

Magnetismo Terrestre y Solar

Historia de sus Descubrimientos

MANUEL PALOMARES CASADO
Doctor en Física y Meteorólogo

ANTES DEL SIGLO XX

LA Tierra en que vivimos es un enorme imán, y la estrella que nos da vida -nuestro sol- es un imán mucho mayor, así que todo el mundo planetario que nos rodea está continuamente atravesado por sus campos magnéticos.

Pues bien, el campo magnético terrestre atrajo la atención hace ya siglos. Pero fue el mineralogista egipcio Baylak quien hizo la primera mención explícita del uso de las agujas imantadas entre los marinos árabes, lo cual había comprobado personalmente durante un viaje realizado en 1242 por el mar de Siria. Así, estas primeras y rudimentarias brújulas eran agujas de hierro dulce que se hacían flotar sobre pedacitos de madera en superficies de agua, de manera que cuando se les acercaban piedras magnéticas giraban, y cuando se apartaban estas piedras las agujas, al quedar imantadas temporalmente, tomaban la dirección norte-sur.

Sin embargo, se venía observando que las agujas magnéticas no señalaban exactamente hacia el norte geográfico, y fue Cristóbal Colón, durante su primer viaje transoceánico, en 1492, quien descubrió la declinación magnética, o ángulo entre las direcciones de los meridianos magnético y geográfico, obteniendo el primer registro de observaciones de esa declinación.

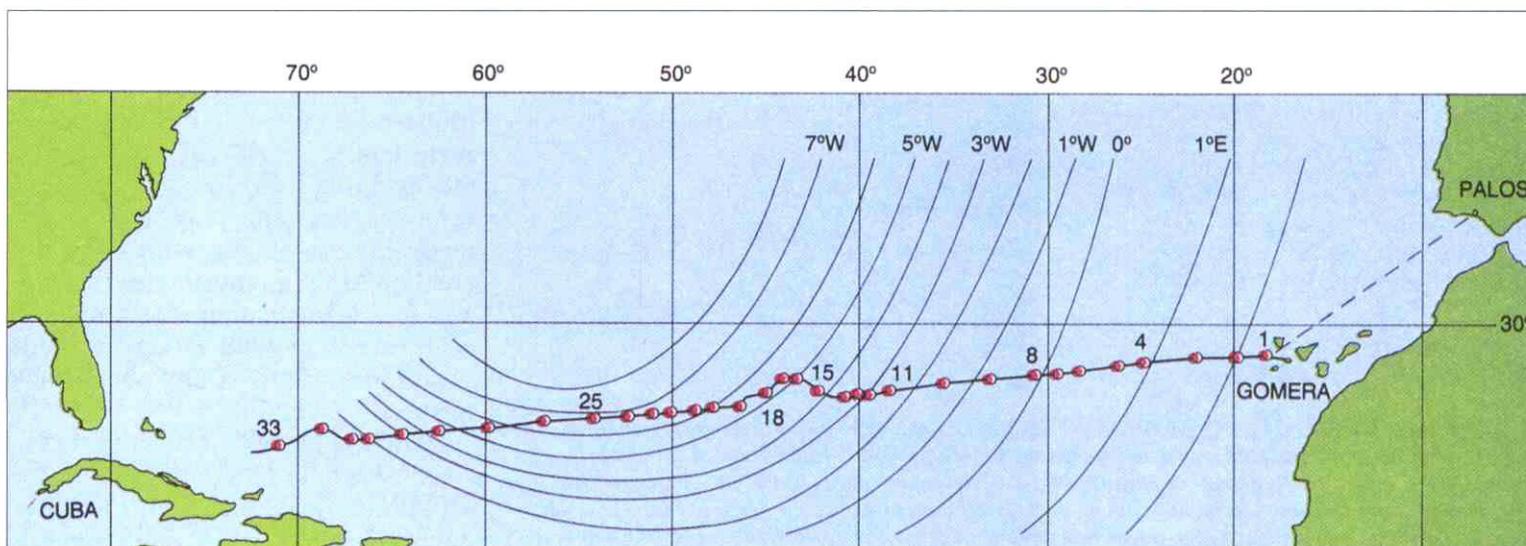
Poco después, G. Hartmann y R. Norman descubrieron de modo independiente las inclinaciones magnéticas -por no ser paralelas a la superficie de la Tierra las líneas de inducción del campo geomagnético- y sus variaciones geográficas. Luego, en 1546, Mercator había dibujado un mapa con estas variaciones, y en 1585 W. Borrough precisó la definición de meridiano magnético e indicó un método para medir las declinaciones.

Al entrar en el siglo XVII, W. Gilbert recopiló todas las ideas

conocidas acerca del magnetismo, empezando por las muy antiguas de Pedro de Maricourt el cual había escrito sobre las analogías entre la piedra imán y la imagen del cielo. Gilbert veía en la Tierra el imán más perfecto, de cuya naturaleza participaban todos los imanes naturales, y en su célebre obra "De Magnete" describía la imanación por influencia que explicaría la existencia de estos imanes inducidos por la Tierra durante largos períodos de tiempo. Sin embargo, Grandamy rectificó esta concepción demostrando que la "virtud magnética" de nuestro planeta es inferior a la de la mayoría de los imanes, a pesar de los tamaños tan enormemente diferentes.

Poco después, Cabeo -en su "Philosophica Magnetica"- intentó interpretar los nuevos fenómenos magnéticos, lo mismo que hizo Kepler, pero a Descartes le parecieron confusas las ideas de estos tres investigadores sobre formas magnéticas animadas o inanimadas. Así, el magnetismo terrestre se consideraba, en la visión cartesiana, sin ninguna relación con los movimientos de la Tierra y de los astros los cuales se consideraban explicables por medio de la teoría de los torbellinos de materia sutil. Poco después, Robert Boyle demostró que el aire no interviene en las atracciones magnéticas ya que estas se producen a través del vacío.

Luego, aparece la teoría de Huygens sobre el magnetismo, como una variante dentro de las teorías mecanicistas de la época, explicando sus fuerzas a distancia mediante una "materia magnética" más fina aún que el "éter luminoso". Después, Newton comparó el magnetismo con la gravedad, en su conocida obra "Principia", aunque diciendo que sus poderes son de naturaleza distinta, según los experimentos que realizó. Pero con la aparición y difusión de la Mecánica newtoniana se llegó ya a establecer una teoría cuantitativa de las interacciones magnéticas a lo largo del siglo XVIII. J. Michell



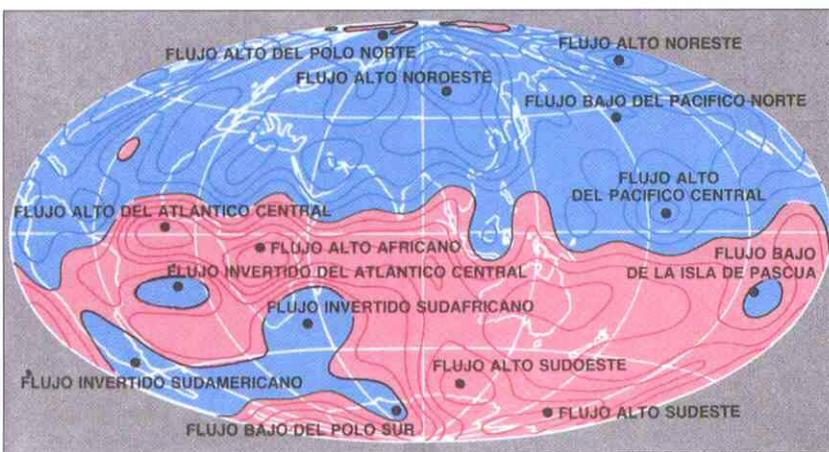
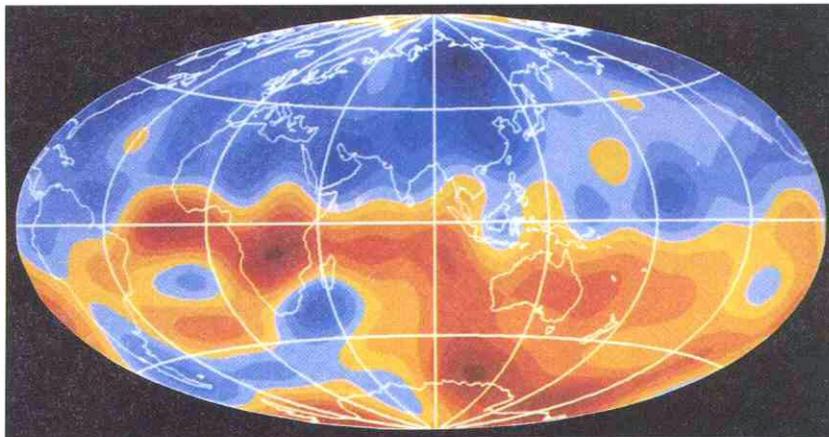
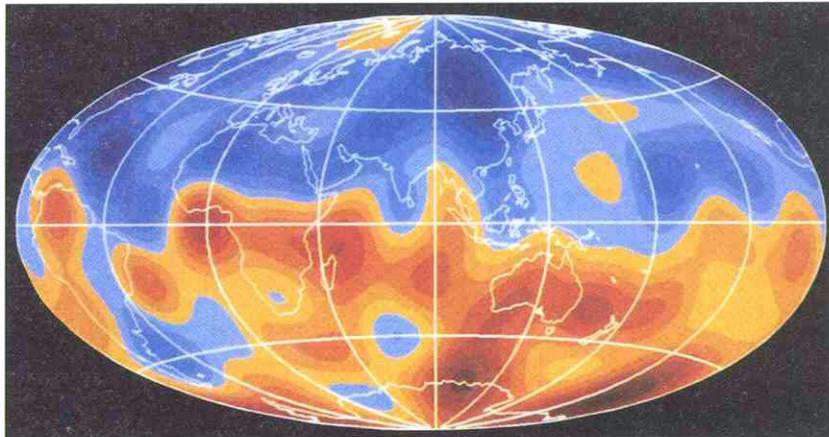
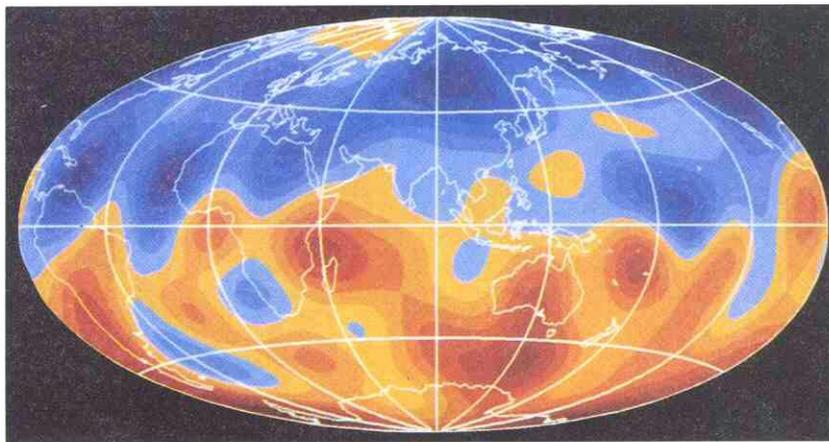
Primer registro de observación de la declinación magnética, hecho por Colón durante su primer viaje. Los números sobre la línea indican los días transcurridos desde la salida de Gomera.

investigó, apoyándose en experiencias propias, y en otras de Brook y de Musschenbroek, las fuerzas entre dos polos magnéticos estableciendo una primera ley de tipo cuantitativo aplicable a las atracciones y repulsiones de los imanes, que fue mantenida por T. Mayer y J. H. Lambert. De otra parte, Aepinus extendió al magnetismo la teoría de los "fluidos eléctricos", que acababa de formularse, estableciendo la existencia también de "fluidos magnéticos" para explicar las interacciones y las fuerzas atractivas o repulsivas entre los polos de los imanes.

Pero fue Coulomb, en 1777, quien al presentar en la Academia de Ciencias de París una primera Memoria sobre la construcción de brújulas, inició los estudios realmente científicos sobre el magnetismo terrestre abandonando las anteriores imágenes de tipo mecanicista. Dicha Memoria fue seguida por una segunda, en 1785, y una tercera, en 1789, también dirigidas a la misma ACADEMIA, estableciendo leyes acerca de los "fluidos magnéticos" y las atracciones o repulsiones entre los polos correspondientes.

Por último, como resultado de sus experiencias con imanes rotos, propuso una teoría molecular del magnetismo ayudándose del nuevo concepto de polarización magnética. Después, hay que citar a Gauss -matemático, físico y astrónomo alemán, nacido en 1777- cuya amplia actividad científica abarca casi todos los campos de las ciencias físicas, realizando particularmente investigaciones sobre el magnetismo terrestre.

Ya dentro plenamente del siglo XIX se realizaron profundos avances en los conocimientos sobre magnetismo y se descubrieron verdaderamente sus relaciones básicas con la electricidad. Así, citaremos las investigaciones realmente positivas acerca del electromagnetismo que se debieron a Oersted, en 1820, el cual comprobó las desviaciones de las agujas magnéticas por las corrientes eléctricas, y fueron seguidas en Francia por Ampere, Biot y Savart que enunciaron las correspondientes leyes. Años después,



Mapas del campo magnético terrestre basados en mediciones efectuadas en 1777, 1882 y 1980. El flujo entrante en azul, el saliente en amarillo y rojo. Puede observarse la "variación secular" registrada.

el físico y químico británico Faraday descubrió, entre otros, el fenómeno de la inducción electromagnética, y de la autoinducción, presentando los resultados de sus experiencias ante la "Royal Institution", de Londres, en 1855. Y también fue un físico británico, sir William Thomson (Lord Kelvin), el que inició por los mismos años las más importantes investigaciones en relación con las energías de los campos magnéticos y de los electromagnéticos.

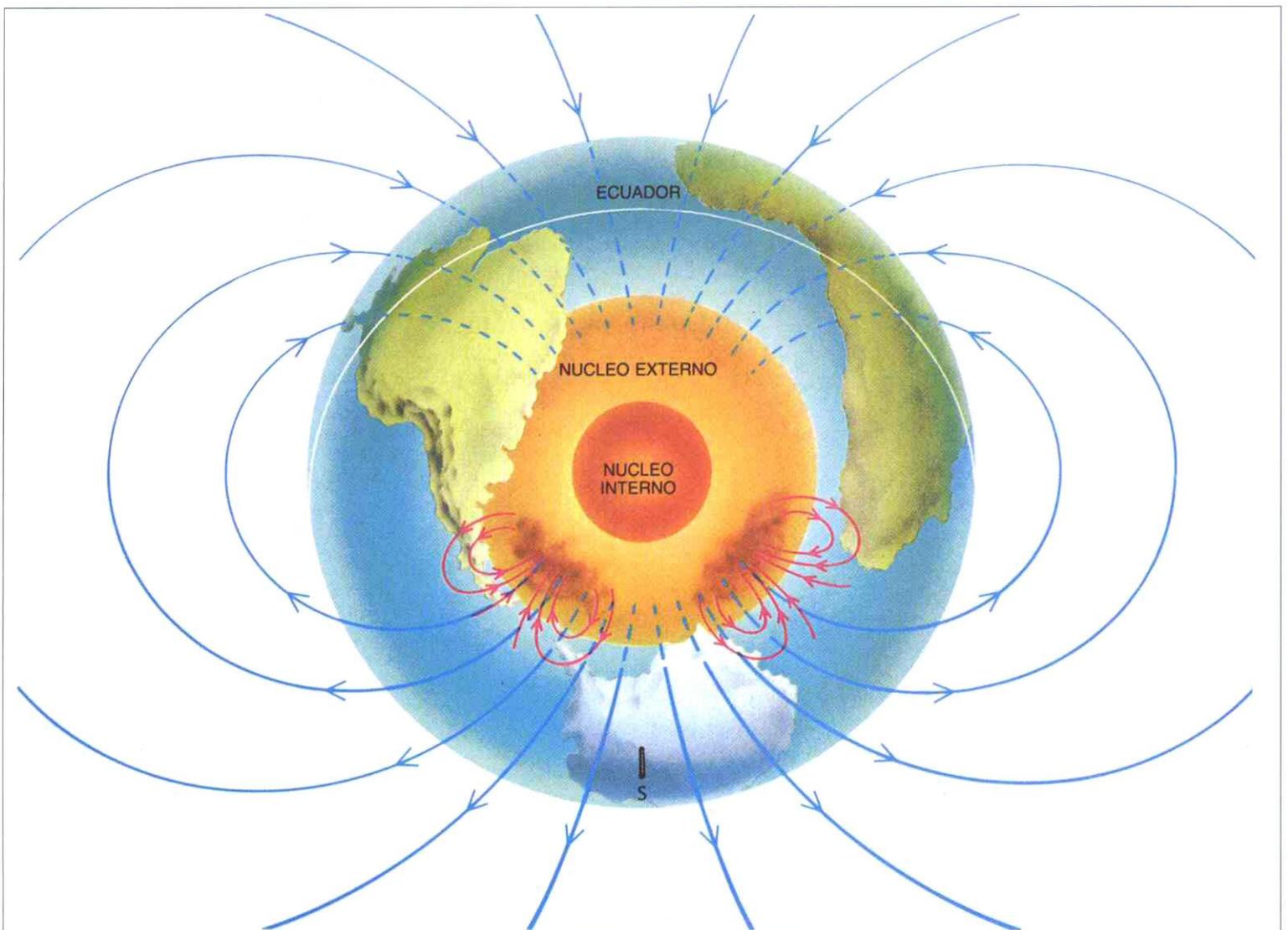
En fin, igualmente durante dicho siglo debemos hacer destacar los trabajos de George Simón Ohm, los de Gustav Robert Kirchhoff, y los de James Prescott Joule, que ampliaron las investigaciones de lord Kelvin y obtuvieron nuevos resultados, así como que los trabajos de Christian Oersted, sobre electromagnetismo, fueron continuados y desarrollados por James Clerk Maxwell. Y ya a finales de la centuria hay que mencionar, particularmente, a Hendrik Antoon Lorentz, y sobre todo a Heinrich Hertz entre cuyas aportaciones científicas destacan sus trabajos sobre las ondas electromagnéticas.

EN EL SIGLO XX

En cuanto a los descubrimientos, dentro ya del siglo actual, han sido tan numerosos que únicamente mencionaremos los más sobresalientes -o más importantes en aeronáutica y astronáutica- sin tener espacio para citar nombres de muchos de sus autores, individualmente, pues se han debido por lo general a equipos de científicos, investigadores y auxiliares técnicos muy variados.

Ya se ha sabido, por ejemplo, que las corrientes eléctricas fluyendo en las profundidades de nuestro

planeta son las responsables de su campo magnético dipolar, y que los yacimientos de materiales magnéticos naturales originan anomalías de dicho campo que se están midiendo a través de distintos satélites. Así, según el trabajo de Achache y otros -que citamos en la bibliografía- las primeras de estas medidas fueron realizadas por los de la serie POGO (Polar Orbiting Geophysical Observatory) lanzados por la NASA a finales de los años 1960.

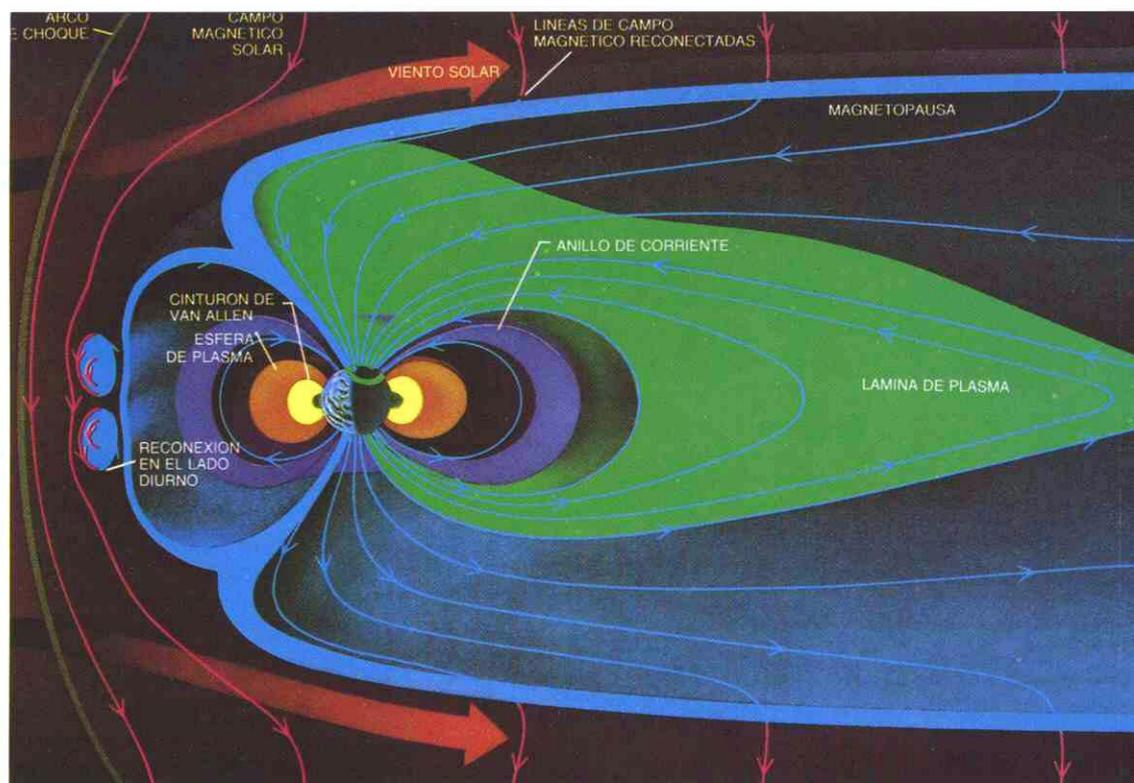


Dibujo del planeta en el que se representan en azul las líneas que parten del núcleo externo y en rojo las que, con origen en las manchas del núcleo tienen orientación opuesta.

Después, el satélite MAGSAT, también lanzado por la NASA pero en 1979, y colocado en una órbita más baja, confirmó la existencia de las citadas anomalías superficiales -que a veces se extienden varios millares de kilómetros- cuyas fuentes están situadas en la corteza terrestre, y que han resultado ser buena memoria de episodios de deformación de los continentes. Por otra parte, según escribíamos en el artículo sobre el "Triángulo de las Bermudas" -que citamos en la bibliografía- seguramente esas anomalías y los flujos entrantes o salientes -de que se habla en el artículo de Bloxman y otro autor- tienen relaciones con esa y otras áreas peligrosas para la navegación aérea y marítima.

Ahora bien, nuestro planeta se encuentra envuelto de modo permanente por los flujos del plasma, o "viento solar", así que a grandes distancias de su superficie el campo magnético real se diferencia mucho del campo dipolar creado por aquellas corrientes en sus profundidades. Además, las fluctuaciones de ese "viento solar" provocan alteraciones, más o menos importantes, no sólo en el "tiempo magnético", sino en el tiempo meteorológico -o "temperie"- de nuestro planeta. Así, los americanos Roberts y Olson ya descubrieron, en la década de los años 1970, que muchas borrascas en las zonas septentrionales del Océano Pacífico eran más potentes después de bruscas perturbaciones del campo magnético solar.

También se ha confirmado que las tormentas magnéticas comienzan cuando la Tierra encuentra flujos de plasma solar más rápidos que el viento solar ordinario. Asimismo, las manchas solares corresponden a lugares del Sol con campos magnéticos más fuertes, y las perturbaciones del geomagnetismo varían de modo temporal, lo mismo que los números

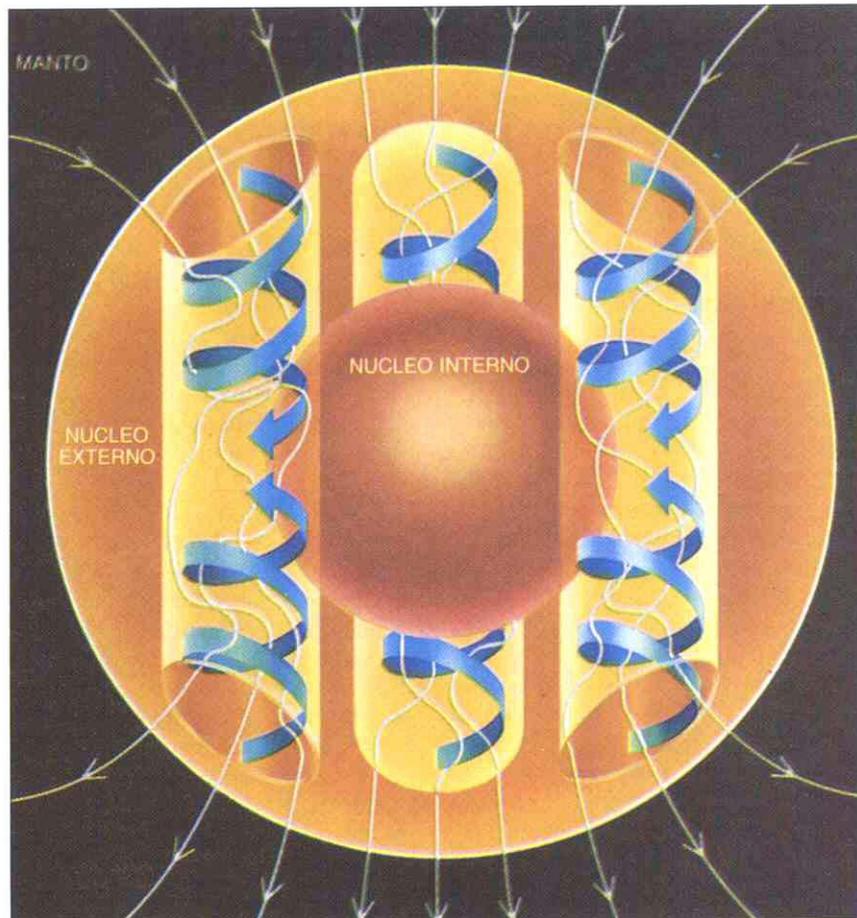


de dichas manchas, con unas periodicidades de once años ya observadas en el siglo pasado.

Por otra parte, ha resultado interesante comprobar que las variaciones en las cantidades de precipitaciones atmosféricas, sobre nuestro planeta, se parecen extremadamente a las variaciones de las manchas solares, pero de manera diferente según las diversas latitudes geográficas, y que después de las tormentas magnéticas cambian las presiones del aire en formas más complicadas de lo común. Asimismo, se ha descubierto que las trayectorias más frecuentes de las borrascas por el Atlántico y norte de Europa son diferentes durante los años de mínima o de máxima actividad solar.

Y a lo largo de este siglo se han ido poniendo de manifiesto no sólo estas, sino otras relaciones entre las actividades solares y nuestro tiempo atmosférico, lo cual está sirviendo para poder predecir algunos de sus cambios más sobresalientes. Bastantes de estos cambios se deben a los influjos electromagnéticos del Sol sobre la Ionosfera la cual se observa cada vez con mayor minuciosidad por medio de radares especiales. Así, se han podido detectar ondulaciones en las alturas ionosféricas como precursoras de ciclones tropicales, tornados, trombas, tempestades o fuertes tormentas. Incluso se ha descubierto, por el meteorólogo japonés Fujita, que los "reventones descendentes" que acompañan a muchas tormentas -de los cuales hablábamos en el artículo sobre fenómenos tormentosos citado en la bibliografía- dependen frecuentemente de esas ondulaciones ionosféricas.

En otro sentido, debo mencionar que ya hace años en mi artículo "Biometeorología aeronáutica y cosmonáutica" -que menciono en la bibliografía- hablaba acerca del magnetismo espacial y terrestre, con sus influencias psicofísicas sobre los seres humanos que se habían empezado a investigar sobre todo a partir de la Segunda Guerra Mundial. Asimismo en el libro de Alexeeva -que cito también en la bibliografía- se habla del científico ruso Chizhevski como verdadero fundador de la "Heliobiología". Según este investigador no sólo



Las líneas de fuerza magnética describen trayectorias curvas. La mayoría de ellas emergen del polo Sur y entran por los alrededores del polo Norte. La figura muestra una posible configuración del campo y de las corrientes de fluido en el núcleo.

muchas anomalías del tiempo atmosférico se deben a perturbaciones cósmicas, y sobre todo solares, sino que también las de tipo magnético afectan a los seres vivos, y naturalmente a las personas, como han descubierto magnetólogos, biólogos y médicos soviéticos, y han confirmado después investigadores norteamericanos.

Así, ha nacido como nueva ciencia la "Magnetobiología". Por ejemplo, existe una hipótesis de que sobre muchos enfermos actúan oscilaciones del campo geomagnético con períodos menores de diez minutos las cuales desaparecen con las variaciones bruscas del campo magnético solar como son comienzos inesperados de tempestades magnéticas. Y en el mismo libro de Alexeeva se habla del fenómeno descubierto por el citado Chizhevski, junto con el bacteriológico, de Kazán, Veljóver, y relacionado

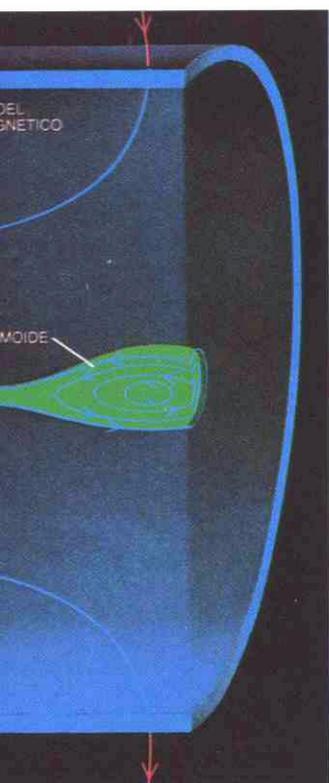
con las actividades de ciertas bacterias, que podría utilizarse con objeto de poder prevenir importantes emisiones solares, en particular peligrosas para los astronautas fuera de nuestros límites atmosféricos.

Ahora debemos recordar el artículo del japonés Akasofu -que citamos en la bibliografía- como excelente resumen acerca de los últimos descubrimientos sobre las Auroras polares que se forman por interacciones del campo magnético terrestre con el "viento solar", el cual confina este campo dentro de un volumen en forma de cometa -o "Magnetosfera"- lleno de plasmas tenues, con distintas densidades y temperaturas, que se originan a partir del "viento solar" y de la "Ionosfera".

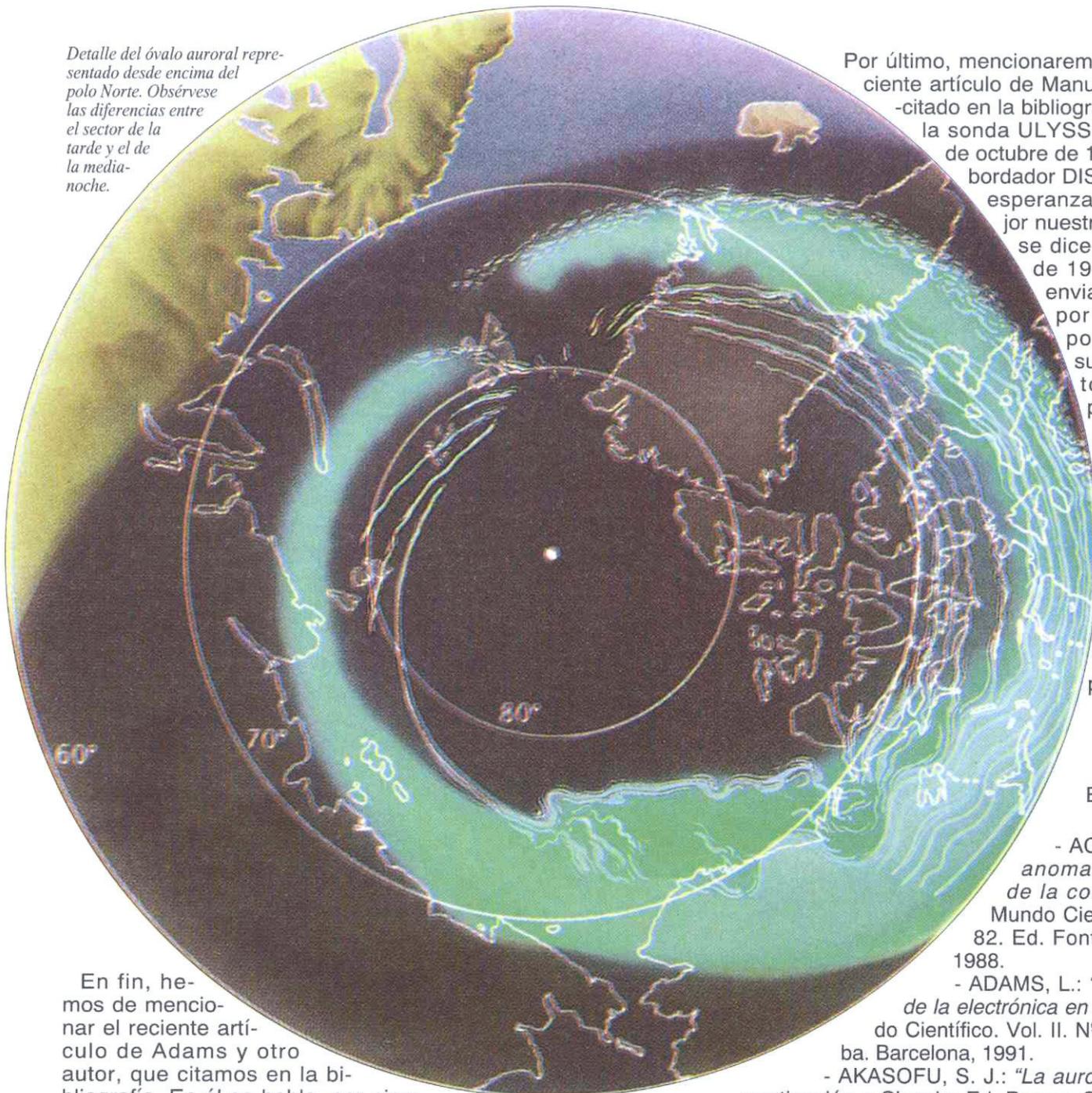
Se dice, en su primer capítulo, que, ya a principios de los años sesenta, empezó a observarse que el "viento del Sol" podía extender su campo magnético hasta los confines del Sistema solar como un Campo magnético interplanetario, el cual se une con el Campo magnético terrestre a través del fenómeno llamado: "Reconexión magnética". También, se habla del descubrimiento de que la "magnetopausa" -o contorno de la "magnetosfera"- constituye un generador gigante que convierte la energía cinética de las partículas del "viento solar" en energía eléctrica, por un mecanismo llamado "generador auroral".

Su segundo capítulo está dedicado a las intensas corrientes provocadas por ese inmenso generador que producen luminosidades aurorales cuando los correspondientes haces de electrones chocan enérgicamente con la Ionosfera excitando o ionizando átomos y rompiendo moléculas para crear otros átomos excitados, los cuales emiten radiaciones, en un amplio rango espectral, desde el ultravioleta lejano al infrarrojo. Luego, figuran capítulos explicando, por ejemplo, las formas de las "cortinas aurorales", los correspondientes "Chorros eléctricos" y "Subtormentas" -con la dinámica de éstas- y una serie de cuestiones pendientes para poder comprender sobre todo aspectos relacionados con "fulguraciones solares" y "tormentas geomagnéticas".

El "viento solar", plasma difuso de protones y electrones que fluye del sol, comprime el campo magnético terrestre dándole forma de cometa, la magnetosfera.



Detalle del óvalo auroral representado desde encima del polo Norte. Obsérvese las diferencias entre el sector de la tarde y el de la medianoche.



En fin, hemos de mencionar el reciente artículo de Adams y otro autor, que citamos en la bibliografía. En él se habla, por ejemplo, de la "Radiación cósmica", descubierta en los primeros años de este siglo, y de cómo en 1958 el satélite EXPLORER permitió "ver" que alrededor de la Tierra existen unas zonas llamadas "Cinturones de Van Allen" en las que están capturados protones y electrones de altas energías por la acción del campo magnético terrestre. Pero también se describen nuevas exploraciones espaciales que permitieron detectar protones y electrones de bajas energías, de manera que las cargas eléctricas correspondientes se depositan sobre las superficies de los satélites artificiales e inducen potenciales eléctricos, con descargas que perturban los funcionamientos de sus sistemas electrónicos.

Luego, se dice que deben tenerse en cuenta las erupciones solares imprevisibles que van acompañadas de emisiones de flujos de partículas con enormes energías, compuestas por protones, principalmente, electrones e iones pesados, de manera que todas estas radiaciones pueden dañar muy sensiblemente a los circuitos electrónicos de los ingenios espaciales. Y todo se resume exponiendo la conveniencia de proyectar órbitas que atraviesen zonas con flujos mínimos de esas partículas más energéticas, según las previstas erupciones solares, pero también la necesidad, no sólo de blindajes suficientemente protectores, sino de equipamientos y toda clase de circuitos resistentes a las condiciones hostiles del medio espacial.

Por último, mencionaremos el también reciente artículo de Manuel Corral Baciero -citado en la bibliografía- hablando de la sonda ULYSSES, lanzada el 6 de octubre de 1990, por el transbordador DISCOVERY, con la esperanza de conocer mejor nuestro Astro Rey. Así, se dice que hacia mayo de 1994 comenzará a enviar informaciones, por ejemplo, de los polos solares y se supone que los datos transmitidos permitirán definir con mayor precisión que hasta ahora, particularmente, las propiedades en tres dimensiones de los vientos solares y del correspondiente campo magnético interplanetario ■

BIBLIOGRAFIA

- ACHACHE, J.: "Las anomalías magnéticas de la corteza terrestre". Mundo Científico. Vol. 8. Nº 82. Ed. Fontalba. Barcelona, 1988.
- ADAMS, L.: "La supervivencia de la electrónica en el espacio". Mundo Científico. Vol. II. Nº 119. Ed. Fontalba. Barcelona, 1991.
- AKASOFU, S. J.: "La aurora dinámica": Investigación y Ciencia: Ed. Prensa Científica. Nº 154. Barcelona, 1989.
- ALEXEEVA, L.: "Resplandores celestes y preocupaciones terrenales" (Traducción del ruso por VASILENKO, V. J.). Ed. MIR. Moscú, 1989.
- BOOXMAN, J. y otros: "La evolución del campo magnético terrestre". Investigación y Ciencia. Ed. Prensa Científica. Nº 161. Barcelona, 1990.
- CID, F. (dirección científica): "Historia de la Ciencia". Ed. Planeta. Barcelona, 1980.
- CORRAL, M.: "ULYSSES, ¿dónde estás?". Revista de Aeronáutica y Astronáutica. Nº 608. Madrid, 1991.
- FARINA, M. y otros: "Organismos magnetotácticos": Investigación y Ciencia. Ed. Prensa Científica. Nº 171. Barcelona, 1990.
- HOFFMAN, K. A.: "Inversiones magnéticas y dinamo terrestre". Investigación y Ciencia. Ed. Prensa Científica. Nº 142. Barcelona, 1988.
- PALOMARES, M.: "Biometeorología Aeronáutica y Astronáutica". Revista de Aeronáutica y Astronáutica. Nº 288. Madrid, 1964.
- PALOMARES, M.: "Fenómenos tormentosos y Aeronáutica". Revista de Aeronáutica y Astronáutica. Nº 594. Madrid, 1990.
- PALOMARES, M.: "El Triángulo de las Bermudas y otras áreas enigmáticas". Revista de Aeronáutica y Astronáutica. Nº 598. Madrid, 1990.