

Once Varas

por
José Ignacio Prieto

Jasón y los océanos

Remad fuerte, marineros, que pasado el ecuador es cuesta abajo. Anónimo

AUNQUE estemos acostumbrados a medir la elevación con respecto al nivel del mar, la fijación de ese nivel dista de ser sencilla. Para abrir el catálogo de obstáculos que dificultan tal cálculo, la Tierra está achatada y es más bien elipsoide que esfera. Eso afecta a la altura de los mares en cada latitud.

Las mareas, causadas por las diferencias de atracción lunar y solar a los dos lados de la Tierra, cerca y lejos del astro, tienen también un efecto considerable en el nivel del agua, por fortuna bien estudiado y previsible. Además, como la masa de la tierra está distribuida con medida irregularidad, la gravedad varía de región a región, tanto en dirección como en intensidad. La cordillera del Himalaya, por ejemplo, tiene su peso en la estabilidad de los satélites geostacionarios próximos.

Cerca del ecuador, la gravedad es casi el 1% inferior a la de los polos terrestres. Todos esos efectos están cuantificados punto por punto de la superficie terrestre. La forma del mapa resultante es el geoide, que muestra diferencias de hasta metros de agua entre unos puntos y otros.

Aunque no nos preocupe ahora, el geoide es la principal razón del gasto de combustible en el mantenimiento de naves geostacionarias en su posición de servicio. Un resumen de estos efectos está ilustrado en la figura 1.

Cerrando la lista de correcciones en la elevación oceánica queda mencionar el más oscilante y variable, a la vez que de mayor interés climático: la dinámica de los mares, con sus corrientes y torbellinos. Cualquier movimiento de agua genera unas diferencias de presión, compensadas con pequeñas variaciones en altura en puntos a decenas de kilómetros. Son diferencias de elevación del orden de centímetros. La salinidad y temperatura del agua en una

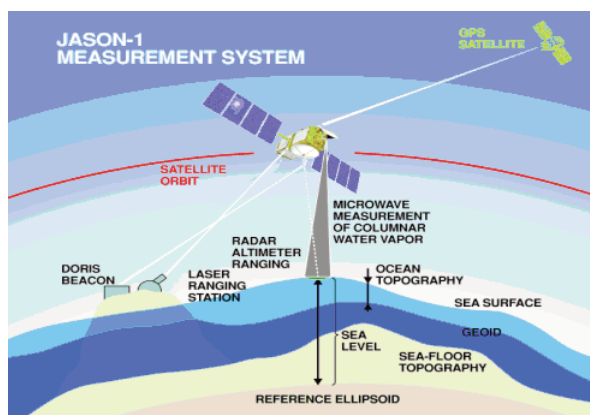


Figura 1. Esquema de medida de la topografía marina con Jason

zona determinan su densidad y correspondientes peso y elevación.

Para analizar los datos de topografía oceánica es conveniente incorporar un modelo oceánico acoplado con la atmósfera, que recoja nuestro conocimiento previo de las variables relativas al agua, y también la presión atmosférica sobre la superficie. Los relieves medidos desde satélite son asimilados por tal modelo acoplado, y resultan en una considerable reducción de la incertidumbre sobre el estado del océano, sobre todo en la escala temporal de unos días.

Olas cada diez días

Además de ser un héroe griego empecinado en recuperar de manos del rey Eetes de la Cólquida un vellocino de oro, a la cabeza de un *dream team* de héroes griegos, Jasón es el nombre de una serie de pequeños satélites en órbita casi polar, con inclinación media de unos 66 grados y altitud en torno a 1300 km.

Aún a esa distancia, los pulsos enviados desde su altímetro alcanzan la superficie oceánica con una dispersión de pocos kilómetros, permitiendo una determinación de las anomalías de altura con precisión de centímetros en esa zona.

Esta asombrosa exactitud en medidas tan remotas es comparable con la posibilidad de medir distancias entre moléculas con una regla de dibujo. No basta que el instrumento sea preciso, sino que es necesario contar con datos de posición del instrumento en la órbita igualmente afinados, para que ese error de posición no invalide el dato de distancia. De proporcionar la posición exacta se encarga un sistema de apoyo de medición por Láser.

La precisión en oceanografía desde el espacio es un logro reciente. Mientras que GEOS-3 y SEASAT producían errores del orden de un metro en la vertical oceánica, ERS se acercaba al decímetro, pero Jason y Envisat ya casi tocan el centímetro requerido por las aplicaciones a la meso-escala oceánica.

Por otra parte, Jason pasa por el mismo lugar del mar cada diez días exactos y no antes, por lo que las anomalías se generan sólo tres veces al mes. Es evidente que estos datos no son útiles en la previsión a corto plazo o en el aviso de tsunamis. Es más bien en fenómenos como la previsión de El Niño o en oscilaciones lentas donde los datos aportan información sobre el océano, ese componente inerte y pesado del clima. Un ejemplo de mapa de anomalías está en la figura 2.

El programa Jason cuenta cuatro participantes: CNES, NASA, NOAA y Eumetsat. El objetivo de los ingenios de la serie Jason es la descripción de la superficie oceánica, siguiendo la estela de Topex-Poseidon, en particular para comprender detalles de la circulación oceánica, del cambio climático y del ascenso del nivel del mar. Éste último ascenso tiene dos componentes: la dilatación por calentamiento de las aguas, y el hielo polar derretido.

Las estimaciones promedio están en torno a elevaciones de 3 mm por año en el periodo cubierto por los altímetros a bordo de satélites, desde 1993. En el siglo XX el ritmo del ascenso estimado no llega a 2 mm al año, y quizá era sólo de 1 mm a finales del XIX. Por áreas, las subidas más notables, de unos 10 mm/año, ocurren al este de Japón y en el Índico sur. Entre los extremos del Canal de Panamá, la diferencia actual es de casi 15 cm. Aún es muy incierta la predicción para final del siglo XXI. Todo puede suceder, aunque los estudios apuntan entre 20 y 60 cm de ascenso sobre el nivel actual. Algunos autores, como Mörner, de la Universidad de Estocolmo, disputan la validez de estos catastrofistas pronósticos. Mayor detalle sobre la tendencia aparece en la figura 3.

La curiosidad y observación del nivel de los mares es anterior a la misión satelital Topex-Poseidon, predecesora de la serie Jason. El análisis de estratos, las marcas de agua y los registros de mareógrafos avalan las estimaciones sólidas en torno al milímetro anual ya reseñadas para el incremento eustático del siglo XIX, debido a fusión de hielo. Según Mörner, mayores subidas eran la tónica hace diez mil años, pero en aquel tiempo la causa era el régi-

men de rotación de la Tierra, que generaba una compensación gravitatoria del nivel del mar.

Predecir la evolución del nivel del mar es relevante para la mayor parte de la población. La mitad de las ciudades grandes están en estuarios, y dos tercios de los

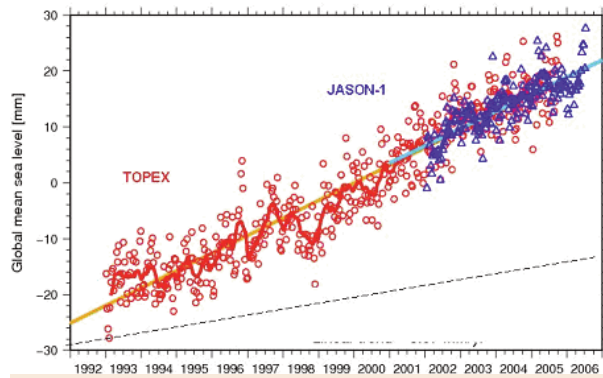


Figura 3. Tendencia promedio en el nivel de los océanos en las últimas décadas

humanos viven a menos de 60 km de la costa. La previsión de olas gigantes debe mejorar con ayuda del Jason y sus sucesores, la serie de Centinelas del espacio del programa GMES para el medio ambiente y la seguridad, del que ya se ha hablado en el número 22 de este boletín (octubre de 2008).

Los nuevos datos han abierto un campo de investigación enorme en el conocimiento del transporte térmico por agua y en la previsión de trayectorias para los huracanes. Un resultado reciente de esos estudios se refiere a la variable que mejor predice su trayectoria: Mejor que usar la temperatura de la superficie, que proporcionan innumerables sensores de infrarrojo, es combinar la información térmica con la anomalía de elevación. Esta anomalía informa de la presencia de aguas cálidas por debajo de la superficie, y no sólo en la superficie. A tal predictor combinado se le llama potencial de calor para ciclones tropicales.

Por su parte, los torbellinos en la superficie del mar, identificables con datos de topografía marina, son zonas de transferencia de energía entre atmósfera y océano, muy críticas en la generación y evolución de borrascas. También en el seguimiento de manchas de petróleo y otros contaminantes es de utilidad la medida de oleaje y rugosidad desde satélite.

Del eco de los pulsos que envía Jason se aprovecha, como del cerdo, casi todo: su pendiente indica el relieve de las olas, el pico en el eco da la distancia al mar, y su intensidad, el viento en superficie. Estas variables, en distintos formatos, están a disposición de cualquier usuario en archivo y en el programa de disseminación de datos

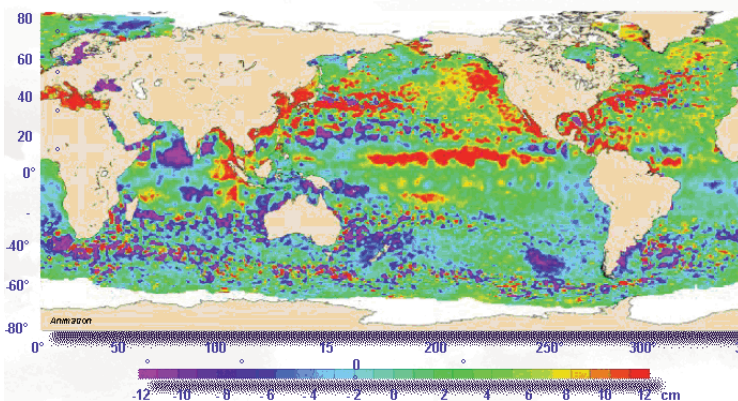


Figura 2. Anomalías en centímetros de la superficie del mar debidas a su dinámica

EUMETCast, tanto para Jason-1 como para Jason-2. Un tercer Jason está previsto que sea lanzado en 2014, sin participación de CNES y NASA, pero con más orientación operativa que sus experimentales y activos predecesores.

Para consultar

http://www.junkscience.com/jan04/nils-morner_1.pdf. *Estimating future sea level changes from past records. Nils-Axel Morner*. Los conocimientos sobre el nivel del mar antes de las series satelitales.

http://space.skyrocket.de/index_frame.htm?http://space.skyrocket.de/doc_sdat/jason-2.htm. Información detallada sobre los instrumentos a bordo de Jason-2 y Jason-3

http://www.casadellibro.com/libro-jason-y-los-argonautas/2900001110716/en_gb. Para quien prefiera la mitología a la ingeniería espacial



*...hablemos
del tiempo,*

*por Lorenzo
García de Pedraza*

Temperie y Tempero

La variabilidad del tiempo atmosférico en el transcurso del tiempo cronológico tiene una gran influencia local en las bajas capas de aire, en el suelo y en el subsuelo de las zonas campestres, afectando plantas y animales silvestres. Existen en español dos palabras para expresar esa influencia de la atmósfera:

Temperie.- Capa de aire a ras del suelo, que influye en las plantas y en el propio terreno. Estar a la intemperie es hallarse dentro de ese ambiente. El aire puede estar en calma, seco y cálido (fuerte insolación y marcada evaporación); o bien, puede aparecer frío y húmedo (con lluvia, encharcamiento, nieve).

Tempero.- Espesor de tierra, por debajo del suelo, donde se refleja en forma diferida el ambiente exterior: sequía y evaporación en tiempo soleado; agua infiltrada y barro en tiempo lluvioso.

La constitución y estructura geológica del suelo influyen en el tempero. Los terrenos arcillosos y de yeso retienen el agua y se empapan. Los calizos infiltran el agua hacia cuevas y ríos subterráneos. Los silíceos de granito y pizarras escurren el agua en la superficie.

Así pues, los tipos de tiempo atmosférico y su frecuencia tienen notable influencia en las labores de campo: labradores, ganaderos, forestales, cazadores, leñadores,...

El predominio de grandes periodos anticiclónicos trae consigo la sequía, con ausencia de precipitaciones (lluvia, nieve). Ello se traduce en déficit de humedad en los suelos y disminución notable de las corrientes de los ríos.

Los incendios forestales suelen ser provocados con inconfesables fines, ocasionando grandes daños en montes y bosques, para lo que aprovechan los largos ciclos de sequía. La evapotranspiración es muy acusada en los largos intervalos de sequía. El aire se bebe el agua embalsada y la de pequeñas acequias y arroyos.

Indica el refranero: "Aquéllos lodos trajeron estos polvos", aludiendo a que el barro, después de copiosas lluvias, se convierte en polvo tras un largo periodo de sequía.

Sobre un territorio (región, comarca, lugar) actúa el medio ambiente atmosférico que incide sobre los colectivos humanos y sus actividades en diversos campos: agricultura, protección civil, contaminación, ferias, energías (hidroeléctrica, solar, eólica), salud,...

En los albores de la Humanidad, cuando el hombre vivía en íntimo contacto con la Naturaleza, los fenómenos atmosféricos: tormentas, rayos, aguaceros, sequías, nieblas, vientos, ... tuvieron que influir decisivamente en su forma de vida, en su género de alimentación, en su habitat (cavernas). Al principio el hombre era nómada y dependía para su sustento de la caza y recolección de vegetales.

Hoy en día el hombre civilizado hace notable uso de la tierra, recursos de agua, energía, transportes, edificios, ... Sin embargo, no olvidemos que no puede aguantar muchas veces las inclemencias del tiempo. La importancia de la Atmósfera y su clima es fundamental para la vida en la Tierra. Según se comenta: el hombre puede vivir algunos días sin comer ni beber; pero tan solo tres minutos sin respirar. Así pues, el temperamento y el carácter de la atmósfera en un lugar equivalen, respectivamente, a la temperie y al clima.