONDOS OCEÁNICOS, NO MAYOR DE 200 MILLONES DE AÑOS





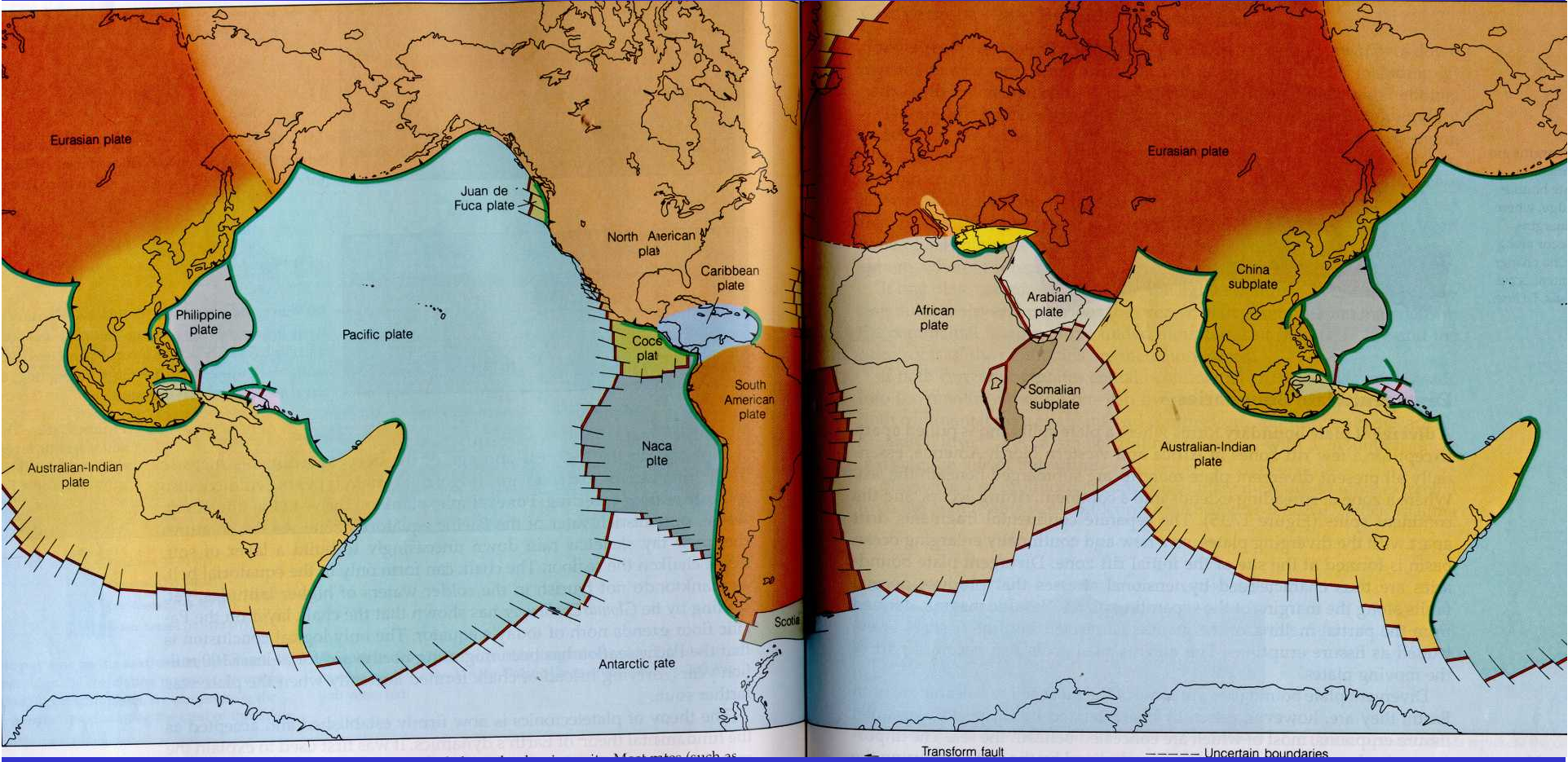




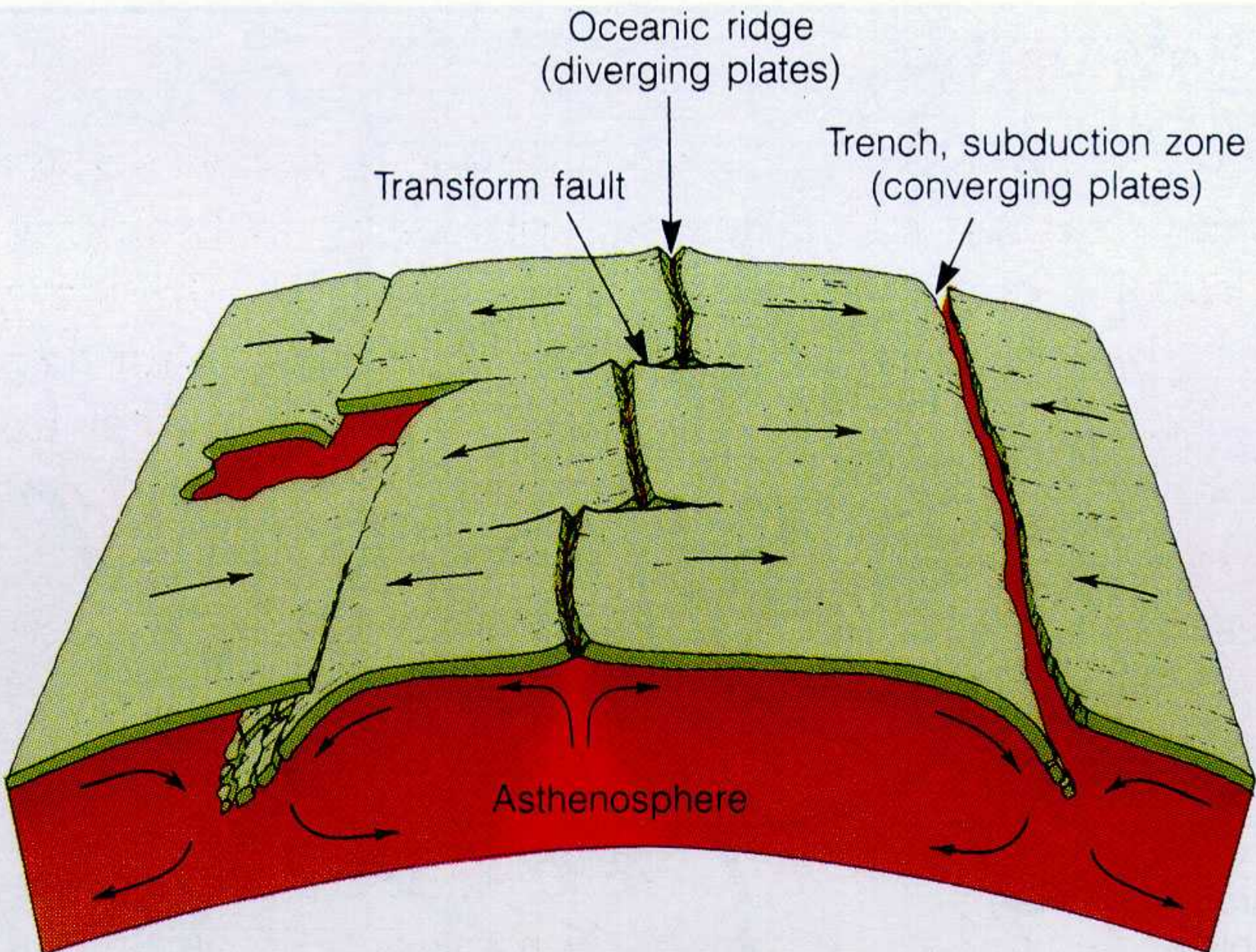
## GEOGRAFÍA DE PLACAS

- LA TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS ES HOY UNA TEORÍA FIRMEMENTE ESTABLECIDA Y ACEPTADA, COMO LA TEORÍA FUNDAMENTAL DE LA DINÁMICA DE LA TIERRA. ELLA FUE USADA INICIALMENTE PARA EXPLICAR EL SIGNIFICADO DE LOS RASGOS OCEÁNICOS, PERO HOY, EL ÉNFASIS SE HA PUESTO EN EL ESTUDIO DE LOS CONTINENTES, DÓNDE LA MAYOR PARTE DE LAS OBSERVACIONES PREVIAS HAN COMENZADO A SER REEXAMINADAS A LA LUZ DE LA TECTÓNICA DE PLACAS.
- LOS BORDES DE LAS PLACAS SON LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES MAS SIGNIFICATIVOS DE LA TIERRA, DEBIDO QUE ELLOS REFLEJAN LA DINÁMICA INTERNA DEL PLANETA. LA MAYOR PARTE DE LA ACTIVIDAD TECTÓNICA OCURRE EN LOS BORDES DE PLACAS.
- LA NUEVA GEOGRAFÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS ESTABLECE QUE LA CAPA EXTERNA RÍGIDA DEL PLANETA, *LA LITOSFERA*, SE DIVIDE EN UN MOZAICO DE *SIETE PLACAS MAYORES* Y VARIAS *SUBPLACAS MENORES*, HABIENDO UN TOTAL DE DOCE PLACAS PRINCIPALES.
- LA GEOGRAFÍA DE LOS BORDES DE PLACAS PRINCIPALES NO PRESENTA DIFICULTADES PARA SU DEFINICIÓN, PUESTO QUE, GENERALEMENTE, ELLOS ESTÁN MARCADOS POR RASGOS TOPOGRÁFICOS MAYORES (FOSAS, DORSALES, MONTAÑAS PLEGADAS)





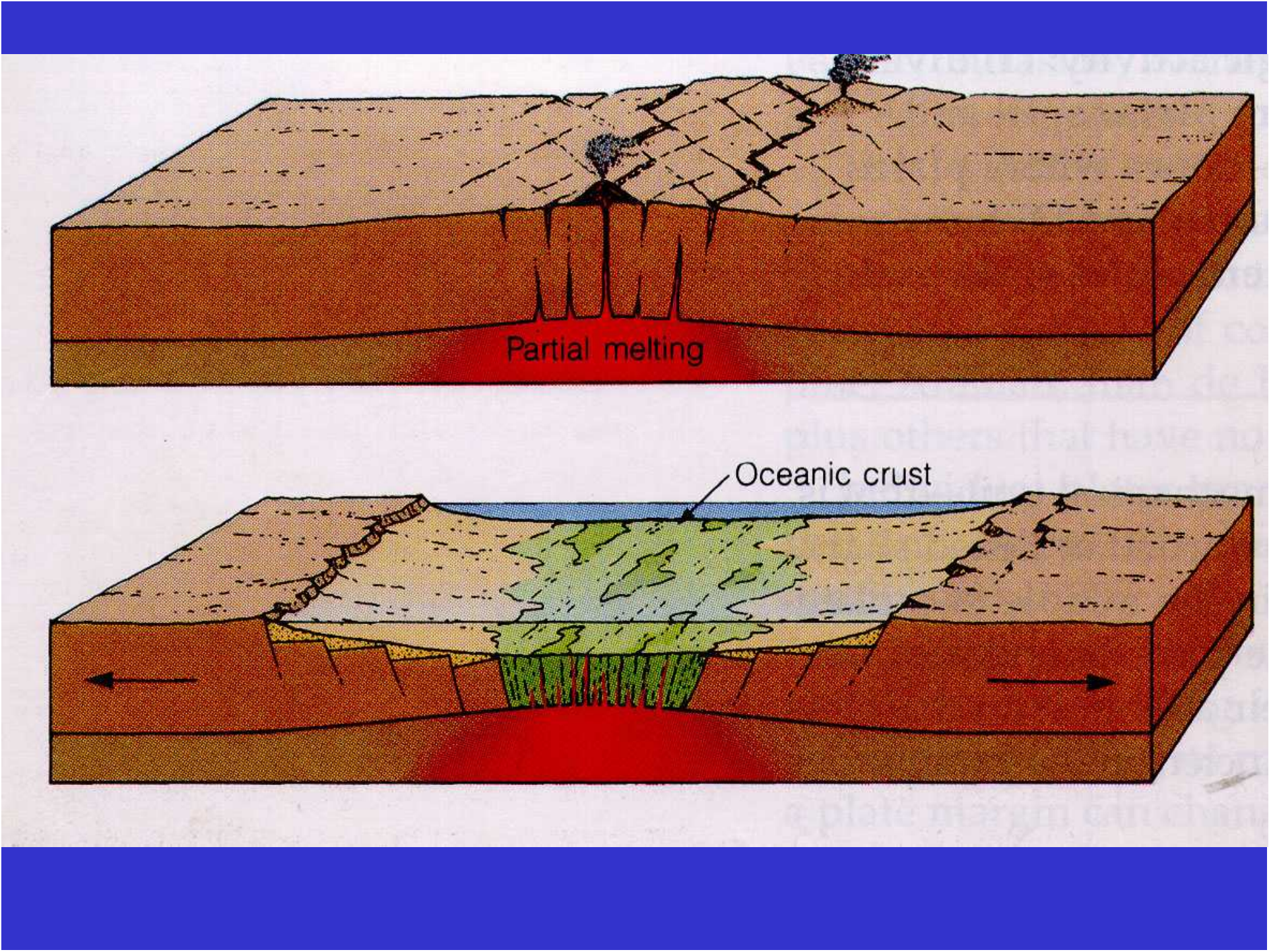




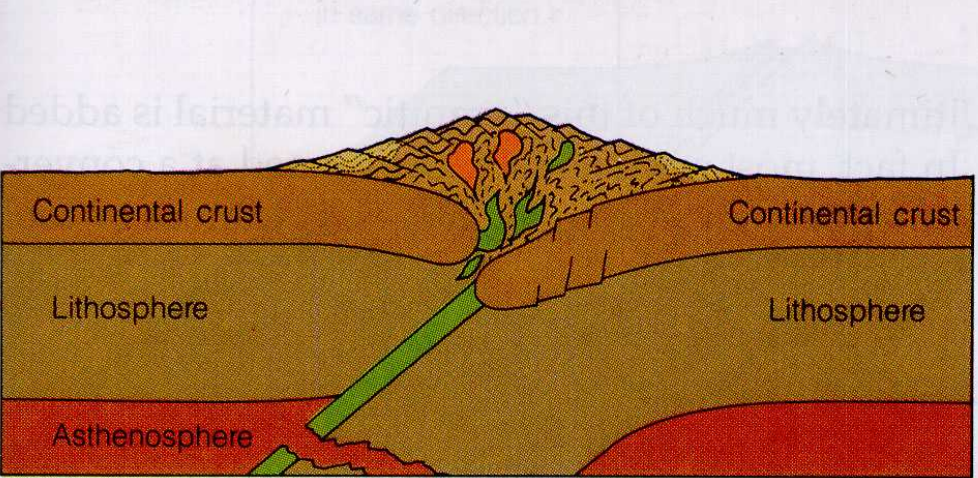
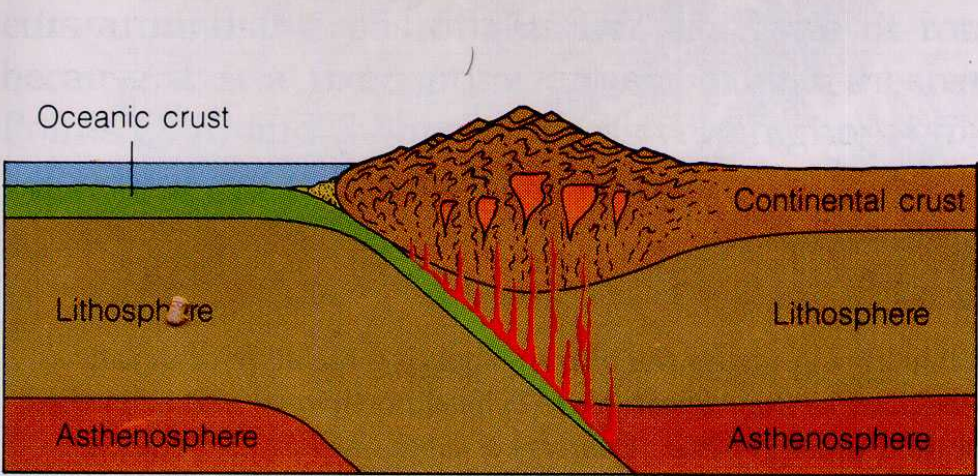
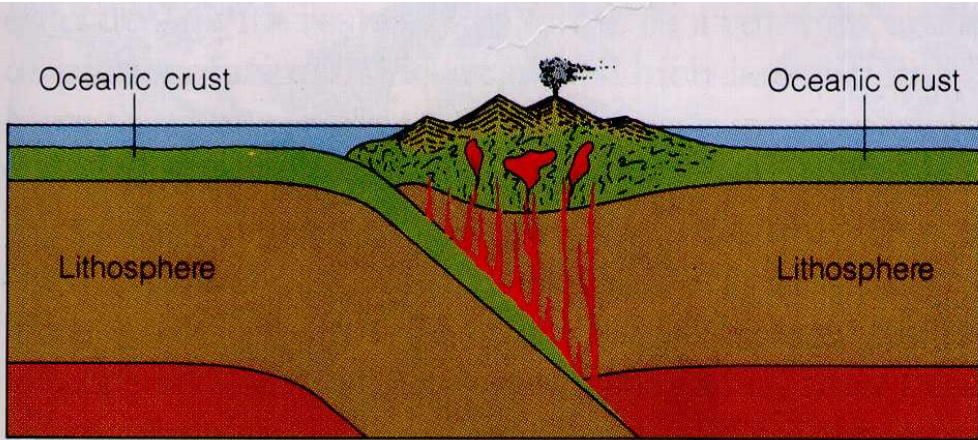


# BORDES DE PLACAS

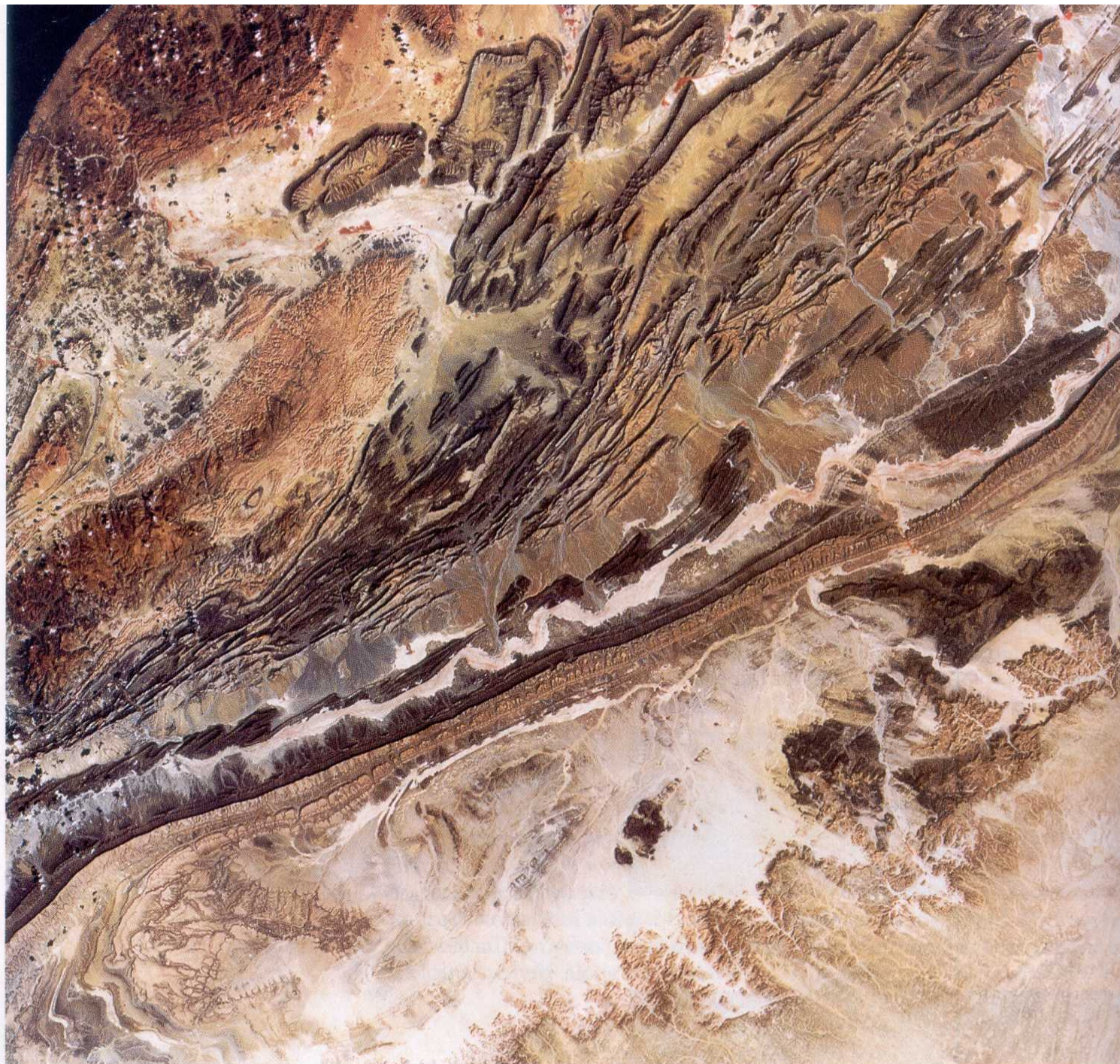
- SE RECONOCEN TRES CLASES DE BORDES DE PLACAS Y SE DEFINEN TRES CLASES DE DEFORMACIÓN Y ACTIVIDAD GEOLÓGICA.
- 1) **BORDES DE PLACAS DIVERGENTES**
- 2) **BORDES DE PLACAS CONVERGENTES**
- 3) **BORDES DE FALLAS TRANSFORMANTES**



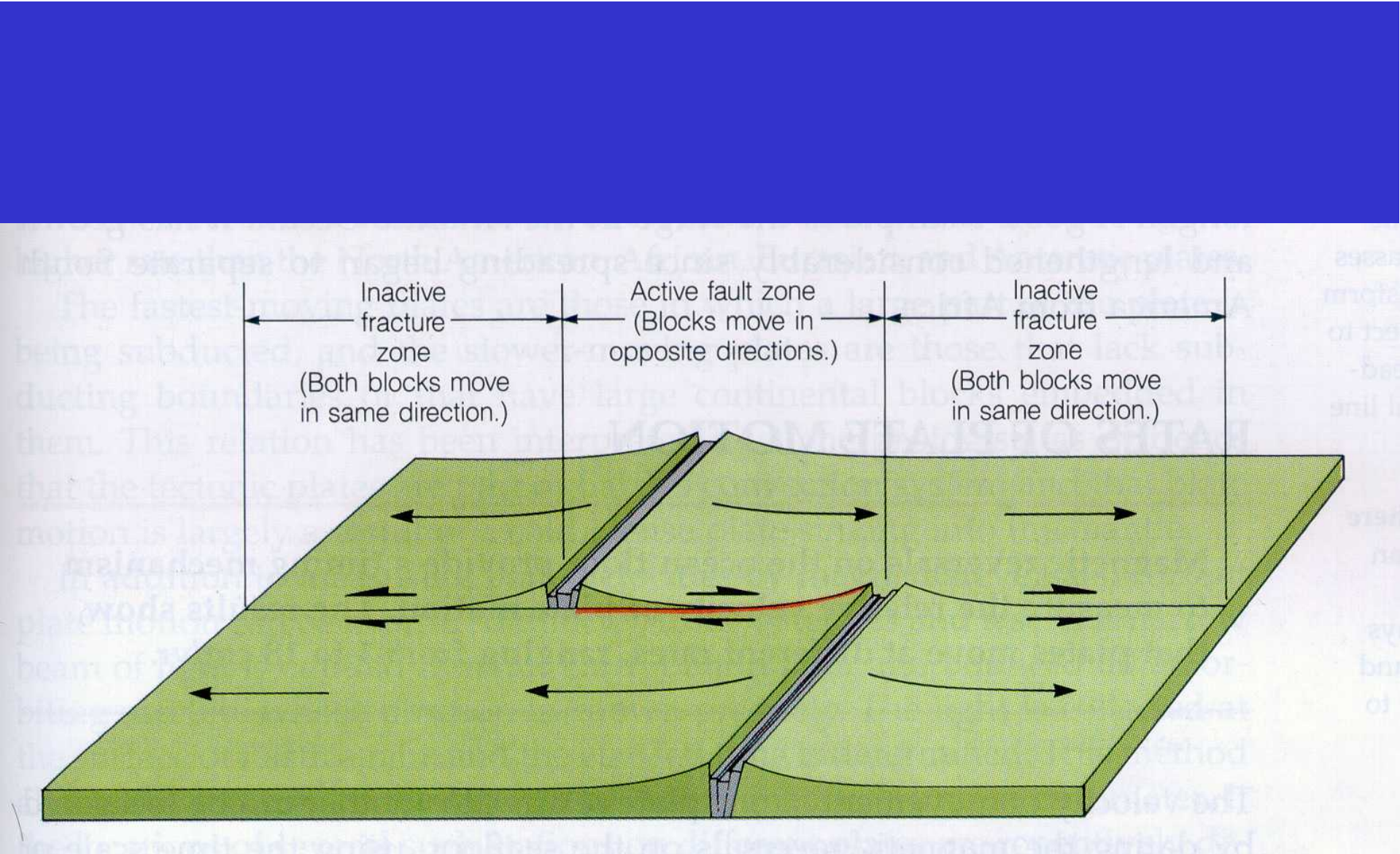












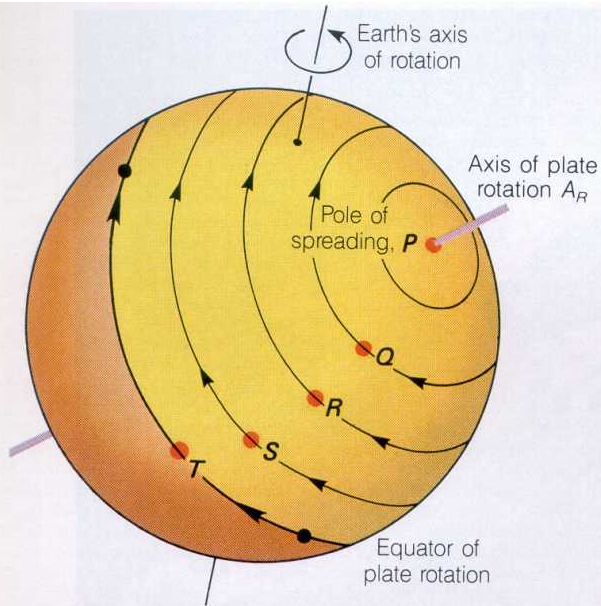
## MOVIMIENTO DE LAS PLACAS

- EL MOVIMIENTO DE UNA SERIE DE PLACAS RÍGIDAS EN UNA ESFERA PUEDE SER COMPLEJO.
- CADA PLACA SE MUEVE COMO UNA UNIDAD INDEPENDIENTE, EN DIFERENTES DIRECCIONES Y A DIFERENTES VELOCIDADES DE CUALQUIER OTRA PLACA.
- LOS MOVIMIENTOS DE PLACAS PUEDEN SER DESCRITOS EN TÉRMINOS DE UN *POLO DE ROTACIÓN* (GEOMETRÍA ESFÉRICA), SIENDO MUY COMPLEJO DEFINIR SUS VALORES ABSOLUTOS SIN CONTAR PREVIAMENTE CON UN VALOR REFERENCIAL.

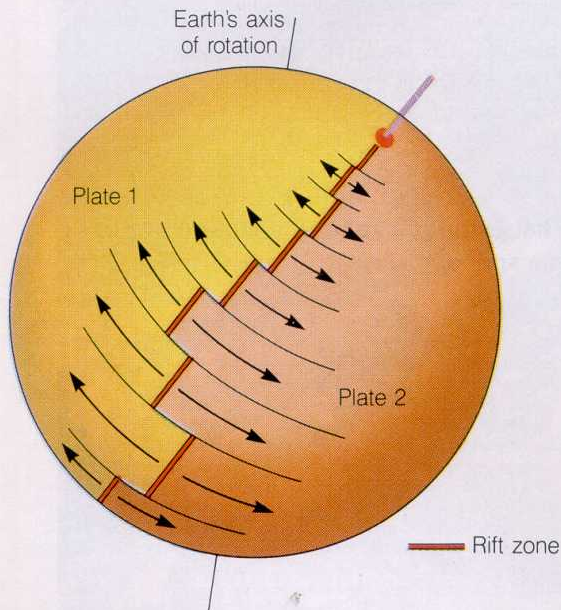
LOS PROPIOS MÁRGENES DE PLACA NO SON FIJOS, PUDIENDO ÉSTOS MOVERSE Y DESPLAZARSE MAS DE LO QUE LO HACEN LAS PLACAS MISMAS.

- LOS MOVIMIENTOS RELATIVOS DE LAS PLACAS, SIN EMBARGO, ESTÁN INDICADOS POR EL RUMBO Y DIRECCIÓN DE LA DORSAL Y POR LAS ZONAS DE FRACTURAS ASOCIADAS.

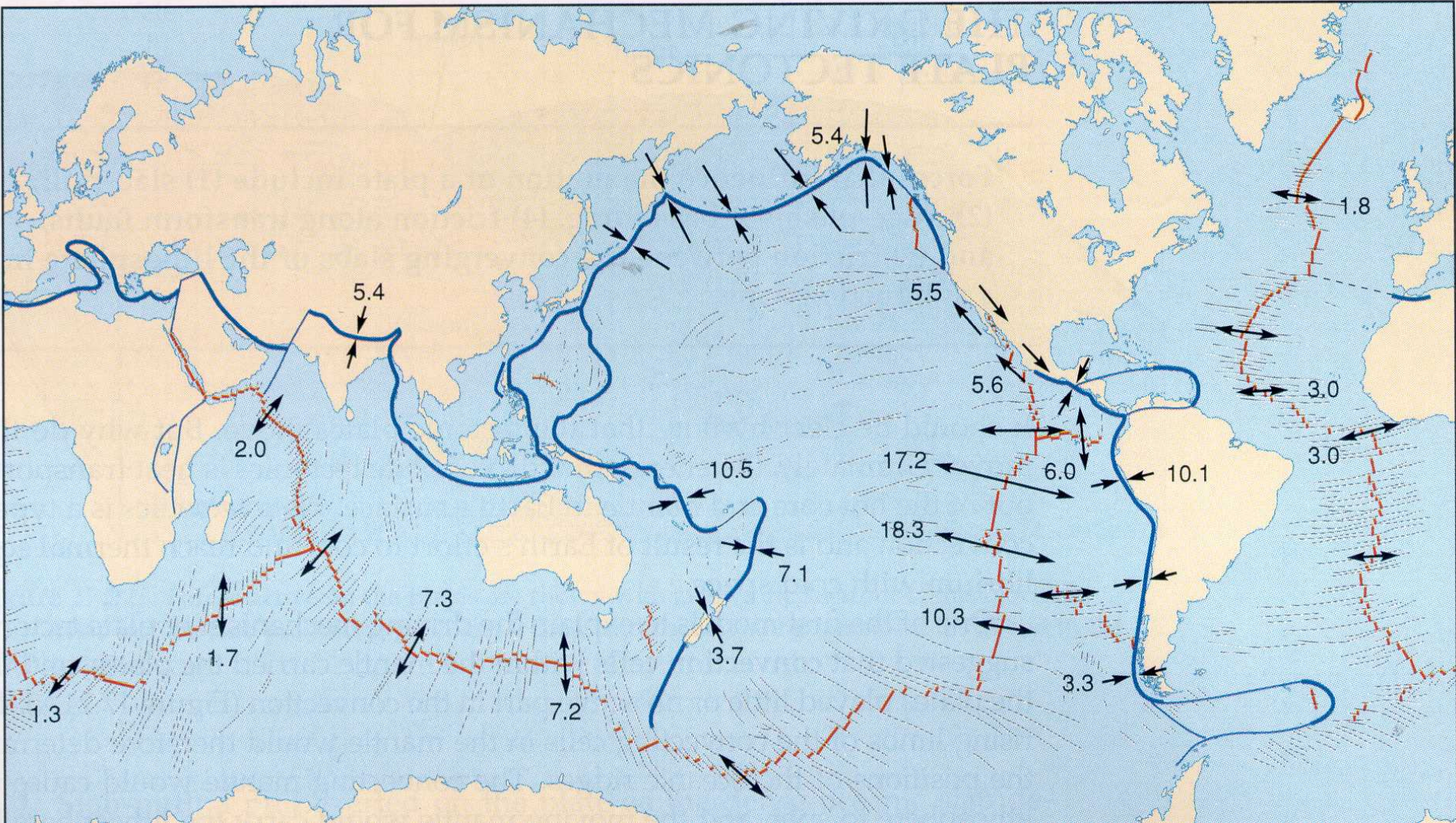




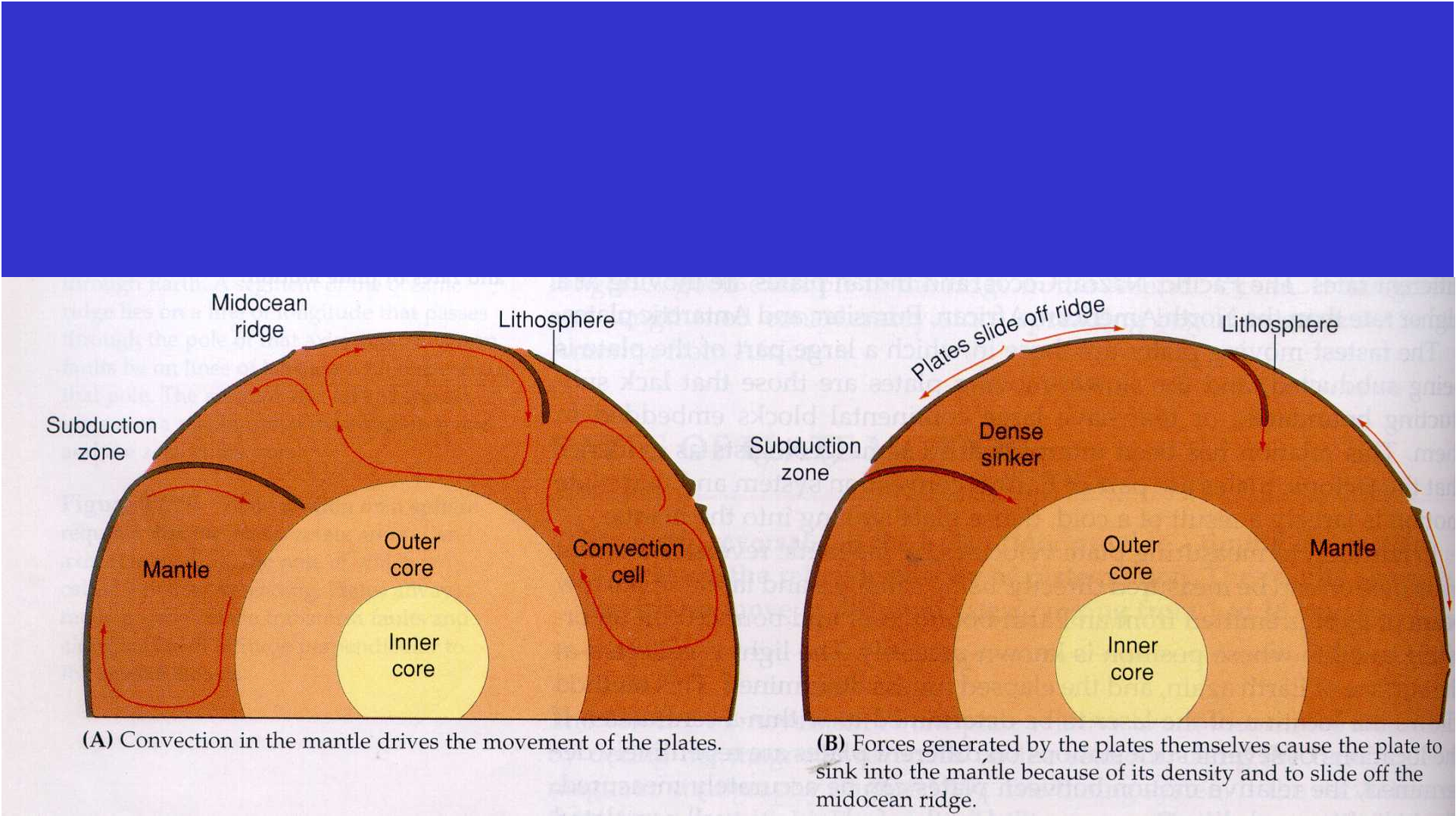
(A) Plate motion can be easily understood by considering a plate that covers an entire hemisphere. Each point on the plate would move along a line of latitude with respect to the pole of spreading,  $P$ .











## BORDES DE PLACAS CONVERGENTES

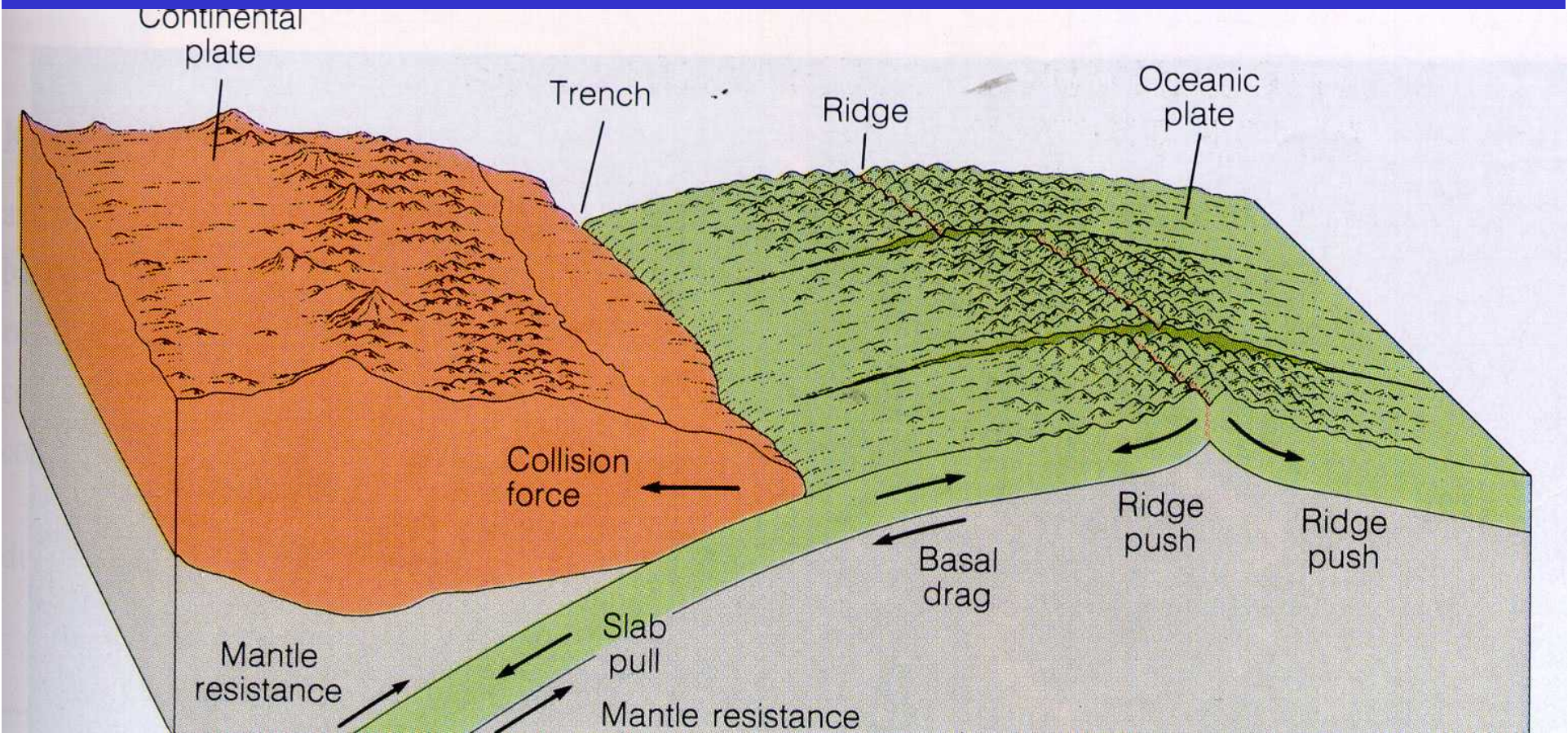
LOS BORDES DE PLACAS CONVERGENTES SON ZONAS DÓNDE DOS PLACAS COLISIONAN Y UNA DE ELLAS SE DESLIZA BAJO LA OTRA, PENETRANDO EN EL MANTO. SON ÁREAS DÓNDE SE SUCEDEN PROCESOS GEOLÓGICOS COMPLEJOS, INCLUYENDO *ACTIVIDAD IGNEA, METAMORFISMO, DEFORMACIÓN CORTICAL Y CONSTRUCCIÓN DE MONTAÑAS*.

-----

LOS PROCESOS ESPECÍFICOS QUE SE ACTIVAN A LO LARGO DE UN BORDE DE PLACAS CONVERGENTES, DEPENDERÁN DEL TIPO DE CORTEZA DE LAS PLACAS ENVUELTAS EN LA COLISIÓN.

a) SI AMBAS PLACAS DE UN BORDE CONVERGENTE CONTIENEN CORTEZA OCEÁNICA, UNA SE METE BAJO EL MARGEN DE LA OTRA, EN UN PROCESO QUE SE CONOCE COMO SUBDUCCIÓN. LA ZONA DE SUBDUCCIÓN ESTÁ USUALMENTE MARCADA POR UNA *FOSA OCEÁNICA* PROFUNDA, Y EL MOVIMIENTO DE LA PLACA DESCENDENTE GENERA UNA ZONA INCLINADA DE *ACTIVIDAD SÍSMICA*, CONOCIDA COMO “PLANO DE BENIOFF”. LA PLACA SUBDUCTADA DESCIENDA EN LA *ASTENÓSFERA*, ES CALENTADA Y ULTERIORMENTE ABSORVIDA POR EL *MANTO*.





## ( BORDES DE PLACAS CONVERGENTES : **continuación** )

- b) SI UNA DE LAS PLACAS CONTIENE UN CONTINENTE, LA *CORTEZA CONTINENTAL*, QUE ES MAS LIVIANA QUE LA *CORTEZA OCEÁNICA*, SIEMPRE RESISTE LA *SUBDUCCIÓN* Y PASA POR ENCIMA DE LA PLACA OCEÁNICA. LA COMPRESIÓN A QUE ES SOMETIDO EL BORDE DE *PLACA CONVERGENTE*, PUEDE DEFORMAR EL MARGEN CONTINENTAL EN UNA *CADENA DE MONTAÑA PLEGADA* , Y LAS PROFUNDAS RAICES DE LA CADENA SON *METAMORFOSEADAS*.
- c) SI AMBAS PLACAS CONTIENEN CORTEZA CONTINENTAL, NINGUNA PUEDE SUBSIDIR BAJO LA OTRA Y PENETRAR EN EL MANTO, NO OBSTANTE QUE PUEDEN *CABALGARSE* MUTUAMENTE, UNA SOBRE LA OTRA, POR DISTANCIAS CORTAS; EN LUGAR DE ELLO, AMBAS MASAS CONTINENTALES SON COMPRIMIDAS Y FINALMENTE FUNDIDAS EN UN BLOQUE CONTINENTAL ÚNICO, CON UNA MONTAÑA ALINEADA MARCANDO LA LINEA DE LA *SUTURA* .  
  
-----
- EL MAGMA EXTRAIDO DEL MANTO SUPERIOR ENCIMA DE LA *ZONA DE SUBDUCCIÓN* SE TORNA RELATIVAMENTE MAGMA SILÍCEO, DE DENSIDAD BAJA. FINALMENTE, MUCHO DE ESTE MATERIAL GRANÍTICO SE *ADICIONA* A LA *CORTEZA CONTINENTAL*. DE HECHO, MUCHA DE LA *CORTEZA CONTINENTAL* SE FORMA EN LOS *BORDES DE PLACAS CONVERGENTES*. ESTE MAGMA PUEDE PROVOCAR ERUPCIONES VOCÁNICAS VIOLENTAS O ENFRIARSE CERCA DE LA SUPERFICIE EN PLUTONES.



## BORDES DE PLACAS DIVERGENTES

- LOS BORDES DE PLACAS DIVERGENTES SE FORMAN DONDE UNA PLACA SE PARTE Y DIVIDE EN DOS PLACAS, QUE SE EMPUJAN MUTUAMENTE CON TENDENCIA A SEPARARSE. EXCEPTO POR UNAS POCAS ZONAS DE “RIFT” EN EL CONTINENTE AFRICANO Y EN EL OESTE DE NORTEAMÉRICA, ESENCIALMENTE TODOS LOS MÁRGENES DE PLACAS DIVERGENTES ESTÁN SUMERGIDOS BAJO EL AGUA EN LOS OCÉANOS.

-----

DÓNDE LA ZONA DE EXPANSIÓN SE EXTIENDE EN UN CONTINENTE, OCURRE UN “RIFTING” Y EL CONTINENTE SE PARTE Y DIVIDE EN DOS. LOS FRAGMENTOS DEL CONTINENTE DIVIDIDO SE APARTAN UNO DEL OTRO, LLEVADOS POR LAS PLACAS DIVERGENTES, DE MODO TAL QUE, UNA NUEVA CUENCA OCEÁNICA, EN CONTINUA AMPLIACIÓN (EXPANSIÓN), SE FORMA EN EL LUGAR DONDE SE INICIÓ EL “RIFTING” CONTINENTAL.

-----

LOS BORDES DE PLACAS DIVERGENTES SE CARACTERIZAN POR “STRESES” TENSIONALES, QUE PRODUCEN FALLAS NORMALES A LO LARGO DE LOS MÁRGENES DE LAS PLACAS QUE SE SEPARAN, CON UNA ACTIVIDAD SÍSMICA APRECIABLE, Y POR MAGMAS BASÁLTICOS DERIVADOS DEL MANTO PARCIALMENTE FUNDIDO, QUE SE INYECTA EN LAS FISURAS (DIQUES) O ES EXTRUÍDO COMO ERUPCIONES FISURALES ( “PILLOW “ LAVAS ). ESTE MAGMA, ENFRÍADO Y TRANSFORMADO EN NUEVA CORTEZA, PASA A FORMAR PARTE LAS PLACAS EN MOVIMIENTO.

## BORDES DE FALLAS TRANSFORMANTES

LOS BORDES DE FALLAS TRANSFORMANTES SON ZONAS DE CIZALLAMIENTO, DONDE LOS BORDES DE PLACAS SE DESLIZAN FRANQUEÁNDOSE UNA A OTRA, SIN DIVERGIR NI CONVERGER Y SIN CREAR NI DESTRUIR LITÓFERA.

ESTOS BORDES OCURREN A LO LARGO DE UN TIPO ESPECIAL DE FALLA, DENOMINADA FALLA TRANSFORMANTE, QUE ES UNA SIMPLE FALLA TRANSCURRENTE ENTRE PLACAS (“STRIKE-SLIP FAULT”), ESTO ES, CON MOVIMIENTO HORIZONTAL Y PARALELO A LO LARGO DE LA FALLA. EL TÉRMINO “TRANSFORMANTE” SE USA PORQUE EL TIPO DE MOVIMIENTO ENTRE LAS PACAS ES CAMBIADO (TRANSFORMADO) AL FINAL DE LA PARTE ACTIVA DE LA FALLA. Por ejemplo: EL MOVIMIENTO DIVERGENTE ENTRE DOS PLACAS EN UN RIDGE OCEÁNICO PUEDE SER TRANSFORMADO, A LO LARGO DE LA FALLA, A UN MOVIMIENTO CONVERGENTE ENTRE PLACAS EN UNA ZONA DE SUBDUCCIÓN.

LAS FALLAS TRANSFORMANTES PUEDEN UNIR RIDGE CON RIDGE, RIDGE CON FOSA, Y FOSA CON FOSA. EN TODOS LOS CASOS LA FALLA TRANSFORMANTE ES PARALELA A LA DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO DE PLACA RELATIVO, DE MANERA QUE NUNCA HAY CONVERGENCIA NI DIVERGENCIA A LO LARGO DE ESTE TIPO DE BORDE. CUANDO LA PLACA SE MUEVE, LA CORTEZA ES FRACTURADA Y SE QUIEBRA, PRODUCIENDO SISMOS POCO PROFUNDOS. LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA NO ES ABUNDANTE EN LAS FALLAS TRANSFORMANTES.







## VALORES DEL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS

- LAS INVERSIONES MAGNÉTICAS DEL FONDO OCEÁNICO PROVEEN UN MECANISMO DE TIEMPO PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD RELATIVA DEL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS.

SE PUEDE MEDIR LA VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DE LA PLACA A PARTIR DE LA EDAD DE LAS ROCAS O BANDAS MAGNÉTICAS DEL FONDO OCEÁNICO, Y SU DISTANCIA O RECORRIDO DESDE EL CENTRO DE LA DORSAL DONDE SE CREARON.

LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS MUESTRAN QUE LAS PLACAS SE MUEVEN A DIFERENTES VALORES, QUE VAN DESDE 1 A 18 cm POR AÑO



## LOS MECANISMOS DE MOVIMIENTO PARA LA TECTÓNICA DE PLACA

- ESTÁ CLARO QUE LAS PLACAS SE MUEVEN, PERO NO ASÍ EL PERQUÉ SE MUEVEN.
- UNO DE LOS PRIMEROS MODELOS PARA EXPLICAR EL MECANISMO DEL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS SUGIERE QUE, EL PROCESO FUNDAMENTAL RESPONSABLE DEL TRASLADO DE LAS PLACAS SERÍA LA EXISTENCIA DE *CELDA DE CONVECCIÓN* EN EL MANTO, Y QUE LAS PLACAS JUEGAN UN ROL PEQUEÑO O NINGUNO EN LA CONVECCIÓN.
- OTROS MODELOS DE LA TEORÍA DE LA CONVECCIÓN CONSIDERAN QUE LAS PLACAS MISMAS SON PARTICIPANTES ACTIVAS EN LOS PROCESOS DE CONVECCIÓN, Y NO PASIVOS PASAJEROS ENCIMA DE UN MANTO “*AGITADO Y MOVIDO*”. EN ESTE MODELO LA LITÓSFERA ES LA CAPA SUPERIOR FRÍA DE LA CONVECCIÓN, Y POR SU MAYOR DENSIDAD EVENTUALMENTE SE HUNDE
- LAS FUERZAS QUE INFLUENCIAN EL MOVIMIENTO DE UNA PLACA SERÍAN  
A) *SLAB-PULL* (TRACCIÓN DE PLACA), B) *RIDGE-PUSH* (EMPUJE DE DORSAL), C) *BASAL-DRAW* (ARRASTRE BASAL), D) *FRICCIÓN A LO LARGO DE LAS FALLAS TRANSFORMANTES*, y E) *FRICCIÓN ENTRE SLABS CONVERGENTES DE LA LITÓSFERA EN LAS ZONAS DE SUBDUCCIÓN*.

## PUNTOS CALIENTES Y PLUMAS MANTÉLICAS

- NO OBSTANTE QUE EL SISTEMA TECTÓNICO ES DOMINADO POR PROCESOS GEOLÓGICOS QUE OCURREN EN LOS MÁRGENES DE LAS PLACAS, Y EL ENFOQUE PRINCIPAL DE LO VISTO HASTA AHORA SE CENTRA EN LOS BORDES DE PLACAS, EL INTERIOR DE ÉSTAS NO ES TOTALMENTE PASIVO, NI ESTÁ COMPLETAMENTE QUIETO.
- LEJOS DE LOS BORDES DE PLACA, LAS *PLUMAS MANTÉLICAS* PARECEN SER LA EXPRESIÓN MAYOR DEL CALOR INTERNO DE LA TIERRA.
- SE TRATA DE UNA FUENTE DE MATERIAL CALIENTE, QUE ASCIENDE DESDE EL LÍMITE DEL NUCLEO CON EL MANTO, EN FORMA DE LARGAS COLUMNAS VERTICALES, QUE AL LLEGAR CERCA DE LA SUPERFICIE, PRODUCEN LOS CONOCIDOS *PUNTOS CALIENTES* ( “*HOTSPOTS*”).
- LOS *PUNTOS CALIENTES* SE CARACTERIZAN POR PRESENTAR UNA VASTA CORTEZA HINCHADA, ACTIVIDAD VOLCÁNICA INTENSA, Y ELEVADOS FLUJOS CALIENTES.
- EL MAGMA BASÁLTICO QUE SE GENERA EN UN *PUNTO CALIENTE*, SE DISTINGUE PORQUE HA DERIVADO PARCIALMENTE DE VESTIGIOS DE ANTIGUOS “*SLABS*” SUBDUCTADOS HASTA LAS PROFUNDIDADES DEL MANTO.
- EN LOS EMPLAZAMIENTOS CONTINENTALES SE PUEDE FORMAR RIOLÍTICAS, ENCIMA DE LA *PLUMA MANTÉLICA*, POR MEZCLA PARCIAL CON LA CORTEZA, O POR CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA DEL BASALTO



## PUNTOS CALIENTES (continuación)

- *PLUMAS MANTÉLICAS* CERCA DEL FONDO OCEÁNICO, PUEDEN PRODUCIR ABUNDANTES FLUJOS BASÁLTICOS EN EL FONDO DEL OCÉANO, Y FORMAR EXTENSOS *PLATEAUS* OCEÁNICOS.
- AL CONTINUAR LA *PLACA LITOSFÉRICA* DESPLAZÁNDOSE ENCIMA DE LA *PLUMA*, SE FORMA UNA ANGOSTA CADENA DE MONTES OCEÁNICOS VOLCÁNICOS, CON VOLCANES ACTIVOS PRODUCIENDO DIRECTAMENTE ENCIMA DE LA COLA DE LA *PLUMA* (Ej. ARCHIPIÉLAGO DE HAWAI).
- EN CASO QUE LA *PLUMA* ESTÉ CENTRADA EN UN *RIDGE* MEDIO OCEÁNICO, SE FORMA UN *PLATEAU VOLCÁNICO* ALARGADO.
- *PLUMAS MANTÉLICAS* CERCA DE CONTINENTES PUEDEN CAUSAR ALZAMIENTOS REGIONALES, Y ERUPCIONES DE FLUJOS CONTINENTALES BASÁLTICOS. TAMBIÉN SE PUEDEN DESARROLLAR, SISTEMAS DE CALDERAS RIOLÍTICAS, SI LA CORTEZA CONTINENTAL SE MEZCLA PARCIALMENTE CON EL MAGMA BASÁLTICO CALIENTE DE LA *PLUMA*.
- FINALMENTE, SE PUEDE SOSTENER QUE LAS *PLUMAS* PUEDEN EFECTAR EL SISTEMA CLIMÁTICO DE LA TIERRA Y SU CAMPO MAGNÉTICO.

## CICLO DE VIDAS DE LOS OCÉANOS

- LOS OCÉANOS SON LOS RASGOS MAS IMPORTANTES DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, Y SU EXISTENCIA Y EVOLUCIÓN CONTROLA MUCHO DE LOS PROCESOS GEOLÓGICOS MAS NOTABLES DEL PLANETA.
- UNOS OCÉANOS HAN APARECIDO SOBRE LA FAZ DE LA TIERRA MAS RECIENTEMENTE QUE OTROS, Y OTROS EXISTEN DESDE TIEMPOS MUY ANTIGUOS.
- TAMBIÉN, ALGUNAS PARTES DE UN MISMO OCÉANO SON MAS VIEJAS O MAS JÓVENES QUE OTRAS
- LAS CUENCAS OCEÁNICAS SE INICIAN (*O NACEN*), A PARTIR DE UN *RIFTING CONTINENTAL*, Y TERMINAN (*O MUEREN*), BAJO EL EFECTO DE LA *SUBDUCCIÓN LITOSFÉRA*. SU DESARROLLO ES PROGRESIVO Y SU EVOLUCIÓN ES CÍCLICA.
- LAS CUENCAS OCEÁNICAS CRECEN, DESDE SU INICIO, DE MUY PEQUEÑAS HASTA UN MÁXIMO, Y DESPUÉS SE CONTRAEN Y RECOGEN (VUELVEN A SER PEQUEÑOS), HASTA DESAPARECER EN ALGUNOS CASOS.
- EL *CICLO DE VIDA DE LOS OCÉANOS* FUE PROPUESTO POR TUZO WILSON, EN 1968, QUIÉN DEFINIÓ *SEIS ETAPAS DE DESARROLLO*, CADA UNA DE ELLAS REPRESENTADA HOY DÍA SOBRE LA FAZ DE LA TIERRA, POR OCÉANOS REALES, O POR ESTRUCTURAS GLOBALES Y PECULIARES EXISTENTES EN DETERMINADOS LUGARES DEL PLANETA



## CICLO DE VIDA DE LOS OCÉANOS (continuación)

- ETAPA 1 *ESTADO EMBRIONARIO*. Ej: RIFT - VALLEYS ESTE AFRICANO  
Movimiento dominante: levantamiento.
- ETAPA 2 *ESTADO JÓVEN*. Ej: MAR ROJO; GOLFO DE ADÉN  
Movimiento dominante: expansión.
- ETAPA 3 *ESTADO MADURO*. Ej OCÉANO ATLÁNTICO.  
Movimiento dominante: expansión.
- ETAPA 4 *ESTADO DECLINANTE*. Ej: OCÉANO PACÍFICO.  
Movimiento dominante: contracción
- ETAPA 5 *ESTADO TERMINAL*. Ej. MAR MEDITERRÁNEO.  
Movimiento dominante: contracción y levantamiento
- ETAPA 6 *ESTADO RELICTO. (CICATRIZADO)*. Ej: SUTURA ÍNDICA DE LOS HIMALAYAS. Movimiento dominante: contracción y levantamiento

## TECTÓNICA Y PAISAJE

- LOS FACTORES MAS IMPORTANTES QUE INFLUENCIAN LA EVOLUCIÓN DEL PAISAJE TERRESTRE SON: (1) EL *EMPLAZAMIENTO TECTÓNICO*, (2) EL *CLIMA*, Y (3) LA *EROSIÓN DIFERENCIAL*
  - UN *ESCUDO CONTINENTAL* RESULTA DE LA FORMACIÓN DE UNA CADENA DE MONTAÑA PLEGADA, FORMADA EN UN MARGEN DE PLACA CONVERGENTE, Y DE LA EROSIÓN Y AJUSTE ISOSTÁTICO SUBSECUENTES A QUE ES SOMETIDA, Y QUE LA REDUCEN HASTA UN PÍSO AMPLIO DE SUPERFICIE. MUY PRÓXIMO AL NIVEL DEL MAR.
  - LOS RELIEVES LOCALES EN UN *ESCUDO CONTINENTAL* SON DE MENOS DE 100 m, Y BÁSICAMENTE DEPENDEN DE LA EROSIÓN DIFERENCIAL EN LAS ROCAS IGNEAS Y METAMÓRFICAS
  - LOS PAISAJES DESARROLLADOS EN LAS *PLATAFORMA ESTABLES*, RESULTAN TAMBIÉN DE LA EROSIÓN DIFERENCIAL, PERO EN ROCAS SEDIMENTARIAS HORIZONTALES A LEVEMENTE INCLINADAS.
- EL DRENAJE DENTRÍTICO ES COMÚN EN LOS ESTRATOS HORIZONTALES, DÓNDE PRODUCE COLINAS REDONDEADAS, CUESTAS, Y TÍPICOS VALLES DESPLAZADOS, QUE SE FORMAN EN LOS ESTRATOS BAJOS INCLINADOS, EN LOS FLANCOS DE *DOMOS ESTRUCTURALES* Y *CUENCAS*.



## TECTÓNICA Y PAISAJE (continuación)

- EN LAS *CADENAS DE MONTAÑAS PLEGADAS*, LA EROSIÓN DIFERENCIAL PRODUCE UNA SERIE DE RIDGE Y *VALLLES*, CONTROLADOS POR LA DIRECCIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PLIEGUES. EL *PAISAJE* ES UN REFLEJO DEL
- RIFT CONTINENTAL (*HORST Y GRABEN*)
- “DILUVIOS” *BASÁLTICOS*: *PLANICIES* Y *PLATEAUS*
- *ARCOS MAGMÁTICOS* (UNA EROSIÓN INTENSA TERMINA POR BORRAR TODO VESTIGIO O RASGO VOLCÁNICO, DEJANDO EXPUESTAS LAS RAICES DE ROCAS INTRUSIVAS PROFUNDAS)