



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

campus



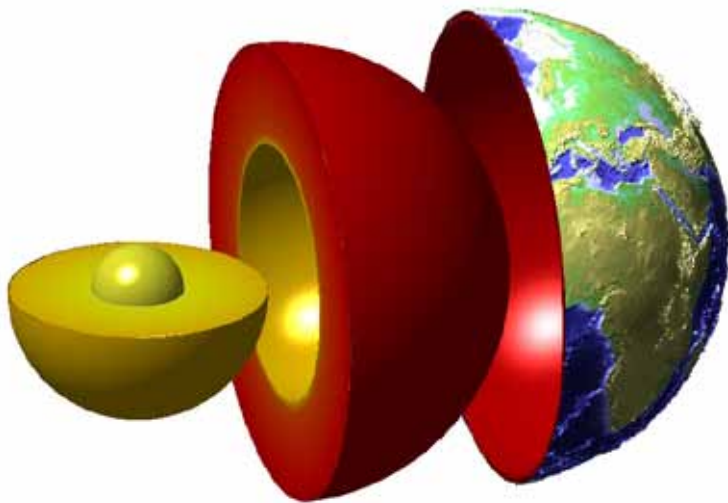
red.escubre

Boletín de noticias científicas y culturales

Publicación Quincenal

Del 30 de septiembre al 14 de octubre de 2013

n° 18



El núcleo interno de la Tierra: un rompecabezas enigmático en la parte más inaccesible de nuestro planeta

Situado a más de 5000 kms. por debajo de nuestros pies el núcleo interno de la Tierra es el lugar más remoto de nuestro planeta. Mirar hacia su interior resulta más complicado que salir al espacio. Hay naves que viajan a cientos de millones de kilómetros de la Tierra, pero el pozo más profundo que se ha perforado no alcanza los 12 km (Kola, Rusia). De hecho no sólo no tenemos muestras del núcleo, sino que no tenemos ninguna expectativa de obtenerlas. En cubrir este vacío trabajan los componentes del grupo de investigación de Sismicidad, Sismotectónica y Riesgo Sísmico, del Departamento de Geofísica y Meteorología de la Universidad Complutense.

Contenido

Ciencias

Sensores electroquímicos que mejoran nuestra calidad de vida **2**

Neuroarquitectura de la emoción musical **6**

Salud

Cómo se desarrolla una "boca artificial": un modelo de biofilm bacteriano invitro **8**

La leche materna: de la esterilidad a un microbioma complejo **11**

Medio Ambiente

El núcleo interno de la Tierra: un rompecabezas enigmático en la parte más inaccesible de nuestro planeta **13**

Cultura

Exposición en la Biblioteca Histórica: Cárceles, fantasías arquitectónicas y otras obras tempranas de G. B. Piranesi **17**

Cárceles, fantasías arquitectónicas y otras obras tempranas de G. B. Piranesi

Desde el 2 de setiembre al 15 de octubre podrá visitarse en la Biblioteca Histórica Cárceles, fantasías arquitectónicas y otras obras tempranas de Giambattista Piranesi, exposición que pretende dar a conocer en la comunidad universitaria las obras de Giambattista Piranesi (1720-1780) que custodia la Biblioteca Histórica, una colección excepcionalmente rica y completa que reúne casi toda su producción artística, y que, sin duda, constituye el corazón de su Gabinete de Estampas.



El núcleo interno de la Tierra: un rompecabezas enigmático en la parte más inaccesible de nuestro planeta.

Situado a más de 5000 kms. por debajo de nuestros pies el núcleo interno de la Tierra es el lugar más remoto de nuestro planeta. Debido a estas circunstancias, aspectos fundamentales de esta pequeña esfera sólida, como su composición química, estructura cristalina y anisotropía, son todavía controvertidos o poco entendidos. En el **Departamento de Geofísica y Meteorología** de la Universidad **Complutense**, los investigadores del **grupo de investigación de Sismicidad, Sismotectónica y Riesgo sísmico**, han conseguido relacionar la información contenida en miles de tiempos de llegada de ondas sísmicas con los modelos de mecánica cuántica para los cristales del hierro, el principal componente del núcleo terrestre. La metodología adoptada ha

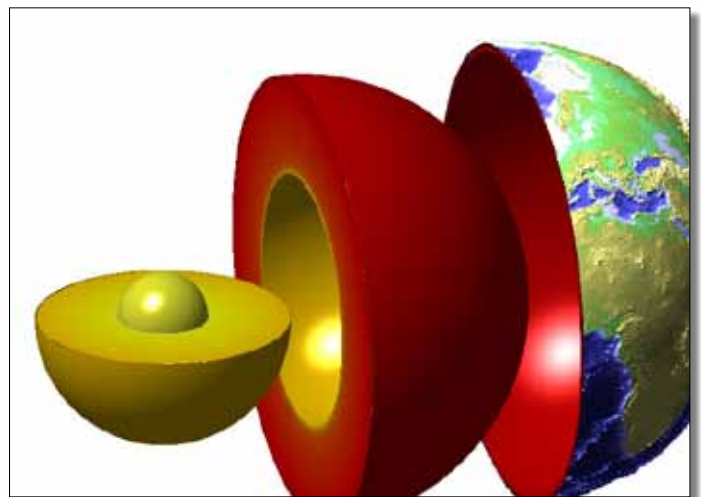
El núcleo interno terrestre está formado principalmente por hierro cristalino

sido bastante prometedora, ya que vincula la física de los minerales directamente con la sismología, y proporciona una manera de reconciliar resultados dispares, permitiendo construir una imagen coherente de la parte más inaccesible de la Tierra.

Las naves espaciales alcanzan planetas en el espacio que están a cientos de millones de kilómetros de la Tierra, pero el pozo más profundo que se ha perforado no alcanza los 12 km (Kola, Rusia) por debajo de la superficie terrestre. Mirar hacia el interior de la Tierra resulta mucho más complicado

que salir al espacio. De hecho no sólo no tenemos muestras del núcleo, sino que no tenemos ninguna expectativa de obtenerlas.

Sin embargo el estudio del núcleo terrestre resulta de fundamental importancia por distintas razones: permite entender la generación del campo geomagnético cuya formación contempla un mecanismo de dínamo entre el núcleo externo líquido



y el interno sólido. Contiene información sobre la historia de acreción del planeta. La composición del núcleo y sus propiedades térmicas son parámetros geoquímicos cruciales para el entendimiento de la evolución y la dinámica actual de nuestro planeta. El núcleo interno comenzó a cristalizar dentro del núcleo externo líquido hace más de mil millones de años, conforme la Tierra se enfriaba. Desde entonces ha crecido hasta su tamaño actual, cerca de **1220 kilómetros de radio**, y continúa solidificándose y creciendo a un ritmo de 0,5 mm por año, aproximadamente. Las condiciones de temperatura y presión en el centro del planeta son extremas, **más de 6000 K y cerca de 3,5 millones de atmósferas**. Actualmente se estima que el núcleo te-

restre genera una energía correspondiente a 6-14 TW, algo equivalente a la energía producida por unas 3500 plantas nucleares. Cerca de un 20% de ese calor llega a disiparse en la superficie terrestre. Desde el descubrimiento del núcleo interno de la Tierra, por parte de la sismóloga danesa **Inge Lehmann** (1) en 1936, la idea de que el hierro (en adelante, Fe) fuera el componente principal del núcleo tuvo firme evidencia debido a las observaciones

El núcleo terrestre genera una energía equivalente a 3500 plantas nucleares

cosmoquímicas y geoquímicas, los datos sísmicos, la teoría de geomagnetismo y los estudios a alta presión.

Un fuerte apoyo a la idea del núcleo de Fe viene de las razonables coincidencias entre las velocidades del sonido y la densidad del núcleo, deducidas sismológicamente y de los valores experimentales medidos de hierro puro por compresión estático y dinámico. Además, de los datos cosmoquímicos y de los estudios de meteoritos de Fe se encontró que el núcleo de la

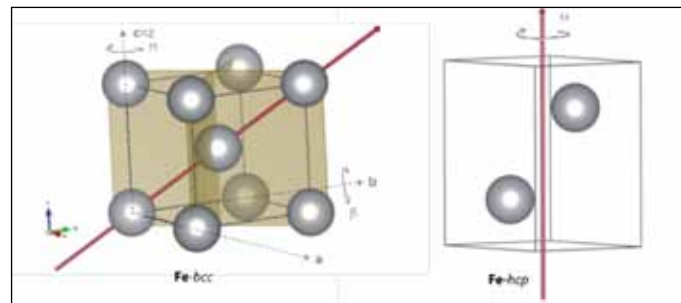


Figura 2: Las dos fases cristalinas del Fe (cúbica centrada en el cuerpo, Fe-bcc y hexagonal compacta, Fe-hcp) más estable en las extremas condiciones del núcleo interno, según los más recientes cálculos de primeros principios (2,3). Al rotar ($\alpha=45^\circ$ y $\beta= \cos^{-1} 1/\sqrt{3}^\circ$) la fase Fe-bcc de forma que su eje de máxima velocidad (el vector en rojo) se alinee con el eje de rotación terrestre, se obtiene el modelo isótropo transverso Fe - bcc.

Tierra contiene cantidades significativas (5 a 15%) de níquel. Por tanto, se conoce que el núcleo interno está **formado principalmente por Fe cristalino**, pero la disposición exacta del arreglo atómico es incierta, y sigue siendo un rompecabezas enigmático en la parte más inaccesible de nuestro planeta. Las observaciones más directas del núcleo provienen de estudios sismológicos mediante técnicas remoto-sensitivas (figura 1), y nos proporcionan información bastante detallada sobre la **anisotropía sísmica** del núcleo sólido. Sabemos, por ejemplo, que las ondas sísmicas que muestrean el núcleo pasando por direcciones polares viajan un 3% más rápido respecto a aquellas que se desplazan paralelamente al plano ecuatorial. También, se ha evidenciado una clara **dicotomía** (2) **entre los dos hemisferios**, siendo el este mucho más rápido y heterogéneo que el oeste. Mientras que las ondas sísmicas nos dan información sobre la densidad del núcleo interno y su elasticidad, no distinguen la disposición exacta de los distintos cristales de Fe (figura 2) que parecen ser los principales responsables de la anisotropía sísmica.

Las condiciones extremas de presión y temperatura del centro de la Tierra hacen que sea muy difícil de replicar en el laboratorio, y los **cálculos de mecánica cuántica** de las propiedades físicas del Fe en esas condiciones siguen siendo el mejor enfoque. Teniendo en cuenta que no hay métodos directos

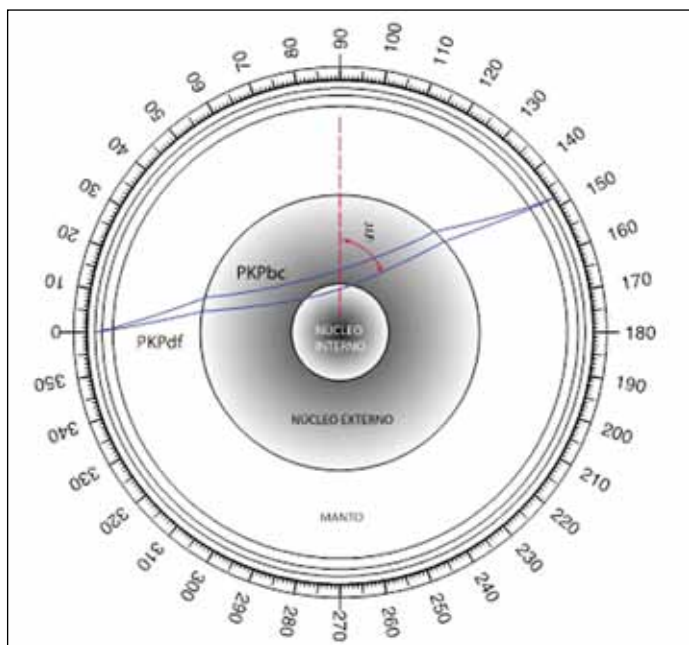


Figura 1: Recorrido de las ondas sísmicas PKP(bc,df) para un terremoto originado a 200 km de profundidad. Calculando la diferencia en los tiempos de llegada de estas dos ondas es posible alcanzar información necesaria para el estudio del núcleo interno.

para medir la velocidad del sonido de los materiales en las condiciones del centro de la Tierra, uno de los principales objetivos de los científicos ha sido evaluar las propiedades elásticas de las aleaciones basadas en Fe a elevadas presiones y temperaturas. La dinámica molecular de estos sistemas ha permitido un estudio sistemático de las propiedades físicas de los materiales potenciales del núcleo en condiciones elevadas, incluyendo parámetros térmicos y elásticos que son de gran interés para la geofísica (2).

En un reciente estudio, liderado por el Prof. **Maurizio Mattesini** (3) del **Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I** de la **Facultad de Ciencias Físicas** de la **Universidad Complutense**, se ha demostrado que las diferencias observadas en más de 1000 eventos sísmicos, con las ondas que pasan a través de diferentes partes del núcleo sólido, son debidas a modificaciones en la estructura cristalina de Fe y a sus distintas orientaciones. Se construye así una imagen concreta de un núcleo interno heterogéneo, con variaciones en la estructura y la mezcla de materiales, que es mayor en el lado oriental que en el occidental. Las razones de estas diferencias en los dos hemisferios es incierta, pero una explicación que parece prevaler es que, tras el último gran impacto de un asteroide, el núcleo interno sufrió un impulso responsable de una continua deriva del material nuclear hacia el este. De esta forma, el lado frontal está continuamente en fusión mientras que el lado posterior se va cristalizando gradualmente, manteniendo así el centro de gravedad de la esfera.

El nuevo modelo de propagación de las ondas sísmicas que permite explicar este movimiento de masa en el núcleo interno, se llama **envolto-**

rio de caramelo (figura 3). La elección de este nombre no ha sido casual, ya que el nuevo patrón de velocidad se parece mucho al de un envoltorio de caramelo clásico, en donde una parte central redonda separa a los dos característicos extremos ligeramente enroscados. Además, considerando un envoltorio de papel común con un espesor de 0,2

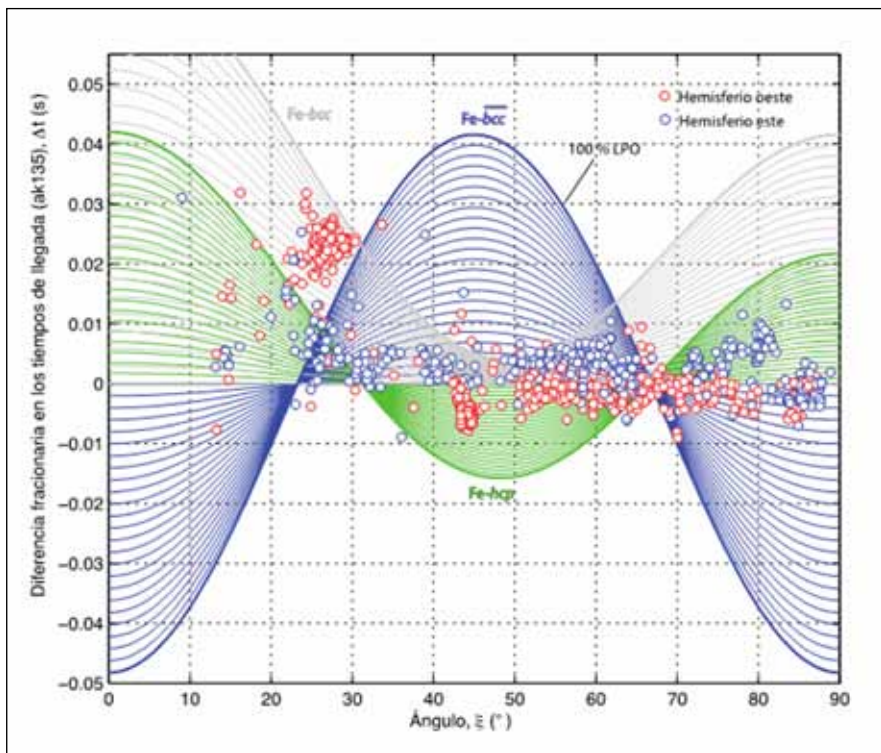


Figura 3: El nuevo modelo de velocidad de propagación de las ondas sísmicas (V_p) para el núcleo interno denominado envoltorio de caramelo(3). Los círculos representan los datos sísmicos observados, mientras que la intensidad de las líneas continuas indica el grado de alineación (LPO) en los distintos policristales del Fe.

mm que envuelve a un caramelo de diámetro de 0,5 cm, la razón entre estos dos tamaños corresponde exactamente (en porcentaje, 8%) al espesor de la capa exterior del núcleo interno muestreada por las ondas sísmicas. Por tanto, este curioso nombre tiene una relación muy concreta y directa con la forma del modelo de velocidad y también con la profundidad de muestreo del núcleo interno por parte de las ondas sísmicas.

Los resultados alcanzados por los investigadores de la Universidad **Complutense** apuntan a un núcleo interno constituido por una enredada estructura

cristalina de estilo mosaico, en la que parches aislados de diferentes tipos de cristales de Fe constituyen el anisótropo hemisferio oeste, mientras que un conglomerado casi indistinguible de cristales de Fe moldea la muy poco anisótropa parte este. Además, con el nuevo modelo de velocidad se ha podido asignar una precisa distribución y orientación de los cristales del Fe en los primeros 350 km de profundidad del núcleo interno, siguiendo un característico patrón de distribución de temperatura originado por convección térmica en el núcleo externo.

Recientemente, algunos medios de información como la **BBC News** (4) ya se han hecho eco de estos innovadores resultados publicados el pasado junio 2013 en el **Scientific Reports** (3), la nueva revista en abierto del grupo **Nature**.

Maurizio Mattesini

Departamento de Física de la Tierra, Astronomía
y Astrofísica I.
Universidad Complutense de Madrid & Instituto de
Geociencias (UCM-CSIC),
Facultad de Ciencias Físicas, Madrid.

Bibliografía

- 1.-Lehmann I (1936) P, (Publications du Bureau Central International de la Séismologie, Toulouse, France), A14, 87.
- 2.-Mattesini M, Belonoshko AB, Buforn E, Ramírez M, Simak SI, Udías A, Mao HK, Ahuja R (2010) Hemispherical anisotropic patterns of the Earth's inner core. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 107, 9507.
- 3.-Mattesini M, Belonoshko AB, Tkalčić H, Buforn E, Udías A, Ahuja R (2013) Candy Wrapper for the Earth's Inner Core. Sci. Rep. 3, 2096.
- 4.-<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-23180271>

red.escubre

Boletín de noticias científicas y culturales

Si desea recibir este boletín en su correo electrónico envíe un mensaje a gprensa@rect.ucm.es