

TOPEX/POSEIDON: topografía oceánica desde el Espacio

MANUEL MONTES PALACIO

Visión
artística
del satélite
TOPEX/
POSEIDON
en órbita.

En agosto de 1992 fue lanzado al espacio el satélite científico TOPEX/POSEIDON. Producto de una intensa colaboración franco-estadounidense, el sofisticado vehículo ha revolucionado nuestro conocimiento sobre los océanos, uno de los medios naturales más desconocidos y a la vez ignorados por el Hombre.

LOS científicos se muestran bastante de acuerdo en que la vida tal y como la conocemos debió surgir hace millones de años en el fondo o en la superficie de los mares. ¿Por qué, entonces, hemos prestado hasta ahora tan poca atención a esta inmensa masa de agua, el líquido elemento por excelencia, el caldo de cultivo y el escenario que cobijó y moldeó a nuestros antepasados más remotos? Una posible explicación a esta desafortunada situación podría radicar en que la última fase de nuestra evolución ha transcurrido casi exclusivamente sobre la superficie firme de la Tierra. Prosiguiendo en ella hasta su total colonización, hemos acabado olvidando casi por completo nuestros orígenes, y hemos omitido también parte de esa conciencia fundamental que, una vez más, debería distinguirnos del resto de las especies.

Hoy en día, los océanos parecen estar dedicados sólo a la explotación de sus recursos, siendo en contrapartida la cuna desgraciada de gran cantidad de residuos. No importándonos demasiado su futuro, hemos dedicado la mayor parte de nuestros esfuerzos científicos a la investigación exclusiva de los continentes, abandonando una tarea que, a la sazón, podría ser esencial dentro de algunas décadas.

Lo poco que sabemos de los océanos, no obstante, basta para destacar la importancia de su papel en el mantenimiento del ecosistema que posibilita nuestra supervivencia. Así, conocemos algunos detalles sobre la férrea interacción existente entre ellos y la atmósfera, conformando los avatares de la climatología, pero también nos hemos dado cuenta de que no sabemos cómo explicar la mayor parte de las situaciones que la fenomenología marítima nos presenta día a día.

Por ejemplo, ¿por qué se producen las corrientes estacionales, por qué éstas van a veces firmemente ligadas a desastres naturales, cómo interaccionan atmósfera y agua, de qué modo afecta el mar al clima mundial? Las cuestiones son interminables y difíciles de contestar. El primer obstáculo que encontramos para su resolución es que prácticamente no posee-

mos mapas de la superficie de los océanos, de las corrientes marinas, de los vientos de superficie... Desconocemos en gran medida la profundidad, la altura de las olas, en una palabra, la topografía oceánica. De este modo, es casi imposible realizar un estudio serio sobre los temas que nos preocupan.

Por fortuna, con el advenimiento de la era espacial, ahora es posible abarcar a un tiempo (desde varios cientos de kilómetros de altitud) zonas antes inalcanzables, estudiar regiones inmensas y acumular bancos de datos referentes a



El TOPEX/POSEIDON fue lanzado al espacio mediante un cohete Ariane 42P como el de la imagen.

comportamientos, situaciones y evolución natural del medio-ambiente.

Sin duda, es en este nuevo escenario donde encontraremos algunas de las respuestas que andamos buscando.

TOPEX-POSEIDON

A mediados de los años setenta, los Estados Unidos de América empezaron a pensar en investigar el mar con la misma intensidad que habían emprendido el estudio de los continentes. Para ello lanzaron en 1978 un satélite dedicado casi por completo a este trabajo: el Sea-

sat, un vehículo auspiciado por las Fuerzas Aéreas americanas y la agencia espacial civil NASA, equipado con un potente y novedoso radar. El Seasat, sin embargo, tuvo mala suerte y funcionó durante menos tiempo del previsto.

A pesar de las dificultades técnicas, el breve pero intenso caudal informativo que proporcionó el Seasat resultó ser valiosísimo. Lo bastante como para garantizar la continuación de los experimentos.

Así, la NASA ideó a principios de los ochenta un nuevo satélite llamado TOPEX (acrónimo de "Experimento Topográfico sobre la Circulación Oceánica"). Con un coste aproximado de unos 270 millones de dólares y un lanzamiento previsto para 1989, el TOPEX consistiría básicamente en un altímetro-radar descendiente del usado en el Seasat, capaz de definir la altura de los mares con una precisión de pocos centímetros. Los primeros estudios sobre el satélite y la carga útil se realizaron a partir de abril de 1984, pero ante las dificultades de financiación del nuevo proyecto, en 1985 se planteó su fusión con una misión francesa de análogos objetivos, la entonces llamada POSEIDON.

El CNES francés, la agencia responsable de todos los programas espaciales científicos de esta nación, aceptó la propuesta de inmediato. En esencia, el acuerdo, firmado en marzo de 1987, contemplaba la satelización de las dos cargas útiles en una misma plataforma, lo cual abarataría los costes de operación y lanzamiento. La citada plataforma sería construida en los Estados Unidos, pero distintos problemas de índole presupuestaria

retrasaron el inicio de la construcción del satélite hasta enero de 1987. La compañía Fairchild se encargaría del proyecto, valorado ahora en unos 121 millones de dólares, el cual se basaría en el mismo vehículo modular utilizado en el exitoso programa astronómico Solar-Max (SMM). El Jet Propulsion Laboratory de la NASA se encargaría del diseño y construcción del altímetro americano y la empresa Alcatel Espace haría lo propio con su homólogo francés.

Modificaciones en el contrato original con Fairchild acabaron encareciendo el programa, cuyos costes, en dólares de

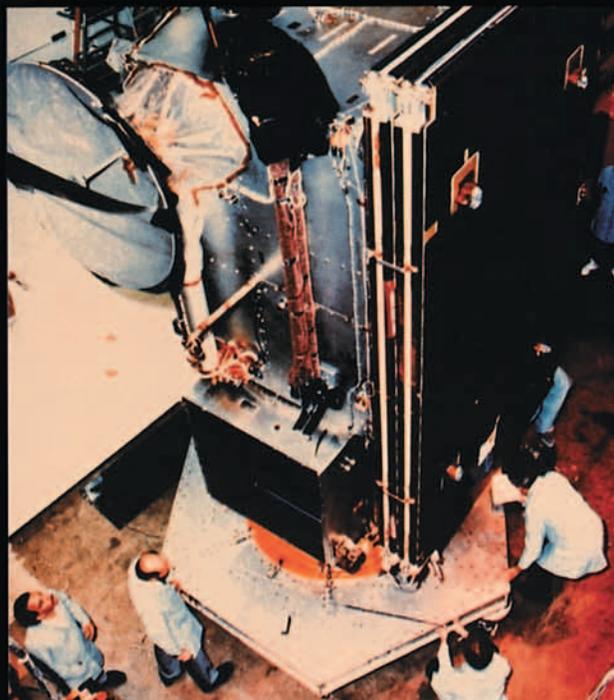
1985, quedarían distribuidos de este modo: 400 millones para la NASA y 125 para el CNES. En ellos se incluye el lanzamiento del satélite a bordo de un cohete europeo Ariane.

Durante 1991, tanto los sensores como la plataforma quedaron listos para su integración. La carga útil principal, como hemos dicho, estaba constituida por dos altímetros que deberían actuar por separado. El altímetro-radar americano utilizaría un canal principal en banda Ku (13,6 GHz) y otro secundario en banda C (5,3 GHz). Esta dualidad permitiría corregir ciertos efectos de perturbación ionosférica. Para funcionar, el sistema usaría una antena parabólica de 1,5 metros de diámetro. Actuando como elemento auxiliar, se emplearía un radiómetro de microondas, el cual corregiría la información altimétrica en función de los efectos producidos por el vapor de agua de la troposfera. El paquete americano TOPEX, en su conjunto, pesaría unos 206 kg.

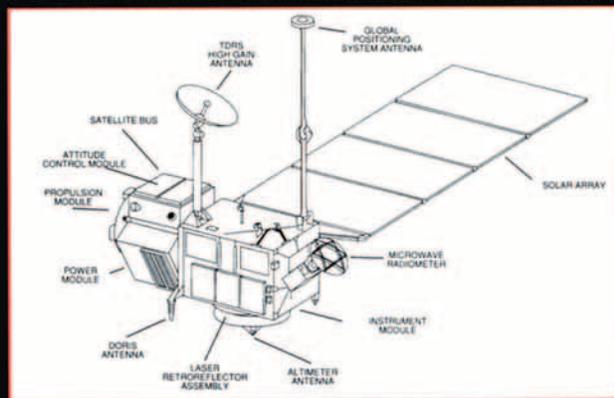
En cuanto al altímetro francés, su funcionamiento se llevaría a cabo a través de la misma antena utilizada por el sistema americano, de modo que sólo se emplearía cuando éste estuviese inactivo. Por lo demás, el altímetro-radar POSEIDON consistiría en un instrumento de estado sólido muy avanzado, funcionando sólo en la frecuencia de los 13,65 GHz. Su masa total sería muy inferior a la del TOPEX (unos 25 kg), con un consumo energético equivalente a un 21% respecto del americano y una precisión final muy semejante.

Para que las medidas tuvieran validez, el satélite debía conocer en todo momento las características de su órbita. En este sentido, los dos altímetros utilizarían sistemas autónomos de determinación orbital, basados respectivamente en reflectores láser y satélites TDRS/GPS, y efecto Doppler.

El sistema de seguimiento por láser consiste en una parrilla toroidal de retroreflectores, montados en la zona que



El TOPEX/POSEIDON, en tierra, durante la fase de construcción y montaje.



Esquema del satélite, con todos y cada uno de los elementos principales.

está siempre orientada hacia la Tierra, alrededor de la antena parabólica usada por los altímetros. Hasta doce estaciones terrestres de control, cuyas posiciones sobre la Tierra se conocen con total perfección, se encargan de enviar emisiones láser hacia el satélite. La reflexión de los haces, analizada por las mismas estaciones emisoras, permite calcular la velocidad, situación orbital y altitud de la nave con una exactitud media de hasta 2 cm.

El segundo sistema de seguimiento, desarrollado en Francia por la compañía Dassault Electronique y llamado genéricamente DORIS, usa una baliza Doppler de frecuencia dual. Unas cincuenta estaciones terrestres emiten la

señal hacia el satélite, permitiendo así el cálculo múltiple de distancias y velocidades.

Por último, el vehículo transporta un receptor de navegación GPS diseñado por la compañía Motorola. Un sistema de análisis especial extrae información de posicionamiento global procedente de las señales enviadas constantemente por la red de satélites de navegación Navstar GPS. La posición de la nave puede determinarse de este modo con una precisión de hasta 10 cm, pero usando esta información con la suministrada al mismo tiempo por las estaciones terrestres antes mencionadas, la precisión mejora hasta los 5 cm.

Externamente, el satélite completo TOPEX/POSEIDON, de aspecto rectangular, mide unos 5,5 metros de largo, 11,5 metros de envergadura (con el panel solar desplegado) y 6,6 metros de altura. Pesó unos 2.700 kg en el momento del despegue (2.380 kg en órbita).

El ingenio está dividido en dos partes fundamentales: el módulo de instrumentos (con la carga científica) y el bus universal MMS (que a su vez contiene el módulo de propulsión, de provisión energética, control de orientación, etc.). Además de la antena de alta ganancia, del satélite sobresale un gran panel solar direccional, el cual

aporta la energía necesaria para el funcionamiento de los instrumentos (un suministro estimado en unos 2.140 W al final de la vida útil prevista). Estabilizado constantemente en sus tres ejes y siempre orientado hacia un punto determinado de la superficie terrestre, el TOPEX/POSEIDON puede "sobrevolar" esa misma posición cada diez días (127 revoluciones), lo que permite una repetición periódica y sistemática de las mediciones.

EN ORBITA

Para averiguar la relación existente entre los océanos y el tiempo climatológico a largo plazo, los científicos de am-

bos países prepararon la corta pero efectiva serie de instrumentos que hemos descrito. En general, están permitiendo la realización de mapas muy precisos del nivel del mar a escala mundial. La rugosidad de la superficie viene determinada por las propias corrientes marinas, la influencia de la gravedad, la presencia de simas o fondos irregulares, etc. Conociendo exactamente la altura de las olas, la dirección en la que circulan las corrientes, la temperatura superficial o el índice de evaporación, podemos aprender mucho sobre el clima e incluso predecirlo a largo plazo. Para lograr todo lo anterior, el TOPEX/POSEIDON debía funcionar durante al menos tres años, aunque podría prolongar su vida útil hasta los cinco años o más.

En una ocasión pensado para ser lanzado a bordo de la lanzadera americana, esta posibilidad tuvo que ser desestimada debido a los costes. De la misma manera, la eventualidad de que esta nave tripulada se encargase de su recuperación al finalizar su vida útil, quedó truncada por la eliminación del soporte necesario para su captura, que debía estar instalado en la plataforma. El coste de las modificaciones y de una misión de la lanzadera habría disparado aún más los presupuestos.

Descartada esta opción, el TOPEX/POSEIDON fue colocado en órbita por un cohete europeo Ariane 42P (misión V52) el 10 de agosto de 1992. El lanzamiento se efectuó con toda normalidad desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa. Junto a él viajaron otros dos pasajeros, los microsátélites Kitsat-A (coreano) y S80/T (francés), que actuarían como cargas secundarias en el vector y compartirían la misma órbita.

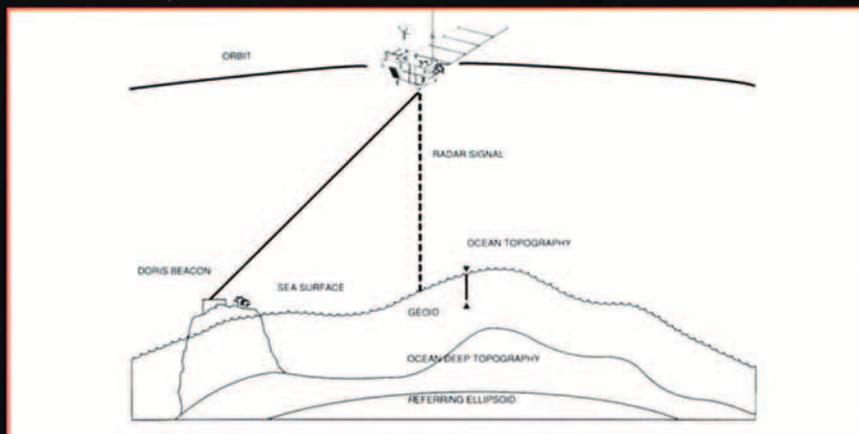


La antena-álímetro del satélite, observando la superficie de nuestro planeta.

El satélite principal quedó colocado en una órbita provisional donde sus sistemas serían evaluados repetidamente. Después, tras seis maniobras propulsivas, el TOPEX/POSEIDON alcanzó su órbita definitiva, un proceso que necesitó de 42 días de cuidadosa planificación. El plan de vuelo había reservado 45 días y siete maniobras, pero la acusada perfección de la inyección orbital por parte

del cohete Ariane permitió reducir ambas cifras. Este ahorro de tiempo quedó sin embargo parcialmente ofuscado cuando en dos ocasiones (durante las maniobras), el satélite entró en "modo seguro". En ambos casos, los controladores devolvieron al TOPEX/POSEIDON a su estado normal casi inmediatamente. El análisis posterior de las anomalías otorgaron la responsabilidad de los fallos a pequeños errores en los programas de control almacenados en el ordenador de a bordo.

La órbita final, inclinada 66,05 grados respecto al ecuador, quedó situada entre los 1.331 y los 1.332 km de altitud, es decir, prácticamente circular. La trayectoria de la nave sobrevolaría así de forma periódica una instalación de calibración americana situada en una plataforma petrolífera cerca de California, y otra francesa emplazada en Lampione Rock, en el Mediterráneo. Desde esta posición orbital, el ingenio estaría listo para incrementar nuestros conocimientos acerca de los procesos que posibilitan el intercambio de calor y energía entre el mar y la



Así trabaja el TOPEX/POSEIDON.

atmósfera, colaborando de este modo abiertamente en el Programa Internacional de Investigación del Clima Mundial.

La precisión de la medición de la altura de los océanos debía estar situada entre los 2 y los 5 cm, pero ciertas anomalías e incertidumbres en la determinación orbital de la nave la reducirían en ocasiones hasta los 13-14 cm. Recordemos que para conocer la altura de los mares es necesario saber con antelación la posición de la nave con respecto a la superficie terrestre.

A pesar de las citadas anomalías, la actuación operativa del TOPEX/POSEIDON durante la misma época en la que otros satélites de parecidas características (como el ERS-1 europeo o el MOS japonés) han estado funcionando en el espacio, ha permitido verificar muchos de los resultados obtenidos y colaborar decisivamente en el World Ocean Circulation Experiment (WOCE), auspiciado por el ya nombrado World Climate Research Program. Este programa se prolongó entre 1989 y 1995. El experimento permitió integrar datos ópticos procedentes de satélites que actúan en esta longitud de onda con otros producidos por satélites-radar. Se consiguió así el primer modelo tridimensional de la circulación de los océanos a escala global. Por ejemplo, conociendo la existencia y dimensiones de los valles o montañas submarinas, es posible calcular la velocidad y dirección de las corrientes, que a su vez definen una parte del cuadro climático.

La información altimétrica proporcionada por el TOPEX/POSEIDON es enviada a la Tierra a través del sistema de satélites de comunicaciones geostacionarios TDRS de la NASA. Sin procesar, esta información es reenviada al Jet Propulsion Laboratory, en California, y después, a las instalaciones del CNES francés. Demostrando que la nave se hallaba ya plenamente operativa, la NASA distribuyó unas 1.500 imágenes de prueba entre los investigadores interesados en febrero de 1993. Desde entonces, el satélite no ha dejado ni un momento de proporcionar material para su estudio.

ALGUNOS RESULTADOS

Entre los objetivos más perseguidos durante los primeros meses de operación, se halla sin duda la famosa co-

rriente oceánica llamada "El Niño". Este fenómeno se produce periódicamente cuando grandes cantidades de agua caliente procedente del Oeste del océano Pacífico, se desplazan hacia el Este hasta chocar contra las costas de América del Norte y del Sur. Ahora, el TOPEX/POSEIDON ha confirmado que puede haber una estrecha relación entre este fenómeno y otro recientemente descubierto llamado "Kelvin", que consiste en una ola pulsante que viaja a una velocidad de 9,5 km/h. Parece que ésta causa una redistribución de la fuente de agua caliente.

Seis meses después de su lanzamiento, el TOPEX/POSEIDON había producido las medidas más exactas obtenidas hasta la fecha de los cambios producidos en el nivel global del mar por el calentamiento y el enfriamiento estacional del agua y los efectos del viento. Así, el habitual enfriamiento de la atmósfera en el hemisferio Norte entre octubre de 1992 y marzo de 1993, produjo un medible descenso del nivel del mar frente a la costa americana de hasta 30 cm. Al contrario, en el hemisferio Sur, la nave detectó incrementos equivalentes debido al calentamiento de la atmósfera durante la misma época. De este modo, se determinó que el aumento o el descenso de 1 grado centígrado en la temperatura de una columna de agua de 50 metros de profundidad, puede hacer aumentar o disminuir en 1 centímetro el nivel relativo de dicha columna. Los cambios detectados en el hemisferio Norte son más acusados que en el Sur debido a la mayor cantidad de tierra firme existente en el primero, lo cual produce mayores y más heladas cantidades de aire frío durante el invierno. Al mismo tiempo, la dirección del viento y su intensidad puede incidir notablemente en las variaciones de la altura media de los océanos.

La prevista vida útil del TOPEX/POSEIDON deberá extender su actividad hasta 1997, al menos. El caudal de información que ello supone puede ser un enorme paso hacia adelante en nuestra comprensión científica del medio marítimo.

EL FUTURO

Existe un gran interés por la continuación de la tarea emprendida por el TOPEX/POSEIDON. Sin embargo, parece ya evidente que no será necesario un satélite con las características de la plata-

forma MMS. En efecto, un vehículo mucho menor puede desempeñar casi el mismo trabajo en órbita, como ha quedado demostrado con la propia carga útil del TOPEX/POSEIDON. No en vano, el altímetro francés, mucho más pequeño y con un consumo y una masa mucho menores que su homólogo americano, ha ofrecido los mismos resultados que éste. Se espera que un satélite de unos 450 kg de peso total pueda llevar a cabo las funciones del TOPEX/POSEIDON con idéntica o superior precisión, pero a un coste mucho más económico.

Recientemente, la NASA y el CNES han llegado a un acuerdo definitivo por el cual la nueva misión conjunta se va a llamar Jason. Será construida sobre una plataforma francesa Proteus y será lanzado hacia 1999 por un vector americano.

El Geosat Follow-On, un satélite que está desarrollando la Marina norteamericana, también podría relevar al TOPEX/POSEIDON en algunas de sus tareas a partir de 1997, ya que, entre otras, está previsto que realice trabajos de altimetría oceánica. El programa GFO contempla hasta dos satélites construidos por la compañía estadounidense Ball Corporation. Sus objetivos, con aplicaciones militares, radican en la medición de la topografía submarina, densidad del agua y rugosidad de la superficie oceánica. De la información suministrada podrán extraerse datos esenciales de grandes masas de agua fría o caliente, un dato que resulta muy interesante para la lucha antisubmarina. La misma información podrá ser integrada en el modelo oceánico global, para la predicción meteorológica llevada a cabo mediante supercomputadores.

Mientras, el viejo TOPEX/POSEIDON sigue operando normalmente. Superado con creces su primer ciclo mínimo de tres años, la dirección de la misión aceptó prolongarla durante otro más hasta 1998, reduciendo de paso el coste de su mantenimiento en un 30%. Quizá la buena salud de sus instrumentos llegue a permitir su actuación junto a sus futuros sucesores ■

BIBLIOGRAFIA:

- Atlas of Satellite Observations Related to Global Change. Cambridge University Press. 1993.
- Jane's Space Directory 1993-94. Andrew Wilson. Jane's Information Group. 1993.
- Ariane V52 Press Kit. Arianespace. 1992.