Determinación de la temperatura oceánica por Medios Acústicos*

Un programa que utiliza ondas sonoras para medir la temperatura oceánica podría mejorar los modelos de clima global, pero puede ser entrampado si a las ballenas y lobos de mar no les gusta.

El Instituto de Oceanografía Scripps, en La Joya, California, U.S.A., espera inaugurar un programa de 35 millones de dólares para medir las temperaturas debajo de la superficie del Océano Pacífico. Conocer si las temperaturas oceánicas están subiendo o bajando en el tiempo podría mejorar la exactitud de modelos de computadora diseñados para predecir cambios climáticos. Pero el Programa Scripps -llamado termometría acústica del clima oceánico (ATOC)- usa ondas sonoras de baja frecuencia para determinar la temperatura del océano. Esto ha preocupado a algunos expertos ambientalistas y en mamíferos marinos, debido a que algunas criaturas marinas, tales como las ballenas azules, las focas elefante y los lobos de mar, tienen gama auditiva que puede detectar las ondas ATOC u ocasionalmente bucear en profundidades donde operarían los equipos generadores de sonido. "Este sonido viajará a través de la cuarta parte del Oceáno Pacífico", dice la bióloga Linda Weilgart, de la Universidad Dalhousie, en Nueva Escocia, quien inició la controversia el año pasado en un ajetreo de intercambios por Internet. "Ustedes tienen que estar seguros de no afectar el bienestar a largo plazo de los mamíferos marinos, tales como sus regímenes de fertilidad, crecimiento y mortalidad, antes de seguir adelante con el programa", sostiene ella.

La controversia sobre el Programa Sripps ATOC es especialmente irónico, desde que enfrenta a los

abogados de la protección animal, tales como el Club Sierra y el Consejo de Defensa de Recursos Naturales, contra los científicos que creen que el programa podría ayudarnos a aprender más acerca de uno de los más grandes misterios del ambiente -el calentamiento global. El océano juega un papel más importante en el clima global que lo que se imagina la mayoría de la gente. "La mayor parte del calor que propulsa el clima es almacenado en los mares", dice el oceanógrafo Walter Munk, investigador principal del proyecto. "Usted no conseguirá una predicción correcta del clima atmosférico, a menos que obtenga una predicción correcta del clima oceánico".

Las mediciones de temperatura de la superficie oceánica pueden ser hechas por satélites, pero su radar o instrumentos infrarrojos son sólo capaces de sensar los pocos milímetros superiores de agua. Las aguas profundas, que contienen la mayor parte del calor oceánico, también pueden ser muestreadas por buques de investigación oceanográfica, lanzando instrumentos sensores. Sin embargo este proceso es costoso para la cantidad de datos reunidos. Los proponentes de ATOC arguyen que la posibilidad de la termografía acústica para sensar la temperatura promedio de un inmenso volumen de agua lo hace el método más práctico.

El uso de ondas sonoras para medir la temperatura del agua tiene sus orígenes en un experimento en 1944, realizado por Maurice Ewing, de la Universidad de Columbia, quien descubrió un "canal" natural en el mar que podía transportar ondas sonoras a través de grandes distancias. Este canal de sonido, a una profundidad de alrededor de 2,800 pies, es un manto de agua de temperatura media que está aislado, por encima, por una capa de agua superficial más caliente y, por debajo, por una capa de agua más fría. Las barreras térmicas y de presión a cada lado de la capa de profundidad media actúan como una guía de onda, manteniendo ciertas frecuencias sonoras rebotando entre sus dos "paredes". El experimento original de Ewing probó esto cuando una explosión submarina fue detectada a una distancia de 900 millas.

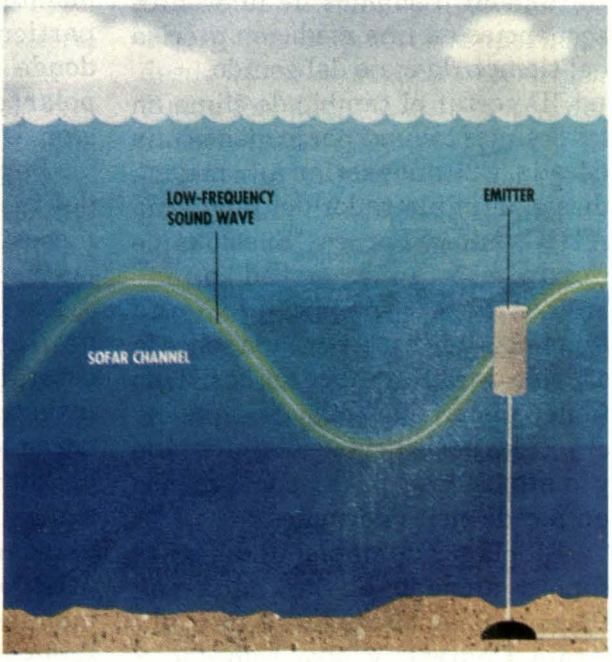
La Armada de los Estados Unidos comprendió muy rápido las implicancias del trabajo de Ewing. Desarrolló un método que usa hidrófonos, o micrófonos sumergidos, para captar ruidos bajo el agua (SOFAR). Por ejemplo, el ruido de las maquinarias vibratorias a bordo de los submarinos soviéticos era detectado desde una distancia de 1,000 millas por el SOFAR monitoreando el canal sonoro oceánico. "SOFAR fue un pilar de la seguridad de U.S.A. durante la Guerra Fría", dice Munk. "Este método fue nuestra principal fuente de información acerca de una de las actividades más amenazantes de la Unión Soviética".

Curiosamente, un científico

había descubierto el canal sonoro, independientemente, en un experimento en 1946; pero, por alguna razón, la Armada Soviética no capitalizó el descubrimiento. La estrategia soviética cambió abruptamente en la década del 70, cuando sus espías revelaron el éxito de SOFAR. Pronto entraron en servicio submarinos soviéticos mucho más silenciosos.

A fines de los 70, Munk estaba liderando las técnicas que conducirían a la termografía acústica. Desarrolló experimentos de termografía acústica usando múltiples emisores y receptores de sonido para producir mapas tridimensionales de temperatura de áreas del océano. El método explotaba un fenómeno natural: el sonido viaja más rápido en agua caliente que en agua fría. Por lo tanto, la temperatura promedio del agua puede determinarse midiendo el tiempo de un sonido de baja frecuencia desde su fuente hasta su receptor. Por ejemplo, el agua más caliente por 5 milésimos de grado disminuye el tiempo de viaje del sonido en un trayecto de 6,000 millas por 150 milisegundos.

En 1991, Munk condujo un programa de prueba: que una fuente sonora bajo el agua, explotando el canal de sonido, podía ser escuchado a grandes distancias. Una señal transmitida desde la isla Heard en el Océano Indico, cerca de La Antártica, fue detectada por sensores a 11,000 millas de distancia. Este experimento



Un emisor ATOC genera sonido de baja frecuencia que es atrapado en la capa media del océano y viaja a grandes distancias.

abrió la puerta para el ATOC, que usa un par de emisores sonoros y un dispositivo de sensores para medir temperaturas a través de vastas áreas del Pacífico.

Los emisores de sonido ATOC producen murmullos bajos de 75 hertz que son transmitidos en secuencias codificadas de 27 segundos repetidas 43 veces por un total de alrededor de 20 minutos. El código identifica la señal, la cual se debilita y es cubierta por los ruidos de fondo antes de alcanzar su receptor. La repetición proporciona reemplazos para las señales individuales que pudieran ser canceladas por el ruido de fondo en su ruta. Cada pulso está marcado con su hora exacta de partida. Los computadores correlacionan entonces los pulsos claramente recibidos de diferentes secuencias en una medición precisa del tiempo de viaje del sonido.

"Detectar el cambio de clima en los océanos tomará por lo menos una década, y 20 años serían aún mejor", dice el administrador del programa ATOC, Adrew Forbes. "Si sólo mide durante 5 años, usted puede encontrarse traqueando una tendencia que está montada sobre la espalda de El Niño" dice Forbes. "Uno tiene que ir más allá de aquellas conocidas periodicidades en el oceáno y la atmósfera y medir por lo menos un par de ciclos normales".

El plan contempla una fuente sonora anclada en las aguas en Pioneer Seamount, fuera de California Central, y otro colocado 8 millas al norte del litoral de Kauai, Hawai. Un surtido de receptores acústicos localizados a distancias de 3,000 a 6,000 millas recibirán las ondas sonoras y las convertiran en mediciones de temperatura promedio a lo largo de 18 rutas a través del Pacífico. La Armada de los EE.UU. ha acordado permitir a los investigadores acceder a parte de su -una vez secreto- circuito de hidrófonos para detección de submarinos.

Una vez que el sistema ATOC esté establecido en el Pacífico, el equipo reunirá mediciones de temperatura durante 24 meses. Forbes espera que el conocimiento ádquirido de las caracterícas térmicas del Pacífico conduzcan al desarrollo de una red de termometría acústica de largo plazo para monitorear grandes áreas oceánicas, particularmente en el Atlántico, donde grandes flujos de agua fría polar de fondo entran al océano global.

Pero todo el programa depende del resultado de una prueba de 6 meses orientada a determinar si las fuentes sonoras de ATOC dañan a los mamíferos marinos. Si se emiten permisos federales y estatales -quizás este verano-, los investigadores gradualmente llevarán a plena potencia los emisores de sonido omnidireccionales para transmisiones de 20 minutos durante períodos de 4 días, alternando con períodos semanales de silencio. A los mamíferos marinos en la vecindad se les fijarán registradores tiempo-

profundidad, velocidades y rumbos, así como ritmo cardíaco y respiratorio para su monitoreo.

La intensidad de sonido de los micrófonos ATOC, los cuales a 195 decibeles igualan aproximadamente el ruido de un gran buque de contenedores a corta distancia, disminuye rápidamente conforme se radía. A 2,700 pies de la fuente, el nivel de sonido disminuye a 136 decibeles, el equivalente de las olas de una rompiente, de acuerdo con funcionarios del programa. "No esperabamos observar molestias en estos animales", dice Daniel Costa, un biólogo marino de la Universidad de California, Santa Cruz, quien encabeza el estudio de 2.9 millones de dólares respecto a los efectos de las ondas sonoras ATOC sobre los mamíferos marinos. "Lo que esperamos ver es si los animales expresarán fastidio y evitarán el lugar".

Los administradores del Programa Scripps han dado al "grupo de expertos en mamíferos marinos" el control de los emisores sonoros, así como la autoridad para modificar o detener todo el programa si detectan algún daño a la vida marina. Las mediciones de temperatura océanica empezarán sólo si el sistema se encuentra seguro. El biólogo marino Christopher Clark, encargado del estudio de mamíferos marinos en el Programa del ATOC, está amargado por la controversia. Siente que la oposición al programa se apoya en la emoción, en vez de hechos científicos. "Este es un activismo ambiental completamente errado", dice Clark. "Debían estarse ocupando de la real contaminación acústica en el mar, producida por el ruido de super tanques y otros tráficos de naves".

Si ATOC satisface las restricciones regulatorias, Walter Munk y sus oceanógrafos acústicos transformarán una técnica para detección de submarinos durante la Guerra Fría en el termómetro más grande en el mar.

Los científicos de Scripps planean compartir datos con investigadores del laboratorio de propulsión a chorro de la NASA, quienes están recibiendo actualmente mediciones de la altura superficial desde la nave espacial en órbita Topex-Poseidon. "La altimetría del satélite les da la temperatura de la parte superior de los océanos, porque cuando están más calientes el nivel de agua está más alto", explica Walter Munk. "Con ATOC, obtenemos la estructura de temperaturas del océano interior. Usaremos estas dos informaciones para ayudar a producir un buen modelo de predicción climática que, pensamos, todavía no existe".

---

* De *Popular Science,* Julio de 1995. Traducción por el vicealmirante(r) Ricardo Zevallos Newton.

