

El campo magnético de la Tierra

Aida Orea Helguera

Como otros cuerpos del Sistema Solar, la Tierra tiene un campo magnético, cuyo origen parece estar en su interior generado por las corrientes del núcleo interno. La componente mas importante de este campo es como la de un dipolo, como el de un imán de barra; sin embargo, el dipolo que mejor aproxima el campo que observamos no se encuentra en el centro de nuestro planeta sino desplazado de él 486 km en la dirección 6.5°N , 161.8°E . El eje magnético está inclinado alrededor de 11.5° respecto al eje de rotación terrestre; es decir, los polos magnéticos difieren ligeramente de los polos geográficos. Actualmente el norte geográfico corresponde al sur magnético y viceversa.

Para describir al campo se usan dos ángulos: la declinación que es la variación respecto al norte geográfico, que depende del lugar y fue observada por primer vez por los chinos; y la inclinación que es la variación con respecto a la horizontal y fue descubierta en 1544. El campo es más intenso cerca de los polos, alrededor de 0.630 gauss, que en el ecuador, 0.315 gauss, y presenta variaciones en muy diversas escalas de tiempo, desde décimas de segundos asociadas a variaciones en el Sol, hasta de millones de años como las inversiones de polaridad. Las causas de las variaciones pueden ser muy distintas: por ejemplo, tormentas magnéticas (variaciones accidentales) o la electrización de las capas superiores de la ionosfera por rayos solares (diurnas). Otras características de la evolución temporal del campo son: su deriva hacia el oeste, las zonas de campo inverso (en relación con el campo dipolar), las excursiones magnéticas y las inversiones polares.

Como ya hemos dicho se presume que el origen del campo geomagnético se encuentra en el núcleo terrestre; sin embargo, las altas temperaturas del interior de nuestro planeta impiden a cualquier material conservar sus propiedades magnéticas, por eso las características magnéticas de Tierra no son sólo como las de un imán gigante.

El núcleo terrestre es una esfera de fluido metálico con radio de 3,485 km, que constituye la sexta parte del volumen y la tercera de la masa

total de la Tierra; pero hacia el centro tiene una esfera sólida llamada núcleo interno con radio de 1,220 km. Su densidad no es uniforme, aumenta hacia el interior con un valor máximo 12 g/cm^3 mientras que en la parte más externa, la frontera con el manto, tiene 9 g/cm^3 . Los principales componentes del núcleo son el hierro y el níquel aunque también se encuentran cobre, azufre y oxígeno. La temperatura alcanza $5\ 800^\circ\text{C}$ y la presión más de un millón de atmósferas. El fluido que rodea al núcleo interno se mueve a una velocidad de 90 m/día y podría ser el responsable del origen del campo vía las corrientes de material altamente ionizado.

Uno de los cambios que el campo geomagnético experimenta en el tiempo, es un ligero movimiento de deriva hacia el oeste cuyo origen está aún a discusión.

Que el campo sea dipolar implica que cada uno de sus hemisferios tiene la misma polaridad; sin embargo, en ambos se observan zonas (manchas) de campo inverso con evolución temporal. Se piensa que las manchas podrían seguir un patrón general en cuanto al lugar de su origen, el aumento en su tamaño y su desplazamiento: se originan cerca de Indonesia y avanzan hacia el oeste a 0.3 grados de longitud por año. En el sur de África su intensidad aumenta considerablemente y su velocidad disminuye a 0.1 grados por año hacia el sur.

Sin duda, la característica más impresionante del campo es la inversión de polaridad de la cual sabemos gracias a los registros históricos conservados en lavas volcánicas, sedimentos marinos, o en los hielos de los polos. En 1906 Bernard Brunhes fue el primero en sugerir la posibilidad de una inversión de campo pero hasta 1960 se tuvo evidencia contundente gracias al registro de lavas africanas hecho por J. S. B. Van Zijl y sus colaboradores. Posteriormente se encontró evidencia de 9 inversiones más ocurridas en los últimos 3.6 millones de años, la más reciente hace 730,000 años documentada por J. Hillhouse y A. Cox en el Lago Tecota en California.

Evidentemente el campo no se invierte instantáneamente, se calcula que el 98% del tiempo es estable (dipolo) y sólo es inestable el 2% restante. En general antes de una inversión el campo decae en intensidad durante unos 1000 años, si embargo hay evidencia de periodos de debilitamiento a los cuales no sigue una inversión. Se han

propuesto varias teorías acerca del origen y comportamiento de las inversiones de polaridad, pero no todos los registros estudiados se comportan igual y cada uno de ellos le da validez a una teoría diferente. Los registros indican la variación en la posición de los polos magnéticos en el tiempo. A estos viajes del polo que no culminan en una inversión se les llama excursiones magnéticas; en ellas el polo puede alejarse tanto de su posición original que incluso cambia de hemisferio (sin que esto implique una inversión). Una explicación para las curvas obtenidas en los registros puede ser no sólo el movimiento del polo sino además el cambio de posición de los continentes, del cual también existe evidencia.

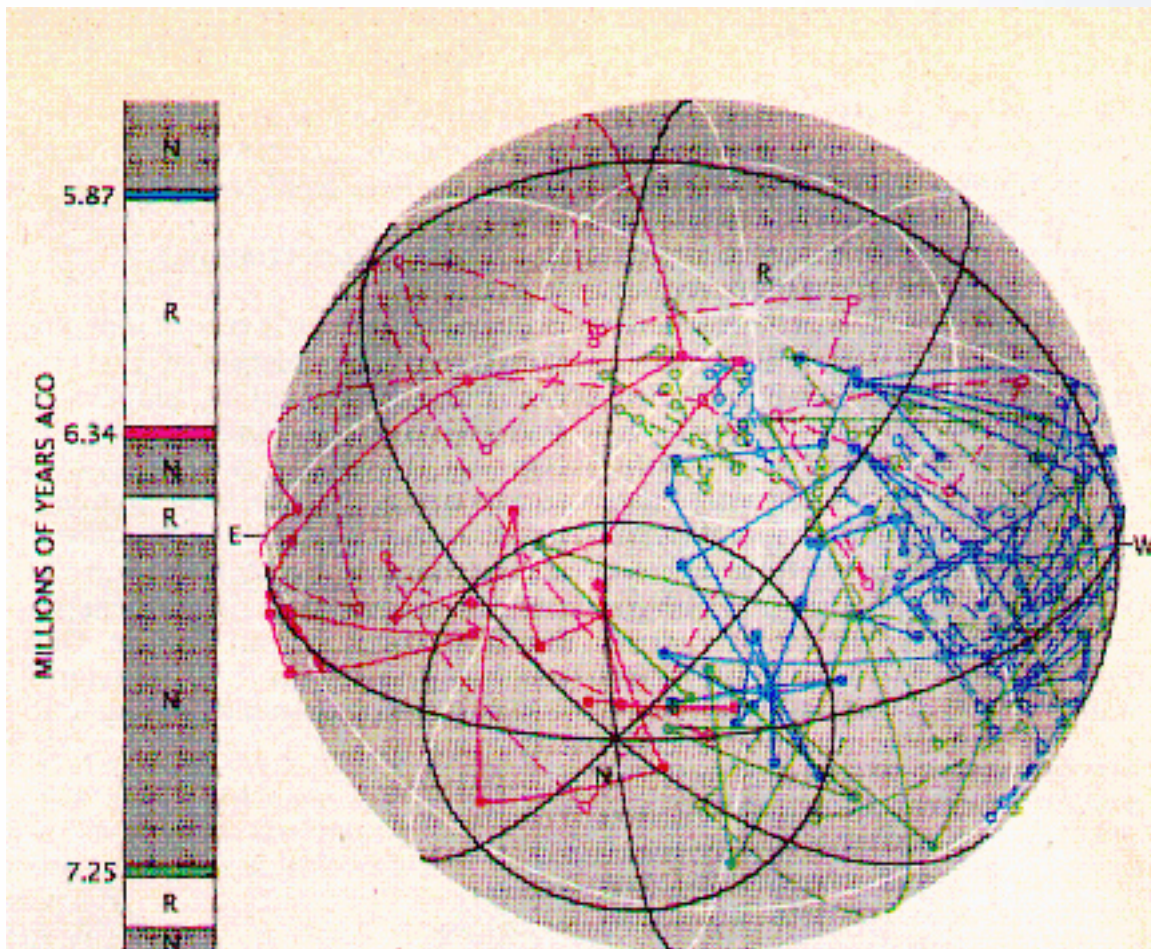


Figura 1. Seguimiento de los polos magnéticos con base en los registros de los sedimentos de Creta. Cada color indica las variaciones en distintas épocas. La más antigua, la verde, es una inversión reversa-

normal al igual que la mas joven (azul); la rosa es una inversión normal-reversa que data de 6.34 millones de años.

Finalmente, el campo magnético protege a la Tierra del plasma del viento solar, interacciona con él y desvía las partículas evitando que lleguen a la superficie terrestre. Es debido al viento solar que el campo terrestre queda confinado a una región de espacio llamada magnetosfera, que se extiende 10 radios terrestres del lado día y más de 100 del lado noche.

Quizá la propiedad más importante del campo geomagnético es que brinda un sistema de referencia natural tanto espacial como temporal del que queda huella en diversos lugares de la Tierra.

Imagen:

Hoffman K.A., Ancient Magnetic Reversals: Clues to the Geodynamo , en Scientific American, vol. 258, núm. 5, pp. 50-50, mayo, 1988