

Una triple perspectiva del impacto de las investigaciones espaciales en el conocimiento de nuestro planeta

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 200, 58-59
marzo-junio 2020
ISSN: 1131-9100

Francisco Javier Galindo Mendoza

Director Real Instituto y Observatorio de la Armada

En la noche del 4 de octubre de 1957, desde la base de Baikonur en Kazajistán (por aquél entonces parte de la URSS) se lanza un cohete que en tan solo unos minutos ponía en órbita al que se convertiría en el primer satélite artificial de la historia de la humanidad, el Sputnik-1, situando de esta manera a la Unión Soviética en una posición de liderazgo. Pese a que se mantuvo orbitando alrededor de nuestro planeta durante algo más de tres semanas antes de que se quedara sin suministro energético, constituyó uno de estos hechos que marcaron un antes y un después en la recta del tiempo.

Desde aquel momento, se han ido sucediendo las misiones para poner en órbita nuevos y variados ingenios espaciales. No cabe duda de que estas misiones han proporcionado un enorme abanico de posibilidades, que para apreciarlas bastaría con pararse a pensar como sería nuestra vida sin la capacidad de elegir la ruta óptima cuando emprendemos un viaje, o la posibilidad de detectar y monitorizar incendios en lugares no vigilados. Sin embargo, en este artículo me centraré en lo que determinadas misiones espaciales como las altimétricas, las gravimétricas o las magnéticas, han supuesto para el avance del conocimiento en las Ciencias de la Tierra.

LAS MISIONES ALTIMÉTRICAS

El lanzamiento del satélite *Skylab* en 1973 supuso la comprobación de lo que hasta entonces había sido tan solo una conjetura. La superficie del mar, más concretamente su nivel medio, reflejaba la topografía del fondo marino dado que este parámetro, en correspondencia con el concepto físico de Geoide, era sensible al campo de la gravedad.

La Fosa de Puerto Rico (más de 9000 metros de profundidad) fue detectada con claridad a partir de los registros de la misión *Skylab*, pese a que el radar altímetro tenía una precisión algo inferior a un metro, al manifestarse como una «depresión» del nivel del mar algo superior a 10 metros a lo largo de un arco de unos 740 km de longitud.

Sin embargo, si se pretendiera detectar detalles no tan pronunciados como cordilleras submarinas, fallas transformantes o volcanes submarinos, esto requeriría disponer asimismo de un conocimiento preciso de la posición del satélite.

La misión *Topex/Poseidon*, lanzada en 1992, supuso un hecho de enorme transcendencia en esta técnica. Por primera vez un satélite altimétrico transportaba un sistema experimental de posicionamiento basado en un receptor GPS. Esto

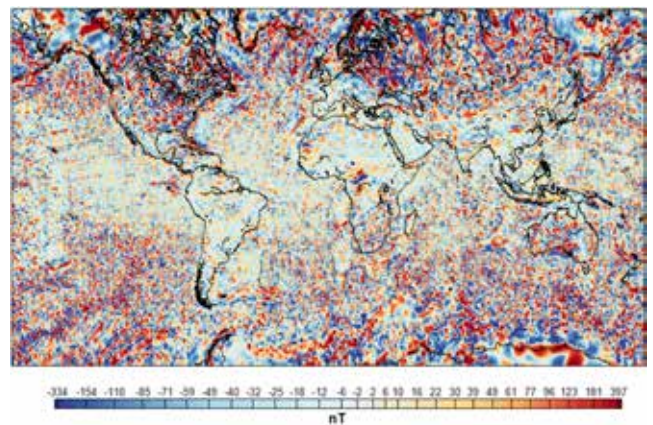
le permitió alcanzar una precisión en el conocimiento de su órbita nunca antes lograda y por primera vez se estimaban medidas del nivel del mar con precisiones del orden de los centímetros.

A esta misión le han seguido otras como la serie *Jason*, la *Envisat*, y actualmente la *Sentinel-3*. Todas ellas han contribuido o contribuyen a proporcionar un conocimiento sin precedentes de la morfología del fondo oceánico, aportando información que confirma la Teoría de la Tectónica de Placas, revelando asimismo detalles de nuestra corteza ocultos bajo capas kilométricas de sedimentos, a través de la conexión existente entre el Geoide y el campo gravitatorio terrestre.

LAS MISIONES GRAVIMÉTRICAS

El lanzamiento de los primeros satélites artificiales proporcionó en menos de 10 años un incremento espectacular en el conocimiento del campo gravitatorio a través del primer modelo de Tierra Standard. Pese a que este conocimiento fue mejorando paulatinamente, como lo demuestra los sucesivos modelos de Tierra obtenidos, probablemente el lanzamiento del satélite *CHAMP* en el año 2000, seguido de las misiones *GRACE* (2002), desarrollada conjuntamente entre la NASA y el DLR alemán, y *GOCE* (2009) de la ESA, han supuesto el mayor salto cualitativo en estos años.

La misión *CHAMP* fue la primera en combinar un seguimiento 3D continuo a escala global utilizando GPS con la medida de las fuerzas no-gravitacionales que actuaban en todo momento sobre él. Sin embargo, una limitación intrínseca a esta técnica viene condicionada por la atenuación que expe-



Mapa Mundial de Anomalías Magnéticas, WDMAM, segunda versión (2015)

rimenta la señal gravitatoria con la distancia. Por ello, para incrementar la sensibilidad y consecuentemente la resolución, era necesario poder contar con misiones que observaran el campo gravitatorio terrestre a menor altura, lo cual reduciría sensiblemente el tiempo de vida (semanas o meses) al quedar sometido a la fricción atmosférica.

Esta dificultad fue superada en las misiones *GRACE* y *GOCE*, utilizando procedimientos gradiométricos. Esto incrementaba la sensibilidad ante alteraciones en la gravedad en un nivel que permitía detectar variaciones estacionales, o simplemente temporales, en el campo gravitatorio.

Esto ha abierto un amplio repertorio de posibilidades como la detección del movimiento de masas de hielo, el desplazamiento de masas causado por terremotos, o el poder detectar variaciones en el valor de la gravedad atribuibles a la redistribución de masas de agua en los continentes como consecuencia, por ejemplo, de un abuso de los recursos hídricos.

LAS MISIONES MAGNÉTICAS

Nuestro planeta posee un campo magnético propio, denominado campo magnético terrestre (*CMT*), que se comporta como si más de un 90% de éste fuera producido por un gran imán cercano a su centro y ligeramente inclinado respecto a su eje de giro.

Existen otros factores que en menor medida condicionan su valor, como la presencia del Sol y Luna, que alteran el estado de la ionosfera generando desplazamientos de cargas eléctricas con la consecuente contribución magnética externa. Adicionalmente, la propia corteza terrestre alberga materiales que por sí mismos o como consecuencia de su comportamiento ante un campo magnético externo, son capaces de modificar ligeramente el campo magnético de nuestro planeta. Esta contribución es conocida como *campo cortical*, y reviste especial importancia al estar relacionada con la presencia de yacimientos minerales u otro tipo de recursos.

El estudio de las anomalías magnéticas oceánicas ha constituido la base fundacional de la Teoría de la Tectónica de Placas, facilitando detalles sobre nuestro pasado geodinámico.

La puesta en órbita en 1999 del satélite danés *OERSTED*, seguido por otras misiones como *CHAMP* (2000) y más recientemente *SWARM* (2013), ha permitido disponer de un conocimiento muy preciso y de gran detalle del *CMT*, ayudándonos a comprender mejor su evolución temporal e incluso a predecir su variación espacial a medida que transcurre el tiempo.

Desde los años 70 del pasado siglo han venido publicándose mapas de *campo cortical*, más conocidos como de *anomalías magnéticas*, representando la contribución magnética de la corteza al *CMT*. Sin embargo estos mapas carecían de resolución o bien presentaban zonas, principalmente en océanos o latitudes altas, de pobre cobertura espacial.

La irrupción de la misión *CHAMP* permitió obtener el pri-

mer mapa detallado de las anomalías magnéticas terrestres, tras aplicar determinadas técnicas matemáticas ya existentes pero inaplicables mientras no existió una plataforma capaz de proporcionar información precisa en el dominio de las longitudes de onda de dimensión continental hasta la regional.

En estos últimos años se ha puesto en marcha una iniciativa, co-liderada por el Real Observatorio de la Armada y el Instituto de Física del Globo de París, el Proyecto del Mapa Mundial de Anomalías Magnéticas (*WDMAM* por sus siglas en inglés). En el año 2015 se presentó la segunda versión del mapa. En ella, el principal avance respecto a la anterior (2007) se localizaba en los océanos. Este proyecto proporciona sin duda la visión más precisa y amplia de la distribución de las propiedades magnéticas de la superficie del planeta, ayudándonos a comprender mejor los procesos que tienen lugar en la corteza y probablemente en la parte superior del manto, además de proporcionar una ventana única a la historia geodinámica de la Tierra.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Todo lo expuesto anteriormente muestra el avance tan enorme que en tres parcelas íntimamente conectadas con las Ciencias de la Tierra, ha experimentado la comunidad científica a través de un esfuerzo motivado por la denominada *Década de la Investigación en el Geopotencial* (década del 2000), transformando la concepción que se tenía de nuestro planeta en tan solo 30 años escasos.

Las misiones altimétricas han encontrado continuidad en las *Sentinel-3* y *Jason-3*, y van a seguir aportando información valiosa durante al menos otros 10 años con los satélites A y B de la misión *Jason-CS/Sentinel-6*. Las misiones gravimétricas han encontrado afortunadamente continuidad en la misión *Grace Follow-on* (2018) cuyo objetivo principal es la obtención de modelos de alta resolución del campo gravitatorio terrestre, siendo también sensible a sus variaciones temporales. La perspectiva es algo más incierta en lo referente a futuras misiones encargadas de medir el *CMT*, si bien la misión *SWARM* aun continua activa a pesar de planificarse con 4 años de duración. En todo caso se encamina a su último tramo de vida.

