

Combustible para la Tectónica de Placas: el Origen del Calor Interno Terrestre

Origen externo del calor terrestre. Origen externo vs origen interno del calor terrestre. Mecánicas de transmisión del calor en la Tierra. Conducción y convección. Origen interno del calor terrestre: calor radiogénico, calor remanente a partir de la formación del núcleo terrestre. Variaciones laterales del flujo térmico (flujo térmico y tectónica de placas)

Apertura

Evidentemente algo pasa allá abajo. El material fundido que brota hacia la superficie en dorsales centrooceánicas y arcos volcánicos lo hace a grandes temperaturas de entre 300° y 1.200°C. Cuando un continente se parte en dos, al estar sometido a extensión formando un rift o cuando un fondo oceánico se deshidrata en profundidad en una zona de subducción, el manto se funde parcialmente, con cierta facilidad. El agua en el segundo caso y una baja de presión en el primero, jamás fundirían una roca que se encuentra a temperatura ambiente. Para hacerlo éstas deben estar calientes.

¿Será el Sol quien calienta la superficie del planeta; quien, en última instancia, calienta su interior?

Definitivamente no, cualquier pozo de cierta envergadura realizado en la superficie terrestre muestra que la temperatura aumenta hacia abajo. Si la fuente calórica fuera externa la temperatura máxima se encontraría en la superficie.

Por otra parte, las tomografías sísmicas muestran un cuadro inhomogéneo de distribución de temperaturas en el interior terrestre: Zonas frías coincidentes con zonas de subducción y zonas calientes asociadas a plumas que ascienden hacia la litósfera.

¿Cuál es el origen de este calor interno? ¿Qué relación mantiene con la tectónica de placas con la que parece tener una relación estrecha?

Primer Acto

1.- Una disputa antigua

Un gran volcán cubierto de hielo en su cima, quizás ejemplifique la más vieja disputa que se libra en la superficie de la Tierra desde el momento de su formación. Los glaciares que posee cubriendo, parcialmente, su cráter avanzan en el invierno pendiente abajo, cuando nueva nieve se apelmaza en su superficie formando nuevo hielo. Éste le confiere nueva masa que fuerza al glaciar a abrirse paso desgastando la ladera del volcán y labrando profundos valles. Cuanta más masa acumulan los glaciares durante un ciclo invernal, más caudal tendrán los ríos aguas abajo en la primavera y el verano, siendo más efectivos en acarrear el material que se encuentra suelto en las laderas del volcán. La nieve que alimenta al sistema glaciar proviene del agua que se evapora, básicamente, de la superficie de los océanos y, para este proceso, se ha empleado energía calórica proveniente del Sol. De la energía que emite este coloso, el 30 por ciento es reflejado en la superficie terrestre y vuelve al cosmos, 50 por ciento es retenido en el interior terrestre y el 20 por ciento restante es usado en procesos como el descrito anteriormente. Los ciclos de precipitaciones y de avance de los glaciares conducen a la disminución de los relieves montañosos sean estos de origen volcánico o tectónico.

Volvamos a la disputa más antigua de la superficie terrestre o, mejor dicho, a nuestro ejemplo del volcán nevado. Este volcán sin embargo lejos de sufrir un desgaste inexorable y estar condenado a su pronta desaparición, experimenta renovadas erupciones volcánicas que rellenan de lavas esos valles labrados por los glaciares y los ríos pendiente abajo, produciendo su crecimiento. Los volcanes tarde o temprano mueren, es decir dejan de producir productos, sean estos lavas o cenizas, y, por lo tanto, quedan a merced de los ríos y glaciares que no tardan en comérselos. Los volcanes mueren, así como las zonas de subducción que los alimentan a lo largo de un margen continental o así como un sistema de rift que produce la ruptura de un continente se extingue y con él su volcanismo asociado. Mientras los procesos tectónicos son activos, el relieve se bate en duelo entre los procesos externos que tienden a eliminarlo y aquellos internos que lo generan. Los procesos externos son regidos por la energía externa a la Tierra, mientras que aquellos internos se alimentan de algún tipo de energía de la cual poco se ha hablado.

2.- David y Goliat

En la disputa a la que hacíamos referencia, anteriormente, bien podría estar Goliat relacionado con los procesos que degradan el relieve y se encuentran comandados por la energía que llega desde el Sol (**Figura 4.1**), mientras que David con aquellos procesos hasta ahora (hasta esta instancia de este libro) menos claros asociados al crecimiento de montañas y a la tectónica de placas en términos generales. Mientras que la energía proveniente del Sol

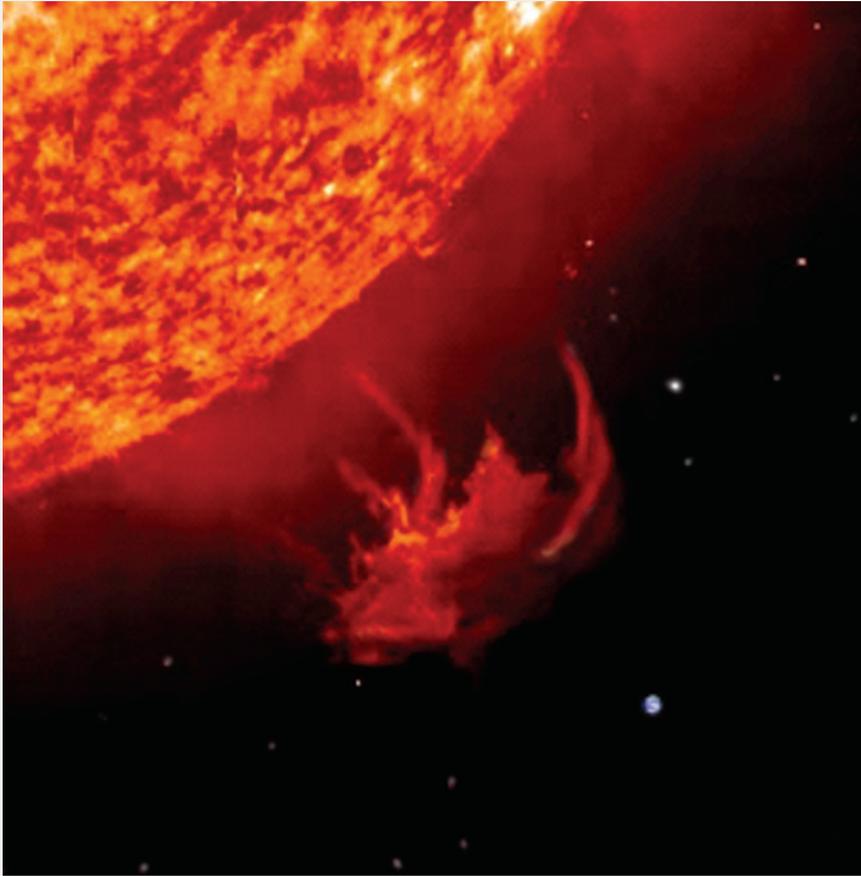


Figura 4.1. La Tierra frente a la enorme fuente de calor que constituye el Sol. Ésta pese a su gran magnitud sólo rige la dinámica externa de nuestro planeta y nada tiene que ver con el movimiento de los continentes, ni la expansión de los océanos.



Figura 4.2. Los impactos de cometas y asteroides producen y sobre todo han producido en un pasado, durante las etapas finales de su creación, cantidades de calor no despreciables que aún la Tierra elimina a través de su superficie.

representa el 99,97 por ciento del balance total de energía de la Tierra, la energía interna del planeta es tan sólo el 0,025 por ciento. El resto se lo llevan diversos procesos, casi despreciables, en términos energéticos tales como la energía relacionada con las mareas, la fotosíntesis, etc. Ese miserable 0,025 por ciento del balance de energía total de la Tierra mueve a los continentes. Esta singular y desigual disputa sin embargo permite que en la Tierra se desarrollen cadenas montañosas de miles de kilómetros de altitud y varios miles de metros de altura. Es justo, entonces, que atendamos con respeto al origen de esa fracción de calor interno que la Tierra emite.

3. Cocínese a fuego lento

Se ha debatido, intensamente, acerca del origen del calor interno de la Tierra, habiéndose arribado a ciertos acuerdos generales en torno a su formación. Por ejemplo, existen evidencias de que durante las etapas iniciales de formación de la Tierra, así como la de los otros planetas (ver capítulo inicial) los impactos meteoríticos habrían sido frecuentes, más que en nuestros días.

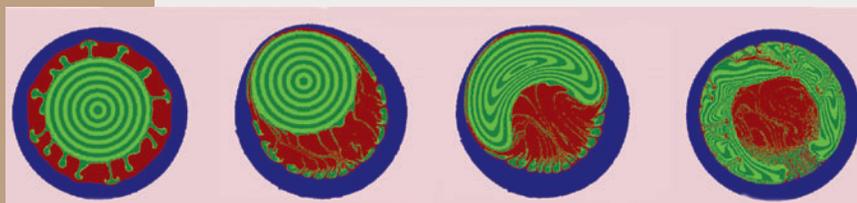


Figura 4.3. Se ha logrado reproducir con notable precisión las etapas que conllevaron a la formación del núcleo terrestre cuando la Tierra se encontraba en sus etapas iniciales de formación. En rojo se representa el material metálico segregado por el material fundido que daría origen al manto terrestre. Su colapso hacia el centro terrestre constituiría el núcleo de nuestro planeta. Este proceso se cree ha producido gran parte del calor inicial que la Tierra aún contiene y que elimina con efectividad en las dorsales centrooceánicas y arcos volcánicos.

La abrupta pérdida de altura (pérdida de energía potencial) y de velocidad (pérdida de energía cinética) asociadas al impacto de cuerpos extraterrestres contra la atmósfera y superficie, deben haber generado sustanciales cantidades iniciales de energía calórica (Figura 4.2).

Por otra parte, se supone que la formación del núcleo terrestre debe haber constituido otra gran “caída” cuya pérdida de energía potencial habría contribuido también a la generación de sustanciales cantidades de calor primigenio. Hemos visto, en el segundo capítulo, que el núcleo terrestre parece estar constituido por materiales metálicos, básicamente una aleación de hierro y níquel, dada las altas velocidades de las ondas sísmicas que transitan en su interior. Este material debe haberse segregado dentro del volumen terrestre y, dada su densidad, debe haber “caído” hacia el centro del planeta, aglutinándose y formando el núcleo. Esta pérdida de energía potencial de partículas metálicas, que luego formarían el núcleo, habría generado también cantidades iniciales apreciables de calor, que aún la Tierra libera en su superficie.

Lo que inicialmente fue una idea teórica, aquella de que la energía potencial de las partículas metálicas segregadas debiera transformarse en otro tipo de energía, particularmente la calórica, durante las etapas de formación del núcleo terrestre, ha comenzado a ser cuantificada a partir de nuevos modelos

de computadora. Estos modelos simulan las etapas iniciales de enfriamiento de la Tierra, cuando ésta se encontraba fundida. Así predicen que, durante el enfriamiento del material fundido que daría lugar al manto, se segregó por debajo del mismo un disco de material metálico. Al bajar paulatinamente la temperatura de este material fundido los compuestos metálicos habrían pasado a estado sólido acumulándose y presionando el interior terrestre aún en estado puramente líquido, debido a su mayor densidad, hasta desalojarlo (Figura 4.3). Este colapso de los materiales metálicos segregados hacia el interior del planeta formó, en pocos millones de años, el núcleo terrestre. Estos modelos permiten, también, predecir la evolución térmica de la Tierra durante las etapas de colapso del material metálico segregado (Figura 4.4). Estas predicciones muestran que, partiendo de un planeta frío, se logra producir un cuadro de altas temperaturas que surge de la transformación de energía potencial en calórica al “caer” partículas metálicas hacia el centro de la Tierra debido a su mayor densidad (Figura 4.4).

La Tierra desde el momento de su formación ha generado cantidades de calor a través de los múltiples impactos recibidos de cometas y meteoritos y

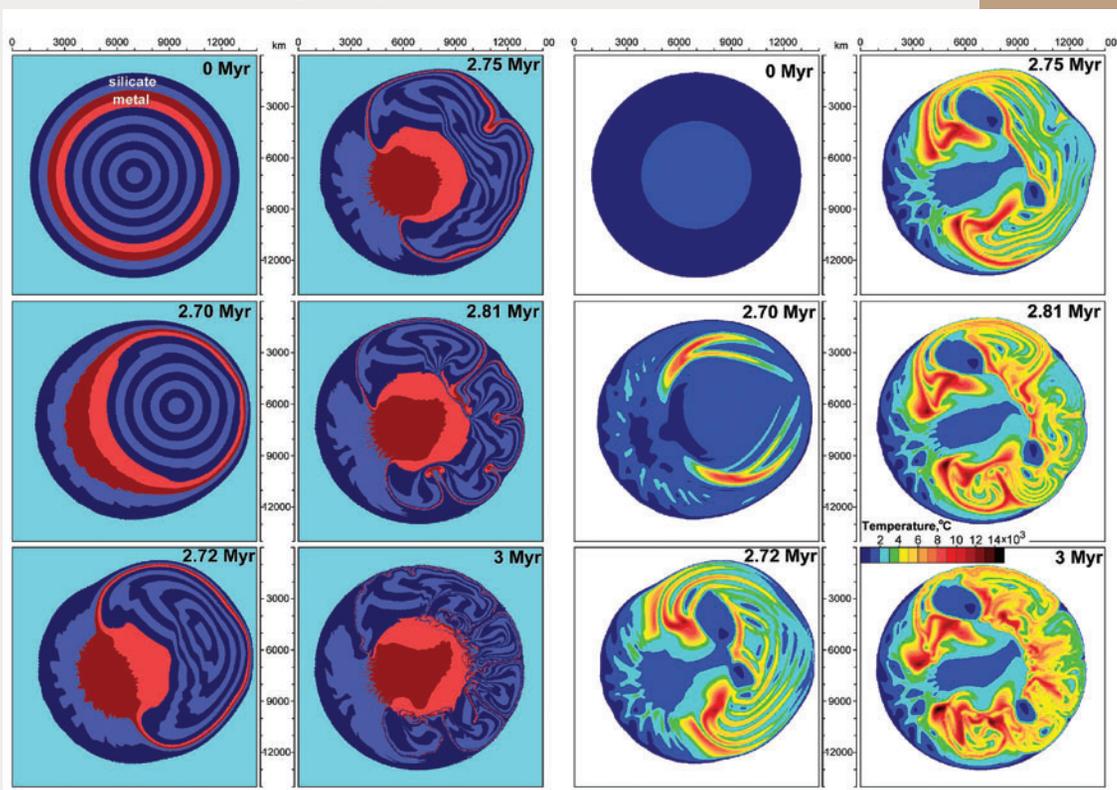


Figura 4.4. Paralelismo entre las etapas de formación del núcleo terrestre y la generación de calor en la Tierra. Los modelos de computadora muestran que, partiendo de una Tierra fría (colores azules en la escala de temperaturas), en tan sólo 3 millones de años, se puede arribar a una Tierra caliente (colores rojos) a través de la caída de los materiales más densos de la Tierra hacia su centro de rotación para formar al núcleo terrestre. Myr significa millones de años.

a través de la diferenciación de su núcleo metálico. Este calor aún modela su superficie provocando la formación de plumas, sistemas de rifts, abriendo océanos y empujando continentes que, en sus colisiones, se asocian a la formación de cordilleras.

4. Un viaje intrincado hacia la superficie

El calor interior terrestre no parece haber sido eliminado con facilidad desde el momento de almacenamiento en profundidad. Una prueba de ello es suministrada por los mapas de flujo de calor de la superficie terrestre (Figura 4.5).

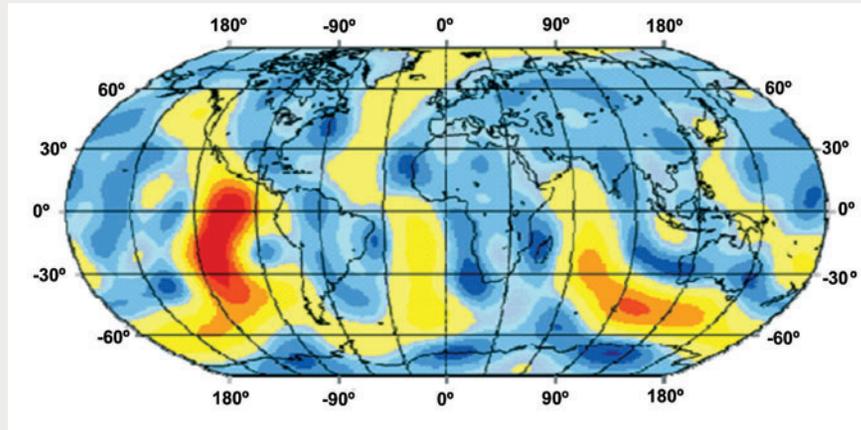


Figura 4.5. Mapa de flujo calórico en la Tierra. Nótese que este es particularmente alto en las dorsales centrooceánicas y particularmente bajo en las zonas de subducción y los interiores continentales.

Estos mapas muestran que los materiales que integran la superficie de la Tierra no parecen tener la misma capacidad para dejar escapar su calor interno. Mientras que los fondos oceánicos y, particularmente, las dorsales centrooceánicas, son eximios transmisores del calor, los continentes parecen ser altamente ineficientes (Figura 4.5). El hecho por el cual las dorsales centrooceánicas son sitios en los cuales existe un alto flujo calórico es esperable ya que allí hemos visto se producen fundidos debido a la descompresión del manto infrayacente. Sin embargo,

¿por qué existe un flujo calórico más alto en los fondos oceánicos lejanos a las dorsales que en los interiores continentales?

La explicación radica en sus composiciones. La corteza continental posee una composición muy diferente a la de los océanos ya que han sido formadas por procesos muy distintos. Mientras la corteza continental es el producto de la superposición de arcos volcánicos en el tiempo, cuyos minerales se transforman ante las condiciones de altas presiones y temperaturas acacidas en



Figura 4.6. Mecánicas de transmisión del calor en la naturaleza.

La radiación es la forma en la cual el calor se transmite en el vacío, por lo que se trata de la mecánica preponderante en la naturaleza. En la Tierra el calor interno se transmite a través de la mecánica de subducción en la astenósfera. Esta mecánica necesita de la existencia de un medio y no involucra movimiento de material. La convección es la mecánica preponderante de transmisión de calor a través de la astenósfera. Esta mecánica contempla el movimiento de material que es el que transporta consigo el calor. Las corrientes convectivas del manto transmiten el calor interno terrestre hacia la litosfera.

colisiones y zonas de subducción de corteza oceánica, la corteza oceánica está formada por el magma que emana de las dorsales. El resultado es que el material que compone la corteza continental es altamente ineficiente para conducir el calor que se produce o se ha producido en el interior terrestre, mientras que el material que integra la corteza oceánica es, relativamente, mejor conductor.

Algo que aprendemos a partir de esta discusión es que, aparentemente, el calor interno de la Tierra se transmite por conducción, al menos, en su parte más superficial.

¿Qué quiere decir que el calor se transmite?

Tomemos como ejemplo dos barras metálicas, una de acero y otra de aluminio, del mismo grosor y de la misma longitud. Calentemos uno de sus extremos a través de la misma fuente de calor. El calor transmitido a través de las dos barras metálicas tenderá a calentarlas en su totalidad pero a diferente velocidad. La barra de aluminio se calentará más rápidamente que la de acero, debido a que el aluminio es mejor conductor. En ambos casos la transmisión de calor de un extremo a otro se ha hecho sin necesidad de transferencia de material, el cual mantuvo su estado sólido.

5.- No, la Tierra no es un puchero

Un antiguo profesor de Introducción a la Geología insistía en que la Tierra se comportaba como un puchero. Este profesor quería ejemplificar que la fuente de calor terrestre podía ser homologada con la hornalla de una cocina y que el manto con el puchero en sí. El agua que conforma el puchero, al calentarse y dilatarse térmicamente en su superficie inferior por la cercanía que mantiene al fuego, pierde densidad y de esta manera asciende. Al ascender se enfría en la parte superior del puchero en contacto con el aire y, así, su agua se contrae térmicamente aumentando su densidad y volviendo a caer. Por ello el puchero, o cualquier líquido calentado desde su superficie inferior, experimenta una serie de remolinos o, dicho de una forma más técnica, experimenta convección (Figura 4.7) y, de esta manera, transmite calor hacia la superficie. Obsérvese que esta mecánica por la cual el calor se transfiere es muy distinta a la de la conducción que antes ejemplificamos, ya que aquí, sí el material se desplaza y consigo transmite el calor (Figura 4.6).

La analogía del puchero nos parecía (y debo admitir que aún parece) absoluta-

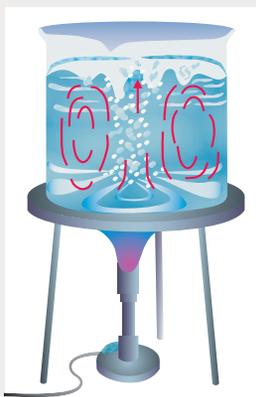


Figura 4.7. Para el desarrollo de corrientes convectivas en un fluido, necesitamos una fuente de calor inferior que produzca la dilatación del material, inmediatamente, ubicado por encima y, por lo tanto, la reducción de su densidad. El ascenso del mismo al adquirir flotabilidad lo transportará hacia condiciones en las cuales se enfríe y, progresivamente, adquiera una densidad mayor hasta hundirse y así sucesivamente.

Figura 4.7. Proceso de desarrollo de corrientes convectivas en un fluido

mente burda. Si bien la descripción de la dinámica del puchero por parte de ese profesor era impecable, la analogía no servía. La Tierra dista de comportarse como un puchero. El proceso de eliminación de su calor interno es más complicado.

Es verdad que la Tierra se cocina, desde las instancias iniciales de su formación, a fuego lento, hemos hablado ya de sus fuentes iniciales de calor. Es verdad también que las tomografías sísmicas que hemos analizado en el capítulo 2 muestran grandes penachos de material caliente que asciende hacia la superficie y zonas de subducción representando zonas frías que vuelven a sumergirse en el interior continental, hechos que apuntan a un modelo tipo “puchero” tal como el que le gustaba a nuestro profesor. Sin embargo hemos visto, a partir del mapa de la figura 4.5, que el cuadro heterogéneo de flujo calórico que la superficie terrestre posee, probablemente, refleje capacidades distintas de la corteza continental y oceánica de transmitir el calor.

Entonces, por una parte parece que el calor que se transmite en el interior terrestre lo hace por convección y por otra por conducción.

¿En qué quedamos?

La respuesta es sencilla: la parte más superficial de la Tierra, su litósfera, transmite el calor interno a través de una mecánica de conducción, mientras que la astenósfera lo hace por convección.

Entonces,

¿la astenósfera se encuentra en estado líquido, ya que habíamos visto que esta mecánica era típica de los líquidos?

Y la respuesta es no. En el capítulo 2 nos habíamos convencido de que las ondas sísmicas transversales se transmitían en la astenósfera y que sólo podían hacerlo a través de medios sólidos.

Entonces,

¿si la astenósfera es sólida cómo puede experimentar convección?

La única verdad es la realidad y dos observaciones en principio contradictorias deben tenerse en cuenta: la astenósfera se encuentra en estado sólido, la propagación efectiva de las ondas sísmicas transversales lo demuestran. Sólo se encuentra parcialmente fundida en las zonas, en las cuales, los fondos oceánicos se deshidratan en las zonas de subducción o las zonas en las cuales los continentes se fracturan en sistemas de rifts o las zonas en las cuales los fondos oceánicos se expanden en las dorsales centrooceánicas.

Por otra parte la astenósfera parece experimentar convección ya que existen zonas en las cuales ésta asciende y otras en las cuales desciende y las primeras se correlacionan con sitios, particularmente, cálidos mientras que la segundas con sitios fríos (Figura 4.8). Nuestra experiencia superficial nos indicaba que ese tipo de comportamiento sólo era posible en estado líquido.

¿Pero, qué pasaría con un medio sólido sometido a altísimas presiones y temperaturas?

Evidentemente, no tenemos un homólogo en la superficie con quien compararlo. No nos queda otra que aceptar que la astenósfera, si bien es sólida en su mayor parte, se comporta como un líquido experimentando convección.

¿Habrá nuestro profesor querido significar algo que se nos escapó con la metáfora del puchero?

Las formas en las cuales la astenósfera asciende y desciende al calentarse desde su borde inferior y enfriarse en contacto con la litósfera parece variar.

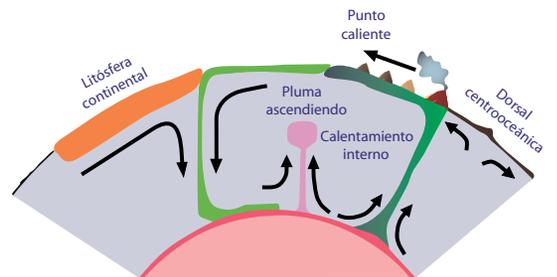


Figura 4.8. Las corrientes ascendentes dentro del sistema convectivo que involucra al manto en la Tierra están representadas por las plumas. Éstas pueden impactar a la litósfera tanto en el interior de una placa, como en una dorsal centrooceánica. Las corrientes descendentes pueden arrastrar consigo y succionar fondos oceánicos que se encuentran en proceso de subducción.

Segundo Acto

6. La máquina de producir calor

No todo el calor emitido desde la superficie terrestre se ha originado en los tiempos iniciales de solidificación de la Tierra o en las grandes crisis de impactos meteoríticos que sufrió el sistema solar. La Tierra contiene cantidades sustanciales de elementos radiactivos diseminados en su interior, particularmente, uranio, torio y potasio. Estos son inestables transformándose a través del tiempo en especies estables. Esta transformación está asociada a la emisión de partículas atómicas y a energía, parte de la cual, se encuentra en forma de calor (**Figura 4.9**). De esta manera, si bien parte del calor que la Tierra emite a través de su superficie se encuentra atrapada desde los estadios iniciales de la misma, otra parte se produce día a día. Mientras existan

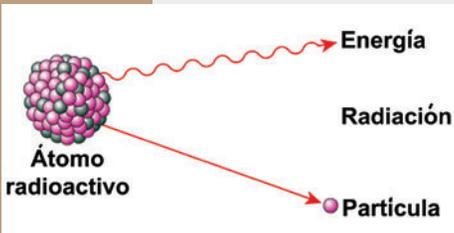


Figura 4.9. Transformación de los átomos radioactivos

Además de aquel calor primigenio heredado de las primeras fases de formación de la Tierra, existen dosis de calor producido segundo a segundo en la Tierra. Esta alberga en su interior cantidades apreciables de elementos químicos inestables que, con el tiempo, mutan en otros tipos. Estos son los átomos radiactivos que, en su transformación a otras especies atómicas, emiten energía entre la cual parte es calor. Los elementos radiactivos se han concentrado particularmente en la corteza continental al momento de su diferenciación. Sin embargo estas zonas se asocian al mínimo flujo calórico terrestre.

elementos radiactivos en el interior, se gestará calor radiactivo día a día.

La forma en la cual los elementos radiactivos se distribuyen en el interior terrestre es altamente inhomogénea. La producción de magmas en las zonas de subducción remueve con mucha facilidad los elementos radiactivos contenidos en el manto. Es por esto, que los arcos volcánicos que se desarrollan en las márgenes de los continentes enriquecen a los mismos en cantidades apreciables de elementos radiactivos. A medida que los continentes crecen sobre la faz de la Tierra con sucesivos agregados de magmas que alimentan arcos volcánicos, la corteza continental se enriquece en elementos radiactivos a expensas del manto infrayacente. Sin embargo, hemos visto, anteriormente, que los continentes se asocian a las zonas en las cuales el flujo calórico terrestre es mínimo. La explicación de este fenómeno radicaba en su mala capacidad para transmitir aquel calor que se emitía desde el interior de la Tierra.

¿Pero qué sucede con aquel calor que se produce por desintegración de elementos radiactivos en la misma corteza continental?

¿Por qué aún estando enriquecidos en estos elementos, los continentes son los sitios más fríos de la superficie terrestre?

La respuesta parece estar relacionada con los volúmenes que representan la corteza y el manto en la Tierra, respectivamente. Mientras que la corteza continental puede llegar en forma excepcional a los 60 a 70 kilómetros de espesor, teniendo en general unos 40 a 50 kilómetros, el manto posee más de 2.800 kilómetros de espesor. Por ello, a pesar de sus relativas contrastantes concentraciones de elementos radiactivos, los pocos elementos radiactivos que aún no han sido removidos del manto, son, en proporción, más que aquellos contenidos en la corteza terrestre. El relativamente alto flujo térmico medido en las superficies de los océanos representa, básicamente, aquella gran cantidad de elementos radiactivos diluidos en la enorme masa del manto terrestre.

7. El empujón de las dorsales

La producción de magmas por efecto de la descompresión a nivel de las dorsales centrooceánicas, así como la liberación de calor por desintegración de los elementos radiactivos del enorme volumen de roca que constituye el manto, conjuntamente con la buena conductividad calórica que presentan los materiales que integran los fondos oceánicos, hacen que estos sectores constituyan excelentes emisores del calor interno terrestre. El flujo calórico es máximo a nivel de las dorsales centrooceánicas, donde la producción de magmas transporta el calor directamente hacia la superficie y se va reduciendo hacia las costas. Cuanto más antigua es la corteza oceánica, o dicho de otro modo, cuanto más lejana es a la dorsal centrooceánica del océano en cuestión, el flujo calórico al cual se asocia es menor (**Figura 4.10**).

Analicemos qué implicancias posee el hecho de que el flujo térmico varíe lateralmente en una cuenca oceánica (**Figura 4.10**). Habíamos visto, en el capítulo 3, que las placas se desplazan sobre la astenósfera a expensas de un pequeño porcentaje de material fundido que ésta posee. De esa manera la astenósfera posee la capacidad de fluir, lentamente, mientras las placas, o la litósfera, navegan por encima. La definición que dimos en su momento fue bastante arbitraria. Sin embargo ahora estamos en condiciones de formular una definición más formal al respecto. Esa temperatura a la cual el manto se funde en una mínima fracción que permita el desacople de las placas por encima es la de 1.250°C. Dicho de otro modo, el tope de la astenósfera es la isoterma de 1.250°C. De esta manera, el pasaje de litósfera a astenósfera no es composicional, ya que tenemos manto en la base de la litósfera y la astenósfera se compone, enteramente, de ese material, sino que es térmico: A los 1.300°C estamos dentro de la astenósfera, mientras que a los 1.200°C aún no abandonamos la litósfera.

Donde el flujo térmico es máximo, las isotermas, que caracterizan las temperaturas a los diferentes niveles de rocas, se encontrarán más próximas entre sí y más cercanas a la superficie (**Figura 4.11**). A medida que el flujo térmico disminuye éstas se separan y localizan a más profundidad.

El resultado es que esa temperatura, a la cual el manto se funde parcialmente, la isoterma de 1.250°C, se encuentra más cercana a la superficie por debajo de las dorsales centrooceánicas a medida que nos alejamos de ellas (**Figura 4.11**).

Figura 4.10. Las dorsales centro-oceánicas y, en general, los fondos oceánicos, son los sitios en los cuales el calor interno de la Tierra se escapa hacia la superficie con más facilidad. El flujo calórico es máximo en la dorsal misma y disminuye progresiva y simétricamente hacia ambos lados a medida que la corteza oceánica es más antigua.

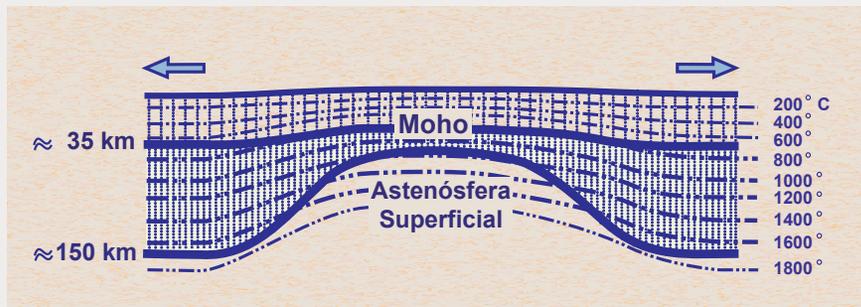
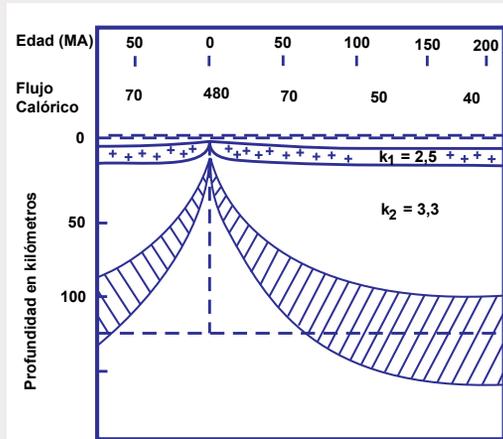


Figura 4.11. En una dorsal centrooceánica el máximo flujo térmico produce que las isotermas en profundidad se apelmacen entre sí y se desplacen hacia la superficie, mientras que en los sectores más lejanos a la misma, las isotermas se separan y profundizan.



Figura 4.12. La base de la litósfera correspondiente a la isoterma de los 1.250°C

La base de dicha litósfera constituye, en una cuenca oceánica, dos planos inclinados que divergen desde la zona de la dorsal centrooceánica hacia los bordes continentales. La base de la litósfera oceánica constituye un plano inclinado debido al variable flujo térmico que caracteriza a los fondos oceánicos, desde alto en las dorsales hacia las costas. De esta manera, además de la presión que ejercen los magmas bajo la dorsal y que produce la separación inicial de las placas, éstas resbalan por miles de kilómetros separándose una de otra. La fuerza de empuje de las dorsales, que es el motor inicial de la tectónica de placas, responde a la suma de estos dos procesos.

¿Qué implica este descubrimiento crucial?

Implica que la superficie a través de la cual se desacoplan las placas de la astenósfera por debajo de las cuencas oceánicas es un plano inclinado. Un plano inclinado lubricado con un mínimo porcentaje de material fundido del manto es la razón por la cual una placa limitada por una dorsal centrooceánica se aleja de ella y empuja al continente adyacente. Fuerte revelación: los fondos oceánicos resbalan y, en ese resbalón, empujan por delante a los continentes (Figura 4.12).

Los continentes se desplazan porque el flujo calórico varía en las cuencas oceánicas. Guarde por favor este concepto poderoso.

8. Zonas de subducción y flujo calórico

En esta sección necesitamos ponernos serios, más que en el resto del capítulo. Hemos analizado con cierto detalle la forma en la cual el flujo calórico varía en una cuenca oceánica y qué implicancias posee este fenómeno en relación al movimiento de las placas. Nos queda ahora por estudiar la forma en la cual el flujo calórico varía en una zona de subducción. Parte de una zona de subducción se comporta análogamente, en este sentido, a una dorsal centrooceánica: los arcos volcánicos son sitios en los cuales el magma generado por la fusión parcial del manto infrayacente transporta calor hacia la superficie. De esta forma el flujo calórico en un arco volcánico es máximo (Figura 4.13). Sin embargo la zona en la cual el fondo oceánico se hunde por debajo de la otra placa la situación es inversa. Allí los materiales fríos de la corteza oceánica (en realidad serán más o menos fríos dependiendo de la lejanía a dorsal que les diera origen) se sumergirán en el manto transportando sus relativamente bajas temperaturas hacia la astenósfera. De esta manera el manto circundante al fondo oceánico en proceso de subducción se enfría, inflexionándose hacia abajo las isotermas de la región (Figura 4.13).

La subducción es el mecanismo más eficaz para enfriar la base de los continentes. Cuando un continente no posee zonas de subducción adyacentes corre el peligro de sobrecalentarse debido a la mala capacidad de transmitir el calor que posee la corteza continental.

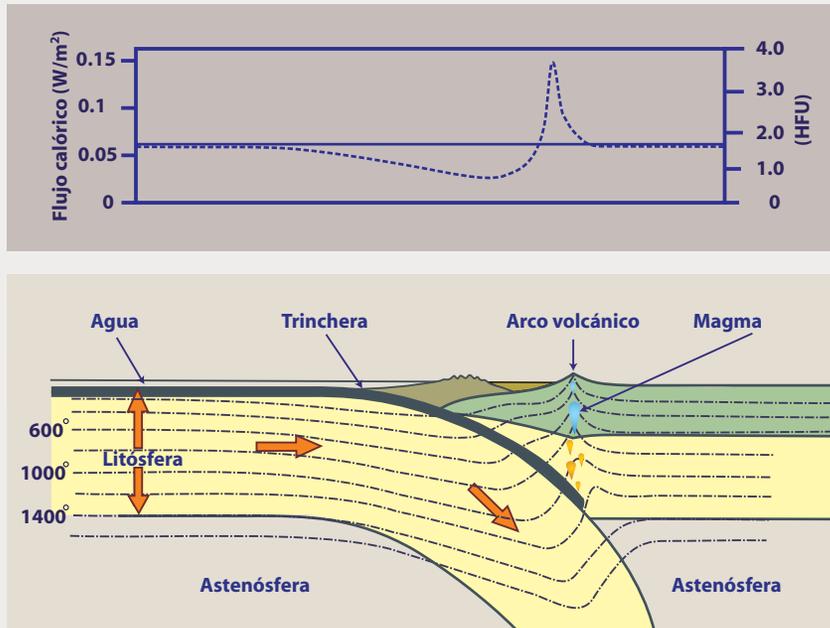


Figura 4.13. Los sitios en los cuales existen los cambios de flujo térmico más drásticos de la Tierra son los márgenes de subducción adyacentes a los arcos volcánicos. Mientras que el fondo oceánico se inyecta en el manto arrastrando consigo las bajas temperaturas superficiales, enfriando el interior terrestre, los arcos volcánicos son alimentados por magmas que arrastran consigo altas temperaturas del interior terrestre hacia la superficie.