

EL ORIGEN DE ISLANDIA

¿DORSAL + PLUMA?



**ROBERTO MIGUEL MEMBRILLA ROMERO
3º GRADO DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE GRANADA
CURSO 2013-2014**

ÍNDICE

A) <u>RESUMEN</u>	2
B) <u>INTRODUCCIÓN</u>	2
- Justificación	2
- Objetivos	2
C) <u>DESARROLLO</u>	3
1- INTRODUCCIÓN	3
- Situación geográfica y tectónica de Islandia	3
- La apertura del Atlántico Norte	4
- El surgimiento de Islandia	5
2- LA LITOSFERA DE ISLANDIA	5
- Estructura de la corteza	5
- Derretimiento del manto y reciclaje de la corteza	6
3- LA PLUMA DE ISLANDIA	7
- Introducción a las plumas mantélicas	7
- El caso de Islandia	7
- La traza de la pluma	8
4- RESULTADOS EN SUPERFICIE	9
5- CRÍTICAS AL MODELO DE PLUMA MANTÉLICA	10
- Contrarréplicas	11
6- CONCLUSIONES	11
7- BIBLIOGRAFÍA	12

A) RESUMEN

Islandia es la mayor isla volcánica del mundo y se trata del lugar en el que la dorsal mesoatlántica asoma a la superficie elevándose desde los 5000 m de profundidad de las llanuras abisales. Esto es debido a la confluencia de dicha dorsal con un punto caliente, el cual lleva millones de años “atado” a ella.

Las fuerzas extensivas de la dorsal continúan dividiendo Islandia y creando nueva corteza, con lo que la isla se va haciendo cada vez más grande. También le confieren sus características eruptivas propias, como fisuras de varias decenas de km de longitud desde las que brotan cortinas de lava de varios pisos de altura.

Los modelos numéricos llevan al menos un par de décadas apoyando la hipótesis de una pluma mantélica de origen profundo, sin embargo hay observaciones que contradicen las predicciones de dicho modelo. Por ejemplo, no existe una cadena lineal de volcanes submarinos de edades sucesivas como la dorsal asísmica Hawaii-Emperador, pero en su lugar está la dorsal asísmica Groenlandia-Faroe la cual es un abultamiento que reflejaría la traza del punto caliente, aún en ausencia de volcanes.

B) INTRODUCCIÓN

- JUSTIFICACIÓN

Islandia es desde hace años el uno de los ejemplos típicos de pluma mantélica de origen profundo, además de ser el modelo por excelencia de una pluma ligada a una. Sin embargo, su especial situación suscita muchas preguntas: ¿es la propia dorsal la que emerge a la superficie o es que la isla está atravesada por ella? ¿Es la unión de la dorsal y una pluma mantélica? Si es debida a un punto caliente, ¿existe una dorsal asísmica como la de Hawaii-Emperador? ¿Es un lugar único o existen más ejemplos de este tipo?

Actualmente existe cierto consenso científico sobre que su origen se debe a un punto caliente, aunque también hay evidencias de lo contrario, por lo que existe un gran número de autores que dudan de su existencia o directamente la niegan.

Y es precisamente esta negación de algo que es no sólo es ampliamente aceptado, sino que se utiliza como “modelo típico” lo que hace interesante este tema, ya que afecta directamente a uno de los cimientos más importantes de la geología moderna.

- OBJETIVOS

Este trabajo está hecho apoyando la teoría de una pluma mantélica bajo Islandia. Para ello se centrará principalmente en los aspectos tectónicos, tanto de Islandia como de las regiones adyacentes, que estén o pudieran estar relacionadas genéticamente con la isla. Se hará especial hincapié en aquellos que estén relacionados con la confluencia de la dorsal mesoatlántica y la pluma mantélica, así como aquellos que expliquen su origen y evolución y sus características generales.

Los aspectos geoquímicos se expondrán brevemente en la medida que sirvan de apoyo para las teorías e hipótesis sobre su tectónica, pero sin entrar en demasiado detalle.

También se mencionarán las características en superficie (rifts, fisuras, tipos de erupciones...) que sean resultado directo de su particular situación. Por último se mencionarán y se rebatirán algunas de esas observaciones e hipótesis que están en desacuerdo con la teoría de la pluma mantélica.

C) DESARROLLO

1- INTRODUCCIÓN

1.1- SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y TECTÓNICA DE ISLANDIA

Islandia se encuentra en el Océano Atlántico Norte, entre Groenlandia y Noruega, entre $63^{\circ}23'N$ - $66^{\circ}30'N$ y entre $13^{\circ}30'W$ - $24^{\circ}30'W$. Es una masa de tierra que forma parte una entidad mucho mayor situada en la unión de dos entidades mayores: la dorsal mesoatlántica y la dorsal asísmica Groenlandia-Islands Faroe (**figura 1**).

En este lugar se produce la interacción y mezcla del flujo astenosférico del límite de la placa del Atlántico NE con una pluma mantélica de origen profundo. El empuje de la pluma de Islandia provoca el levantamiento dinámico del plateau de Islandia y la gran productividad volcánica genera un engrosamiento de su corteza. Además, como se aprecia en la **figura 1**, el terreno cae abruptamente en los límites del plateau.

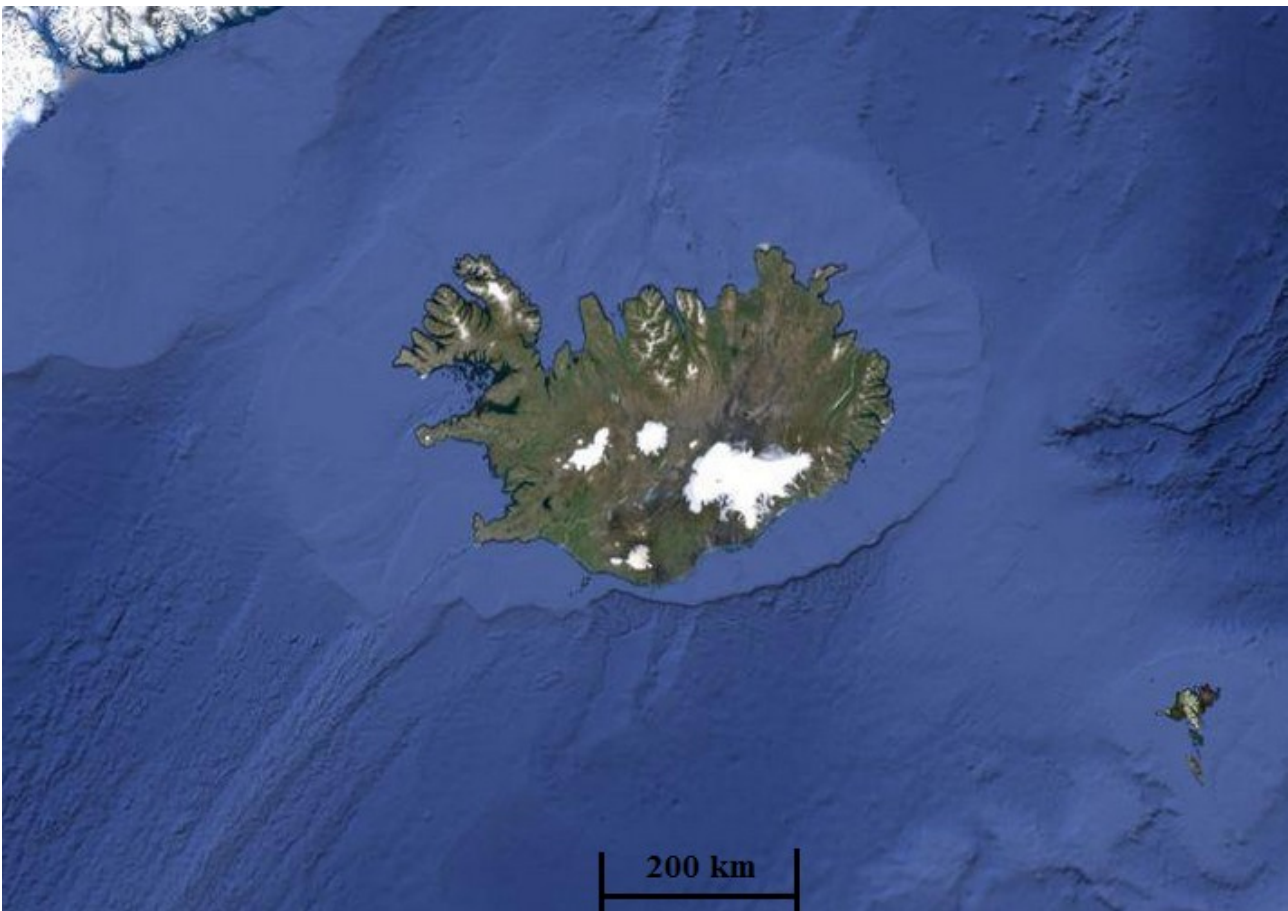


FIGURA 1. Imágen de satélite de Islandia superpuesta a un mapa del fondo oceánico obtenido por radar (*Google Maps*). Se observa el plateau de Islandia que rodea la isla y que se eleva desde el fondo oceánico por el empuje de la pluma mantélica. En la esquina superior izquierda está la costa de Groenlandia, en la esquina contraria las Islas Faroe y entre ambas (con Islandia en medio) se puede apreciar un abultamiento más o menos lineal, que correspondería a la dorsal asísmica producida por el punto caliente y la separación de las placas Norteamericana y Euroasiática. La dorsal mesoatlántica aparece desde la esquina inferior izquierda, atraviesa Islandia y sale por la parte superior central de la imagen (para una vista más general consultar la portada).

La traza de la pluma de Islandia está representada por la dorsal asísmica Groenlandia-Faroe (**figura 2**). Durante los últimos 60 M.a. Groenlandia, Eurasia y el límite de las placas han estado migrando hacia el NW a razón de 1-3 cm/a en relación a la pluma. Hoy, el canal de la pluma alcanza la litosfera bajo el glaciar Vatnajökull, a unos 240 km al SW del límite de placas.

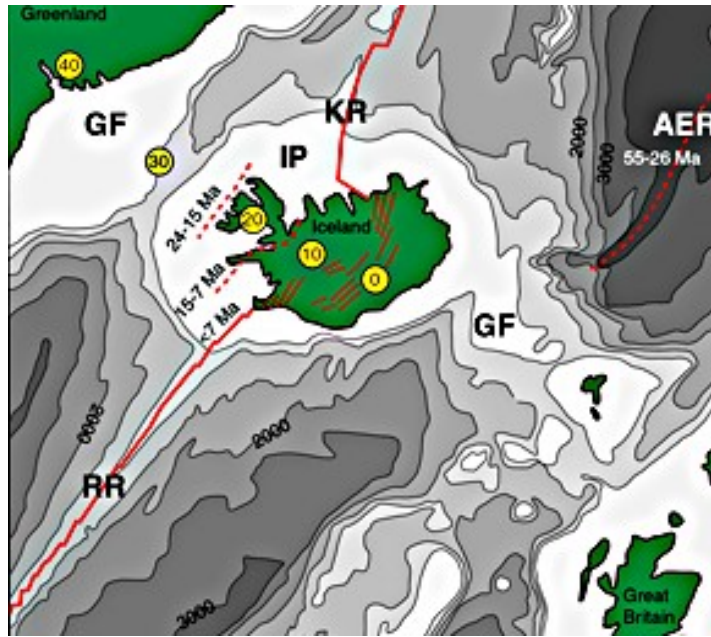


FIGURA 2. Batimetría del área alrededor de Islandia (los contornos van cada 500m). Los círculos amarillos indican la posición del punto caliente en M.a., el cual se ha ido desplazando desde Goenlandia hasta el SE de Islandia. Las líneas rojas continuas indican los centros de expansión activos y las discontinuas los inactivos. **RR:** Reykjanes Ridge; **KR:** Kolbeinsey Ridge; **AER:** Aegir Ridge; **IP:** Iceland Plateau; **GF:** Greenland, Faeroer Ridge (*Dr. Weisenberger website*).

Por su parte, las zonas de rift de Islandia se han ido desplazando poco a poco hacia el E para poder seguir ancladas a la pluma, conforme ésta se iba desplazando bajo Islandia (*Dr. Weisenberger website*).

1.2- LA APERTURA DEL ATLÁNTICO NORTE

El Atlántico Norte se formó en una región con una historia geológica muy compleja. Anterior a hace 500 M.a. los continentes de Laurentia y Báltica estaban separados por el océano Iapetus y estos a su vez, estaban separados del continente Avalonia. Alrededor de hace 420-410 M.a. el océano Iapetus se cerró y la sutura de las 2 placas generó la Orogenia Caledoniana (**figura 3**) que abarcaba Groenlandia, Escandinavia, Britania, Europa y Terranova.

Se piensa que los cratones que colisionaron tenían un espesor de 150-200 km y que por lo menos una longitud similar de la última losa en subducir pudo quedar atrapada a un alto ángulo en la litosfera bajo el cinturón colisional. Esta última losa sería joven (menos de 50 M.a.) y sería lo suficientemente caliente como para tener una flotabilidad neutra en la parte superior del manto, por ello no pudo seguir subduciendo y quedó atrapada allí.



FIGURA 3. Mapa de la orogenia caledoniana (*Slagstad et al, 2011*).

Las eclogitas se forman a medida que la corteza oceánica subduce, por tanto, su presencia en la zona de sutura (por ejemplo en las rocas exhumadas en la región de Western Gneiss de Noruega) sería la prueba de que esa losa quedó atrapada y que no toda la corteza se perdió por subducción. Más tarde, el cratón se volvería a separar por la misma zona de colisión hace unos 54 M.a. cuando se formó la dorsal mesoatlántica (MAR, por sus siglas en inglés).

La información anterior está extraída de *Foulguer & Anderson (2005)*, que incide en que el derretimiento y reciclado de la losa atrapada habría provisto de material suficiente y con una composición adecuada para explicar la formación de Islandia, por lo que no sería necesario la existencia de una pluma mantélica. Este trabajo, sin embargo, está hecho suponiendo que sí existe tal pluma y las pruebas a favor y en contra se discutirán más adelante.

1.3- EL SURGIMIENTO DE ISLANDIA

En el Terciario Inferior una pluma con una cabeza de más de 2000 km de diámetro se centró bajo Groenlandia produciendo un rifting y una ruptura continental. La acumulación de material en esta enorme cabeza se adscribe normalmente a la llegada de una nueva pluma, pero podría deberse a un incremento del flujo de una ya existente. La gran extensión se explicaría por un extenso periodo donde la litosfera continental taponó la salida de magma procedente de la pluma.

Con el tiempo, la acumulación de material en la cabeza de la pluma resultó en la formación de un domo en la litosfera y un extenso volcanismo basáltico y posteriormente se produjo la rotura continental, separación de placas y la formación de corteza oceánica entre 56-53.5 M.a.

La primera etapa de expansión oceánica tuvo lugar a lo largo de la dorsal Aegir (AER) ahora extinta (**figuras 2 y 1**), la cual se dobla hacia el W para unirse con la dorsal Reykjanes (RR) en el lado SW de la dorsal asísmica Groenlandia-Faroe (GF). El desplazamiento hacia el NW de Groenlandia hizo que el tallo de la pluma se colocase más cerca del margen continental occidental, produciendo otro episodio de rifting hace unos 36 M.a. que desgarró un microcontinente en el extremo E de Groenlandia. La consiguiente expansión oceánica ocurrió a lo largo de la nueva dorsal de Kolbeinsey (KR), paralela al eje de Aegir, lo que conllevó a su extinción hace 25 M.a.

En esta etapa, los segmentos del rift de Islandia se unieron más firmemente al tronco de la pluma. El límite de placa Reykjanes-Kobeinsey pasó sobre éste hace unos 20 M.a. y desde entonces se ha desplazado a unos 150-200 km al NW del eje de la pluma, que actualmente se encuentra bajo el glaciar Vatnajökull. Los segmentos del rift de Islandia, de 300-400 km de longitud han ido saltando repetidamente hacia el SE hace 24, 15, 7 y 3 M.a, como se aprecia en la **figura 2** (*Trønnes, Nordic Volcanologic Institute*).

2- LA LITOSFERA DE ISLANDIA

2.1- ESTRUCTURA DE LA CORTEZA

El Plateau de Islandia y la dorsal asísmica Groenlandia-Faroe son estructuras batimétricas muy visibles en el Atlántico Norte. La **figura 4** demuestra que estas áreas someras tienen un grosor cortical anormalmente alto, resultado de la producción de magma en la pluma.

La Moho bajo Islandia es sísmicamente difusa debido a la baja densidad de las ondas sísmicas en la parte superior del manto y las altas velocidades y densidad en la corteza inferior. Muchos de los recientes modelos, sin embargo, están de acuerdo en que el grosor de la corteza varía de 40 km bajo el glaciar Vatnajökull a 20 km de la Zona del Rift Norte (NRZ) y la Península de Reykjanes. Presumiblemente, el grosor de la corteza refleja un máximo de productividad volcánica sobre el eje de la pluma.

Los cálculos de rebote isostático provocado al retirarse el hielo dan una viscosidad al manto astenosférico de menos de 10^{19} Pa·s en *Sigmundsson, 1991* y entre $7 \cdot 10^{16}$ - $3 \cdot 10^{18}$ Pa·s en *Thoma & Wolf, 2001* para la zona del límite corteza-manto, lo que comparado con el promedio de viscosidad del manto superior, que es de $3 \cdot 10^{20}$ Pa·s reflejan la anomalía térmica de la pluma de Islandia (*Trønnes, Nordic Volcanologic Institute*).

Por otro lado, existe un fuerte contraste en cuanto al espesor cortical en el S y en el N de la isla, pues debido a la influencia de la pluma, la corteza bajo la dorsal Reykjanes tiene un espesor significativamente más alto que el promedio oceánico (8-11 km), el cual va decayendo hasta valores normales a los 1000 km del eje de la pluma.

No obstante, como se ve en las **figuras 1 y 2**, la dorsal de Reykjanes tiene una curiosa estructura en forma de V, la cual se cree que se debe a un aumento en la producción de material magmático mediante ciertos pulsos, debido a la influencia de la pluma. Una prueba es el mayor grosor (debido a un aumento entre 30-50°C en la temperatura de la dorsal, lo que crea más material y el hecho de que la forma en V no se observa en las anomalías magnéticas, sino sólo en los mapas de batimetría. Además, se han sugerido que existe una coincidencia en la edad de las dorsales con forma de V más pronunciada y los saltos de los rifts sobre Islandia (*Ruedas et al, 2007*).

2.2- DERRETIMIENTO DEL MANTO Y RECICLAJE DE LA CORTEZA

La columna ascendiente bajo Islandia se derrite como respuesta a la liberación de presión. Las correlaciones sistemáticas entre los elementos mayores y trazas y los ratios de isótopos radiogénicos (Sr-Nd-Hf-Pb-Os) demuestran que la fuente del manto es heterogénea.

La geoquímica de basaltos cerca de los segmentos de la dorsal, monte submarino Vesteris, el área de Jan Mayen y las sucesiones del Terciario Inferior de Groenlandia y las Islas Británicas indican que la parte superior del manto en la mayoría del Atlántico NE tiene las mismas características químicas que la actual fuente de la pluma de Islandia. Lo más probable es que la mayor parte del manto superior de este área fue suplantada por el manto inferior durante la acumulación de la cabeza de la pluma de Islandia en el Terciario Inferior y que el origen de esta heterogeneidad química se deba al reciclado de la litosfera subducida durante la orogenia caledoniana.

El derretimiento del manto se termina cuando a la fuente se le impide ascender más arriba por un límite mecánico (litosfera). Bajo Islandia, con una corteza engrosadísima, es probable que no haya manto litosférico. Es incluso posible que la fuente de ascenso bajo algunos de los sistemas volcánicos en el área del Vatnajökull proceda de un nivel más somero que la Moho, la cual se ha modelado geofísicamente a 35-40 km de profundidad.

Los magmas derivados del manto alcanzan los reservorios de magma de la corteza, donde pueden diferenciarse por combinación, cristalización fraccional y por asimilación de material de las paredes de los reservorios (*Trønnes, Nordic Volcanologic Institute*).

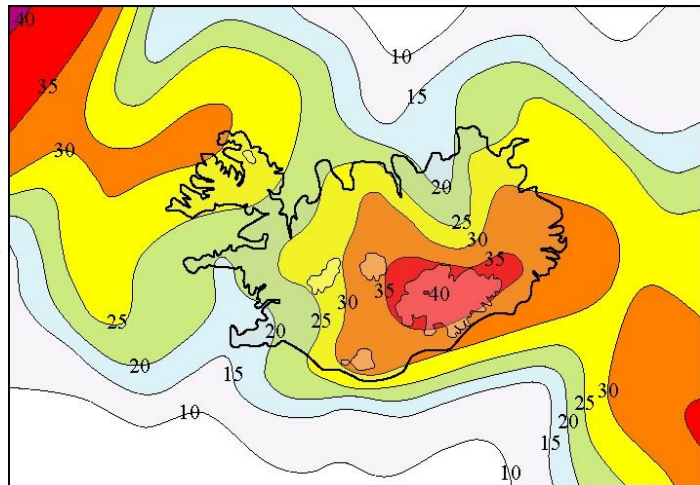


FIGURA 4. Mapa de espesor cortical en torno a Islandia simplificado de los datos de *Kaban et al, 2002*. Los contornos van cada 5 km y reflejan un máximo de 40 km bajo el glaciar Vanatjökull (*Trønnes, Nordic Volcanologic Institute*).

3- LA PLUMA DE ISLANDIA

3.1- INTRODUCCIÓN A LAS PLUMAS MANTÉLICAS

La plumas mantélicas son las madres de los flujos de basalto y de los mayores conjuntos de diques en la Tierra. Éstas dirigen los procesos tectónicos y los depósitos de menas. Su expresión en superficie, los puntos calientes de larga duración como los de Hawaii, Islandia y Yellowstone forman los marcos de referencia estacionarios sobre los que se mueven las placas tectónicas.

Aunque estos tres se consideran de origen profundo, otros son con certeza secundarios, producidos por un flujo sublitosférico que procede de cabezas de plumas mayores. Mientras que las dorsales se mueven unas respecto a otras, porque son producto de la convección que trata de enfriar el manto, los puntos calientes de origen profundo son el mecanismo de enfriamiento que tiene el núcleo externo líquido.

Las tomografías sísmicas mejoradas muestran que al menos algunas de las losas subducidas atraviesan todo el camino hasta la CMB (como la de Japón y Centroamérica, que son similares a la de Farallón en la **figura 5**) y también que existe una sorprendente baja velocidad y una heterogeneidad lateral en la delgada CMB, de unos 200 km de espesor. Esto genera una situación inestable que lidera el boyante ascenso de nuevas plumas, las cuales son demasiado pequeñas para verse claramente en imágenes de tal profundidad.

Los modelos de plumas en laboratorio desarrollan una columna viscosa que asciende coronada por una cabeza voluminosa. En la naturaleza, estas columnas son tan delgadas como 100 km de diámetro, mientras que las cabezas multiplican varias veces este tamaño. Cuando la cabeza alcanza la base de la litosfera comienza un drama geológico (*Thomson et al, 1998*).

3.2- EL CASO DE ISLANDIA

La **imagen 6** muestra la columna de la pluma de Islandia. La cabeza no aparece puesto que ya ha sido dispersada desde la pluma por el flujo ascendente a través y a lo largo del rift, tal y como aparece en esta modelación en 3D. La cabeza de la pluma está cientos de grados más calientes que el manto que le rodea, se esparce lateralmente bajo la litosfera, incorpora material de alrededor y eleva fuertemente una región de 1000 km de diámetro produciendo un bulto topográfico de 1 km sobre el fondo marino.

El fundido por descompresión en y alrededor de la cabeza de la pluma puede producir inmensas cantidades de magma rápidamente, generando enormes conjuntos de diques y erupciones de flujo basáltico, los cuales alcanzan normalmente varios millones de km³.

7

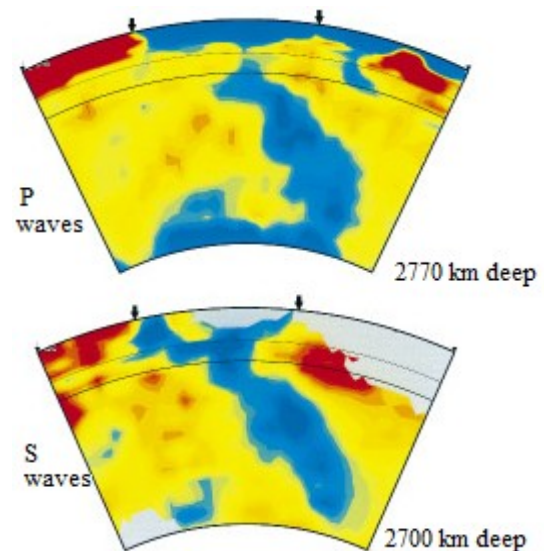


FIGURA 5. Imágenes de tomografía sísmica de la laja subducida de Farallón en una sección a través de Norteamérica. Los colores azules indican una velocidad menor y por tanto, regiones más frías (en *Thomson, 1998*). La losa de Farallon fue una placa que empezó a subducir bajo Norteamérica hace unos 100 M.a y cuyas reminiscencias son las placas de Juan de Fuca, Explorer y Gorda (*Schmid et al, 2002*).

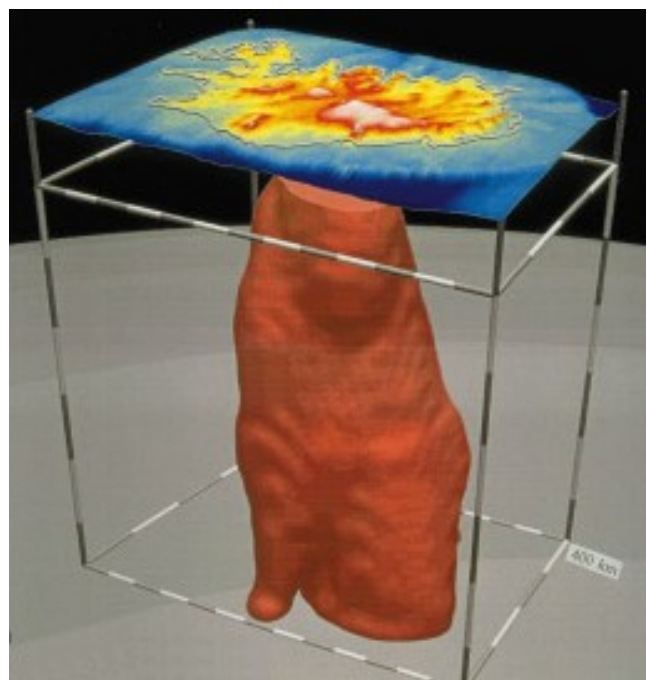


FIGURA 6. Imagen de tomografía sísmica de la pluma de Islandia, sobre una profundidad de 400 km (*Thomson et al, 1998*).

La raíz de la pluma, se localiza en una zona convectiva en ascenso durante decenas o cientos de M.a. que produce una traza de volcanes como la dorsal asísmica de Hawaii-Emperador (Thomson *et al*, 1998), sin embargo, hay que recordar que no existe una cadena de volcanes con edades sucesivas como ocurre con la dorsal asísmica Hawaii-Emperador (Lawver & Müller, 1994) lo que es usado como una de las razones principales para negar la existencia de una pluma bajo Islandia (Foulguer, 2004 y Foulguer & Anderson, 2005) o directamente para negar la existencia de plumas mantélicas (Hamilton, 2003).

No obstante, la ausencia de una cadena de volcanes podría explicarse debido a que durante la mayor parte del Terciario, el punto caliente se encontraba bajo Groenlandia, donde la gruesa capa de hielo sólo permite acceder a los afloramientos que están cerca de la costa.

- La traza de la Pluma

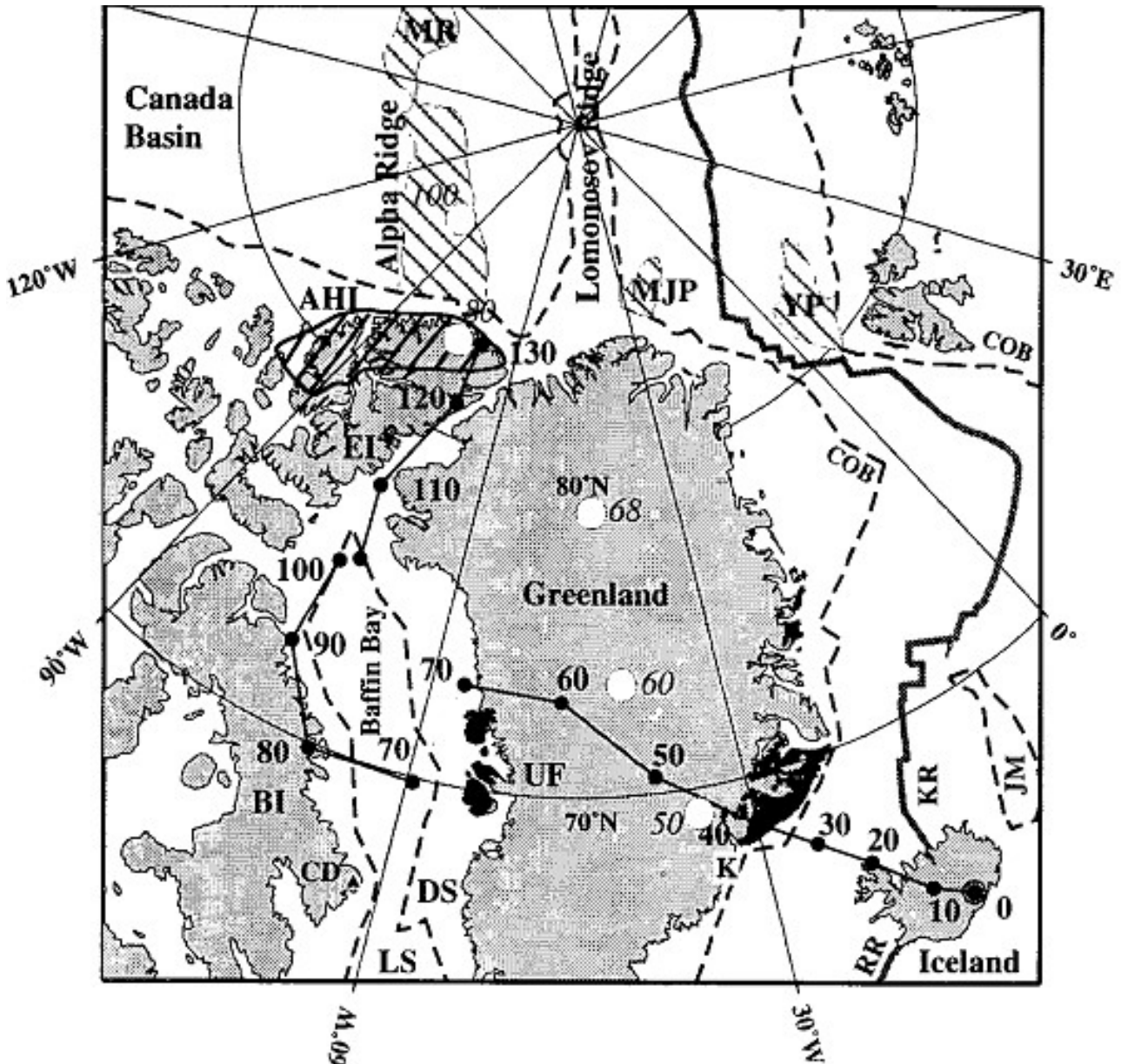


FIGURA 7. Mapa que ilustra la traza de la pluma de Islandia, sintetizada a partir de los datos de los movimientos de las placas. Los puntos negros indican la edad y el lugar donde se situaba la pluma en M.a. Los puntos blancos indican las posiciones propuestas por Forsyth *et al*, 1984. AHI, Axel Heiberg Island; BI, Baffin Island; CD Cape Dyer; DS, Davis Strait; EI, Ellesmere Island; JM, Jan Mayem; K, Kangerlusuaq; KR, Kolbeinsey Ridge; LS, Labrador Sea; MJP, Morris Jessop Plateau; MR, Mendeleev Ridge; RR, Reykjanes Ridge; UF, Umanak Fjord; YP, Yermak Plateau (Lawver & Müller, 1994).

Puesto que no hay afloramientos, la traza de la pluma (**figura 7**) a través de Groenlandia se ha calculado mediante los movimientos relativos de las placas, lo que ha dado diferentes caminos según varios autores.

De cualquier modo, el punto caliente parece haber estado situado bajo la costa E de Groenlandia hace 40 M.a. y sobre la costa W hace 60 M.a. Igualmente estos datos concuerdan con los exámenes geoquímicos de las rocas volcánicas de ambos lugares (sombreados en negro en la **imagen 7**).

Se han dibujado 2 localizaciones diferentes para el punto caliente hace 70 y también para hace 100 M.a., lo que se explica por la apertura del Mar del Labrador, que separó la Isla de Baffin y la Isla de Ellesmere (respectivamente) de la costa W de Groenlandia.

Hace 130 M.a. el margen N de Ellesmere Island (opuesto a la dorsal Alfa, **AR**) podría haber estado sobre el punto caliente y la dorsal Alfa podría haber surgido gracias al punto caliente, de manera similar a como se ha formado Islandia. Los diferentes caminos propuestos para la traza parecen indicar ciertas discrepancias a partir de los 100 M.a., puesto que este modelo está restringido sólo por otros dos diferentes. Esto podría suponer que la dorsal Alfa fue generada por un punto caliente diferente, pero si fuese consecuencia del mismo punto caliente que hoy está bajo Islandia, significaría que éste debe ser al menos el doble de antiguo que la dorsal mesoatlántica.

La localización actual de la pluma, a 240 km al SE del límite de las placas Norteamericana y Eurasiática implica que éste no ha sido atrapado por la dorsal y que ésta continua su deriva hacia el NW sin haberse visto alterada por el punto caliente (*Lawver & Müller, 1994*).

4- RESULTADOS EN SUPERFICIE

Como se mostró en la **figura 2**, la dorsal mesoatlántica entra en Islandia por el SW y la cruza para salir nuevamente por el N justo en el centro de la isla. En la **figura 8** podemos observar el lugar preciso en el que la dorsal toca tierra y emerge a la superficie. En este punto, las mismas fuerzas que separan Norteamérica de Europa están actuando separando la isla en dos y creando nueva corteza. De hecho, el Dr. Polland se encuentra en suelo oceánico (a pesar de estar en tierra firme) y podemos apreciar al fondo los bloques de tierra que indican las diferentes placas tectónicas (a la derecha Norteamérica y a la izquierda Eurasia).

El hecho de que la dorsal atraviese la isla provoca en ella numerosas grietas de varios km de longitud, como las del Valle de Thingvillir (**figura 9**), las cuales se van haciendo más grandes con el paso del tiempo. Sin embargo, estas grietas no se dedican simplemente a crecer.



FIGURA 8. Fotografía del Dr. Mike Polland en el lugar exacto en el que la dorsal mesoatlántica emerge a la superficie. A la derecha está la placa Norteamericana y a la izquierda de la imagen la placa Eurasiática. La presencia del científico nos sirve como escala (*Así se hizo la Tierra: Islandia, 2008*).



FIGURA 9. Una de las numerosas grietas que recorren el Valle de Thingvillir. Este es el resultado de las fuerzas extensivas provocadas por la dorsal mesoatlántica (*Así se hizo la Tierra: Islandia, 2008*).



FIGURA 10. Par de imágenes que muestran la erupción de fisura del volcán Heckla en 2002. Estas erupciones forman auténticos muros de lava de hasta varias decenas km de longitud que llegan a inundar todo el paisaje con lava (*Así se hizo la Tierra: Islandia, 2008*).

En Islandia existen varios tipos de volcanes como los típicos volcanes de escudo, producidos por lavas basálticas. Sin embargo, las erupciones más espectaculares son sin duda a las erupciones de fisura, como las de la **figura 10**. Éstas concretamente corresponden a la erupción del volcán Heckla el cual está recorrido por una fisura de 8 km de longitud (**figura 11**). En 2002, la erupción no se limitó sólo al volcán, sino que la tierra se abrió a lo largo de toda la grieta expulsando 21.200 millones de litros por hora de magma (*Así se hizo la Tierra: Islandia, 2008*).



FIGURA 11. Fotografía del cono volcánico del Heckla, el cual no es un simple cono, sino que está dividido en dos por una fisura que continúa hasta 8 km de longitud atravesando varios volcanes, la cual genera erupciones de fisura (*Así se hizo la Tierra: Islandia, 2008*).

5- CRÍTICAS AL MODELO DE PLUMA MANTÉLICA

Los detractores de la pluma bajo Islandia basan sus afirmaciones en que este concepto está casi siempre empleado como una asunción a priori y es el marco desde el que se interpretan los nuevos datos. Sin embargo, muchas de las observaciones en Islandia no coinciden con las predicciones del modelo de pluma mantélica. Lejos de abandonarlo, los autores adaptan el modelo para ajustarse a los nuevos datos, lo que le resta credibilidad. Algunos de los parámetros que no se ajustan son:

1- En el momento de la ruptura del supercontinente Laurasia, se dio lugar un vulcanismo en el Terciario en áreas muy localizadas al W de Groenlandia y al N de Britania. Esto se atribuye a un flujo lateral que se extendió 1000 km desde la pluma, lo que es una hipótesis propuesta y modelizada numéricamente para otros puntos calientes. El problema es que en este caso, el flujo debe estar demasiado confinado a unas pocas y estrechas direcciones.

2- No existe una progresión de volcanes de edades sucesivas, como en el caso de Hawaii-Emperador, que señale la trayectoria de un punto caliente que se encontrara hace 60 M.a. en el W Groenlandia y que ahora estaría bajo Islandia.

3- Islandia ocupa el lugar donde el cabalgamiento frontal de la sutura caledoniana cruza desde Groenlandia hasta Britania. Esto es una simple coincidencia según la hipótesis de la pluma.

4- Hay pocas evidencias en la zona de Islandia de una anomalía térmica que debería ser de 200°C. Las anomalías detectadas apenas son de 30°-50°C o incluso podrían ser cero.

5- Las tomografías sísmicas (como se puede ver en la **figura 6**) encuentran una anomalía de baja velocidad que no pasa más allá de la zona de transición del manto. Esto no se trata de un artefacto debido a la pérdida de resolución a partir de los 400 km, puesto que la pérdida significativa de resolución comienza en el manto medio-inferior.

6- Las anomalías en cuanto a la gruesa corteza bajo Islandia, su alta densidad y su geoquímica podría explicarse debido a una porción de corteza caledoniana que quedó atrapada en el manto superior y que posteriormente se fundió y dio lugar al elevado vulcanismo de la isla (*Foulger & Anderson, 2005*)

5.1- CONTRARRÉPLICAS

Generalmente, los autores que rechazan la idea de la pluma mantélica proponen soluciones que implican únicamente a causas en el manto superior. Por ejemplo, *King & Anderson, (1995)* sugiere que la Provincia Ígnea del Atlántico Norte no se debe a la cabeza de una pluma, sino a una fuerte convección dirigida por el gran contraste lateral de temperaturas entre el antiguo cratón de Groenlandia y la zona de rifting.

Y más recientemente, *Foulger & Anderson (2005)* y *Foulger et al (2005)* sugieren que las anomalías geoquímicas y el exceso de producción se deben a un pedazo de litosfera oceánica que quedó atrapada en el manto superior al final de la orogenia Caleidoniana, que era demasiado caliente como para seguir subduciendo y que como ya puntualizamos antes, habría dado lugar a los afloramientos de eclogitas.

Sin embargo, no está claro si la eclogita es lo suficientemente estable como para permanecer los 410 M.a. que han pasado desde ése proceso. Y tampoco son capaces de explicar cual sería la fuente de ese calor que debería derretir ése pedazo de litosfera atrapada, que además debe superar la pérdida de calor latente.

Más aún, los modelos que están de acuerdo con la hipótesis de la pluma están apoyados por décadas de modelos numéricos, cosa de la que los detractores carecen (*Ruedas et al, 2007*).

6- CONCLUSIONES

- La singular geología de Islandia se debe a la confluencia de la dorsal mesoatlántica con un punto caliente, el cual se encuentra actualmente a 240 km al SW del límite de las placas.
- Alrededor de Islandia existe un plateau, el cual es la expresión del abombamiento producido por la cabeza de la pluma.
- De NW a SE hay otro abultamiento que corresponde a la dorsal asísmica Groenlandia-Faroe, la cual marca la traza de la pluma a lo largo del tiempo, a pesar de que no hay volcanes. Esto podría deberse a que durante la mayor parte de su historia, el punto caliente se encontraba bajo Groenlandia, donde el hielo cubre cualquier afloramiento
- Islandia se encuentra surcada por diferentes rifts, de edades sucesivas, los cuales han ido saltando hacia el E a medida que el punto caliente se desplazaba bajo la isla desde su aparición hace unos 25 M.a.
- La cabeza de la pluma está 1000°C más caliente que el material que la rodea, produciendo un abultamiento de 1 km sobre el fondo marino (el plateau de Islandia).
- Las tomografías, que alcanzan los 400 km muestran una columna caliente de unos 100 km de diámetro justo bajo Islandia. La cabeza no aparece porque ya ha sido dispersada.
- Como no hay una cadena de volcanes que atestigüe la traza del punto caliente, ésta se ha modelado según los movimientos relativos entre placas y analizando la composición de las rocas volcánicas, obteniéndose un patrón que explica la rotura y forma de Groenlandia y sus islas adyacentes. Sin embargo, se obtienen 2 trayectorias diferentes a partir de 70 M.a.

- La dorsal mesoatlántica toca tierra al SW de la isla en forma de rift, cuyos bordes son respectivamente la placa Norteamericana y la Eurasiática
- El empuje de la dorsal y del punto caliente ha sembrado la superficie de grietas, tanto los diferentes rifts mencionados, como como fisuras de hasta 15-20 km de longitud que atraviesan incluso volcanes y de las cuales brotan cortinas de lava de varios pisos de altura y que recorren toda su longitud.
- Aunque existen ciertas incoherencias con el modelo clásico de pluma mantélica, o unas explicaciones alternativas a los procesos que operan en Islandia, estos no están satisfactoriamente explicados ni han sido modelizados numéricamente (como sí lo están los modelos que apoyan dicha teoría).

7- **BIBLIOGRAFÍA**

- *Así se hizo la Tierra: Islandia* (2008). Prod. por Pionner Tv para History. A&E Television Networks. Temporada 1, capítulo 11.
- Foulger, G. R. & Anderson, D. L. (2005): *A cool model for the Iceland hotspot*. Journal of Volcanology and Geothermal Research v 141, pp 1–22.
- Hamilton, W.B. (2003): *An alternative Earth*. GSA Today, november 2003, pp 4-12.
- Lawver, L.A. & Müller, R.D. (1994): *Iceland hotspot track*. Geology v 22, pp 311-314.
- Ruedas, T., Marquart, G. & Schmeling, H. (2007): *Iceland: the current picture of a ridge-centred mantle plume*. Mantle plumes – A multidisciplinary Approach. Ed. Ritter & Christensen, pp 71-126
- Schmid, C. et al (2002): *Fate of the Cenozoic Farallon slab from a comparison of kinematic thermal modeling with tomographic images*. Earth and Planetary Science Letters 204 (2002) 17-32.
http://www.earth.northwestern.edu/research/suzan/publications/24_Schmid_et_al_EPSL_2002.pdf
- Slagstad, T., Davidsen B., & Daly, J. S. (2011): *Age and composition of crystalline basement rocks on the Norwegian continental margin: offshore extension and continuity of the Caledonian–Appalachian orogenic belt*. Journal of the Geological Society, 168, 1167-1185.
<http://jgs.lyellcollection.org/content/168/5/1167/F2.large.jpg>
- Thomson, G.A. (1998): *Deep mantle plumes and geoscience vision*. GSA Today, April 1998, p 17-25. <http://www.geosociety.org/gsatoday/archive/8/4/pdf/i1052-5173-8-4-17.pdf>
- Trønnes, R.G.: *Geology and geodynamics of Iceland*. Nordic volcanological Institute, University of Iceland. <https://notendur.hi.is/oi/Pdf%20reprint%20library/Geology%20and%20geodynamics%20of%20Iceland.pdf>
- Weisenberger, T. (Universidad de Oulu, Finlandia): *Introduction to the geology of Iceland*. <http://www.tobias-weisenberger.de/6Iceland.html>